

Avaliação da Qualidade do Preparo do Solo em Áreas de Eucalipto Plantado no Sistema de Cultivo Mínimo do Solo

José Luiz Gava¹

RESUMO

A qualidade do preparo do solo foi avaliada em três sítios de produção de eucalipto no estado de São Paulo, representando três classes de textura do solo: arenosa, média e argilosa. O manejo das áreas foi feito no sistema de cultivo mínimo do solo. Nas áreas avaliadas o preparo do solo foi feito com um subsolador monohaste, especificado para se obter um volume mínimo de solo preparado de 180 dm³/planta, com formação do sulco em formato de 'V', com dimensões mínimas de 60 cm de largura na superfície por 30 cm de profundidade no centro do sulco. A amostragem foi feita em parcelas compostas por 5 linhas de plantio, que sofreram diferentes pressões de carga em função da operação de colheita e baldeio da madeira, de forma sistemática, proporcionadas pelo acúmulo de madeira e tráfego de máquinas. O volume de solo preparado foi determinado a partir das profundidades de preparo, as quais foram obtidas com o uso de um penetrógrafo. Na análise gráfica os solos de textura média apresentaram, para todos os talhões analisados, volumes de solo preparado acima do mínimo especificado pela norma técnica. Nos solos de textura argilosa, dos cinco talhões analisados dois apresentaram volume preparado abaixo da norma, e nos solos de textura arenosa, todos os talhões amostrados não atingiram o volume mínimo estipulado pela norma. A análise estatística indicou a existência de correlação significativa entre volume de solo preparado, textura de solo e linha de plantio. Nas linhas de depósito de madeira

¹. Suzano Bahia Sul Papel e Celulose. jgava@suzano.com.br

e tráfego de máquinas verificou-se as menores profundidades de preparo, principalmente no ponto central da seção transversal, refletindo em menores volumes de solo preparado. Também houve correlação significativa entre textura do solo, linha de plantio e o ponto de coleta na seção transversal do sulco, o que deu indicação de um comportamento diferenciado do subsolador, refletindo numa não uniformidade no preparo. O método utilizado para a avaliação da qualidade de preparo de solo demonstrou ser eficiente e forneceu resultados consistentes, os quais permitiram uma avaliação ampla da qualidade do preparo de solo, classificando-o de acordo com o atendimento ou não à norma técnica estabelecida e, principalmente, sugerindo possíveis causas para o funcionamento diferenciado do subsolador frente às diferentes condições de textura do solo e tráfego de máquinas.

Palavras-chave: controle de qualidade, compactação, preparo de solo, subsolagem.

Avaliation of the Soil Preparation Quality in Minimum Cultivation Area Planted with Eucalypt

ABSTRACT

Evaluations, of the quality of soil preparation in the plantation lines, were made in areas with potential risk of compaction using the penetrometer to collect data about the depth and width of the furrow. The samplings were made in three sites of production of *Eucalyptus* in areas of Cia Suzano de Papel e Celulose in the state of São Paulo, managed under minimum cultivation of the soil and where crop was mechanized and intensive. The statistical evaluation of the quality was made through the measurement and assessment of the results of the soil preparation, comparing the results with the technical quality standards pre-established by the company. The data were analyzed graphically and statistically. In the graphic analysis of the three sites sampled, the site 2, with soil of medium texture, presented all the stands analyzed inside the technical standards for depth and width of the furrow (30 and 60 cm

respectively); in the site 3, soil with loamy texture, in the five stands analyzed, two of them didn't achieve the minimum rate of depth and width for the furrow established by the technical standards, and in the site 1, soil with sandy texture, all the stands sampled didn't achieve the minimum width specified by the norms, on the other hand, the depth was accomplished. The statistical analysis demonstrated a significant correlation between depth of soil preparation and plantation line, mainly in the lines of traffic and/or wood warehouse that presented the smallest depths of soil preparation. There was also significant correlation between type of soil x line of plantation x point of collection of the penetrometer in the furrow, showing that the tines of the sub soiling has greater action on the right side of the furrow and that this action is effective only when it is close to the central point. The other corresponding points don't differ from it significantly. The method used to evaluate the quality of the soil preparation, testified to be efficient and it supplied consistent results that allowed a wide assessment of the quality of the soil preparation, classifying it in agreement with the attendance or not to the technical standard established, suggesting the possible reasons for the conformity and/or non conformity and actions to the re-establishment of the appropriate conditions.

Keyword: quality control, compaction, soil preparation, sub soiling.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da capacidade produtiva e da demanda por matéria prima florestal, dentro do setor de celulose e papel, têm sido acompanhados por forte mecanização das operações de colheita. A colheita mecanizada pode causar compactação do solo, sendo que solos muito úmidos e argilosos apresentam maior risco para que ocorra, com possibilidade de perda de produção. A redução da compactação do solo pelo tráfego de máquinas pode ser obtida com o uso de pneus de baixa pressão. Contudo, Ferreira (1998) verificou que um trator auto carregável, mesmo equipado com aquele tipo de pneu, causou um acréscimo significativo de 55% na resistência à penetração e na variação da densidade do solo de 1,22 g/cm³, antes do tráfego, para 1,40 g/cm³ depois do tráfego, na profundidade entre 5 a 15 cm em solos argilo-franco-arenosos (55% de argila e 31% de areia). Outros autores mostram preocupação com relação a esta questão, segundo Fernandes (1998); para melhorar a produção de madeira é necessário o conhecimento da compactação do solo e da sua

relação com o sistema de exploração florestal, sendo estes dados fontes importantes para o manejo adequado das condições físicas do solo.

Por outro lado, a preocupação em se usar técnicas de preparo conservacionistas, evitando a queima e possibilitando a manutenção dos resíduos da colheita sobre o solo, levou ao desenvolvimento do cultivo mínimo, técnica na qual o preparo do solo restringe-se basicamente a uma pequena seção do terreno, visando preparar um volume mínimo de solo.

Assim, criou-se um desafio para manter o solo com boa qualidade física em um sistema de produção de madeira onde se verifica um contraste entre a colheita intensiva, com relativo maior aporte de potência, e o preparo reduzido, com menor aporte de potência. Neste sentido, há necessidade de envolver diferentes técnicas de análise, que permitam minimizar os riscos oriundos da compactação, porém, sem comprometer as técnicas conservacionistas desenvolvidas. Além do levantamento do tipo de solo e conseqüente identificação das áreas de risco de compactação, há também a necessidade de serem desenvolvidas técnicas que possibilitem o reconhecimento das condições do solo, do equipamento, na fase de pré-preparo, assim como a manutenção de um controle de qualidade do trabalho executado, em tempo real e em pós-trabalho. Das necessidades citadas, a aplicação de técnicas de controle de qualidade ainda é modesta, com abordagens subjetivas e que pouco revelam sobre a interação existente entre os elementos envolvidos no preparo, tais como condições do solo, implemento e qualidade do preparo. Além disso, é necessário que os padrões de qualidade obtidos possam ser avaliados sob critérios estatísticos.

Segundo Gitlow (1993), qualidade é um julgamento feito pelos clientes ou usuários de um produto ou serviço; é o grau em que clientes ou usuários sentem que o produto ou serviço excede suas expectativas. Outra definição aceita para qualidade é a redução da variabilidade. Quanto menor for esta, melhor será a confiabilidade do produto ou serviço e maior será a aceitação do mesmo; a variabilidade pode ser entendida como desperdício de dinheiro, tempo e energia (Montgomery, 1997).

Fernandes (2000) aplicou conceitos de qualidade em operações mecanizadas na produção de milho para silagem. Ele utilizou o método do Controle Estatístico de Processos (CEP) que consiste em análises e amostragens em

tempo real das operações, com correções e ajustes, caso sejam necessários. As operações avaliadas pelo CEP foram preparo de solo, a distribuição de plantas e a colheita, assim como o desenvolvimento da cultura ao longo de todo o ciclo. Tomando como exemplo a operação de escarificação para plantio de milho, a implantação do CEP proporcionou uma redução média da variabilidade, dos dados referentes a profundidade de trabalho, de 38,4%, e um aumento de 45,0% dos dados dentro da faixa de valores pré-definidos na norma técnica.

Também trabalhando com controle de qualidade das operações mecanizadas da cultura de milho, Pasqua et al (1996) utilizou o método de controle estatístico das operações através de histogramas e cartas de controle por variáveis, as quais permitiram avaliar a variabilidade existente no sistema. O emprego desta metodologia permitiu detectar onde existiam problemas e sua extensão dentro do processo produtivo.

Este trabalho teve como objetivos avaliar a qualidade do preparo de solo em condições de cultivo mínimo em áreas planas e em três texturas de solo, textura arenosa, média e argilosa, que foram submetidos a colheita mecanizada intensiva, buscando inferir sobre possíveis interações entre os locais amostrados, a operacionalidade do equipamento e sobre o atendimento ou não à norma vigente e suas possíveis conseqüências para o desenvolvimento da planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para fazer a avaliação da qualidade do preparo de solo foi utilizado um penetrógrafo para determinação da resistência do solo à penetração. O equipamento utilizado é da marca Soil Control, modelo SC-60, com haste de 600 mm de comprimento e 9,53 mm de diâmetro, equipado na ponta com um cone de 129,3 mm² de área de base, 12,83 mm de diâmetro e 30 graus de ângulo de vértice. As determinações foram feitas conforme a recomendação da ASAE S 313 mencionada por Balastreire (1987). Nas amostragens procurou-se utilizar velocidade constante de penetração no solo.

Foram selecionados 11 talhões de produção de eucalipto, distribuídos em 6 fazendas de forma que abrangessem três sítios representativos: S1: solo de textura arenosa, localizado no município de Itatinga/SP (48°36'; 23°15'S), precipitação média de 1.200 mm e altitude média de 632 metros; S2: solo com

textura média, localizado no município de Sarapuí/SP (47°51'; 23°32'S), precipitação média de 1.200 mm e altitude média de 600 metros; e S3: solo com textura argilosa, localizado no município de São Miguel Arcanjo/SP (48°03'; 23°58'S), precipitação média de 1.250 mm e altitude média de 672 metros. Nos três sítios o clima é o Cfa, segundo Koppen.

Em todos os talhões foram demarcadas três parcelas para a coleta de dados, cada uma abrangendo a largura do eito de plantio (um eito contém cinco linhas de plantio, sendo a central chamada linha de baldeio e que sofre tráfego de máquinas; as laterais àquela são as linhas de depósito de madeira; e as das extremidades são as linhas de galhadas, onde não ocorre nenhuma ação sobre o solo). Dentro da parcela, cada linha de plantio foi dividida em três partes, sendo que em cada uma foram feitas sete amostragens para coleta de dados referentes à resistência do solo, utilizando o penetrógrafo.

Em cada ponto de coleta nas linhas de plantio as sete amostragens foram feitas de forma a abranger toda a variação da área do sulco pós-preparo; os pontos foram distribuídos e denominados da seguinte forma: C = no centro do sulco; 1D = 10 cm à direita do centro; 2D = 20 cm à direita do centro; 3D = 30 cm à direita do centro; 1E = 10 cm à esquerda do centro; 2E = 20 cm à esquerda do centro; e 3E = 30 cm à esquerda do centro, conforme mostrado na figura 1. As profundidades de preparo foram obtidas através dos gráficos gerados pelo penetrógrafo, como resultado da alteração da resistência do solo. Os resultados foram contrastados com as dimensões mínimas estipuladas pela norma técnica para aquele tipo de subsolador, quais sejam: sulco com formato em 'V', dimensões de 60 cm de largura na superfície do solo e 30 cm de profundidade no centro do sulco, medido em relação à menor elevação do terreno, totalizando um volume mínimo de solo preparado por planta de 180 dm³.

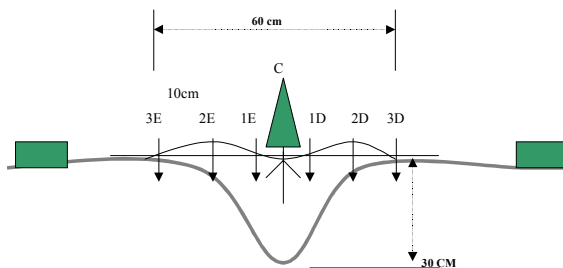


Fig. 1. Corte transversal representando o sulco de plantio e os pontos de amostragem referentes a resistência do solo, coletados com o penetrógrafo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando graficamente a forma dos sulcos (figura 2) preparados com o subsolador, verifica-se que, na média geral dos dados, o padrão de sulco produzido nos três sítios amostrados atende aos valores de profundidade e largura estabelecidos como padrão mínimo para áreas preparadas sob cultivo mínimo do solo. Entretanto, a análise para cada sítio separadamente revela condições bastantes distintas de preparo. Os dados analisados para o sítio 1 (solo textura arenosa) demonstraram que a profundidade do sulco atingiu o mínimo estabelecido. Porém os padrões para largura não foram atingidos. Isto, entretanto, não se deveu ao funcionamento inadequado do equipamento, tampouco de condições adversas do solo. Por tratar-se de solo de textura arenosa, verificamos que a ação do subsolador não é tão efetiva, uma vez que a resistência oferecida pelo solo é relativamente inferior àquela verificada em solos de textura mais pesada. No sítio 2, onde encontram-se solos com textura média, a análise gráfica do sulco mostra que a maioria das situações avaliadas supera os padrões mínimos estabelecidos. Já no sítio 3 (solos com textura argilosa) ocorreram situações onde as condições mínimas não foram atendidas.

A análise gráfica dos dados nos 3 sítios levantados mostrou que, do ponto de vista do atendimento das condições mínimas estabelecidas, a qualidade do preparo é melhor no sítio com solos de textura média (sítio 2). A variação na textura para baixo ou para cima implicou no não atendimento àquelas condições (sítios 1 e 3 respectivamente).

A distribuição do volume de solo preparado por planta em cada talhão amostrado, ilustrada na Figura 4, resume o exposto acima. Nota-se que 5 dos 11 talhões amostrados apresentam valores abaixo do mínimo estabelecido, sendo 3 do sítio 1 e 2 do sítio 3.

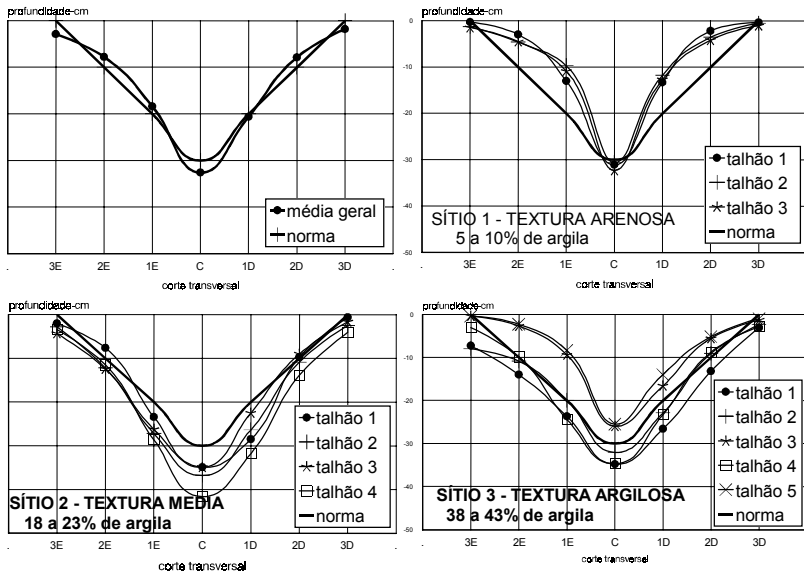


Figura 2. Representação gráfica da seção transversal do sulco de plantio obtida para os diferentes sítios (S1) e talhões (T1) analisados.

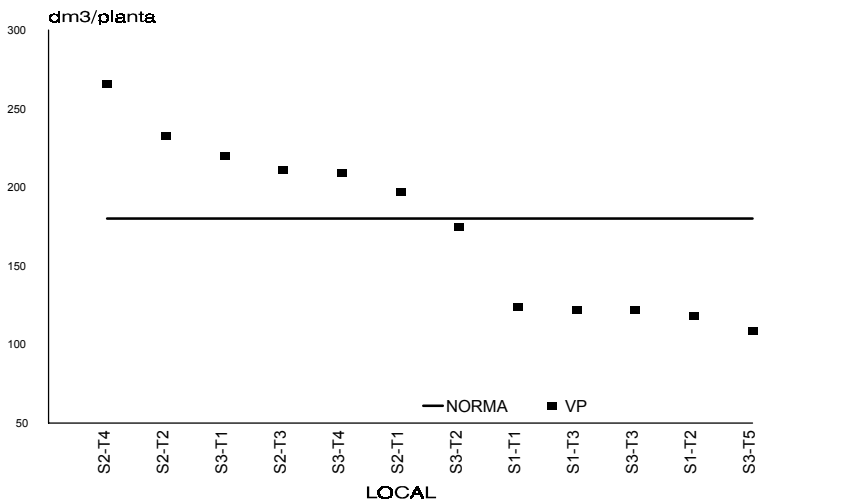


Figura 3. Distribuição das médias de volume de solo preparado por planta em relação ao volume mínimo estabelecido para cultivo mínimo do solo.

Ainda que o volume mínimo de solo preparado seja atendido, resta dúvida quanto à uniformidade da seção preparada. Neste sentido, o índice de uniformidade calculado para volume de solo preparado (UP), que é determinado pela divisão do volume preparado de solo no lado direito pelo volume preparado no lado esquerdo do sulco ($UP = VD/VE$) permitiu verificar que o preparo em três dos doze talhões estava mais distante do desejável ($UP=1$). Ou seja, apresentava valores maiores ou menores do que 1. Nesta condição, foram detectados um talhão do sítio 1 e dois do sítio 3, conforme ilustra a Figura 4. O índice de uniformidade pode dar informações sobre o comportamento do equipamento de preparo, uma vez que grandes desvios, tanto para a esquerda como para a direita, indicam, por exemplo, má regulagem do equipamento.

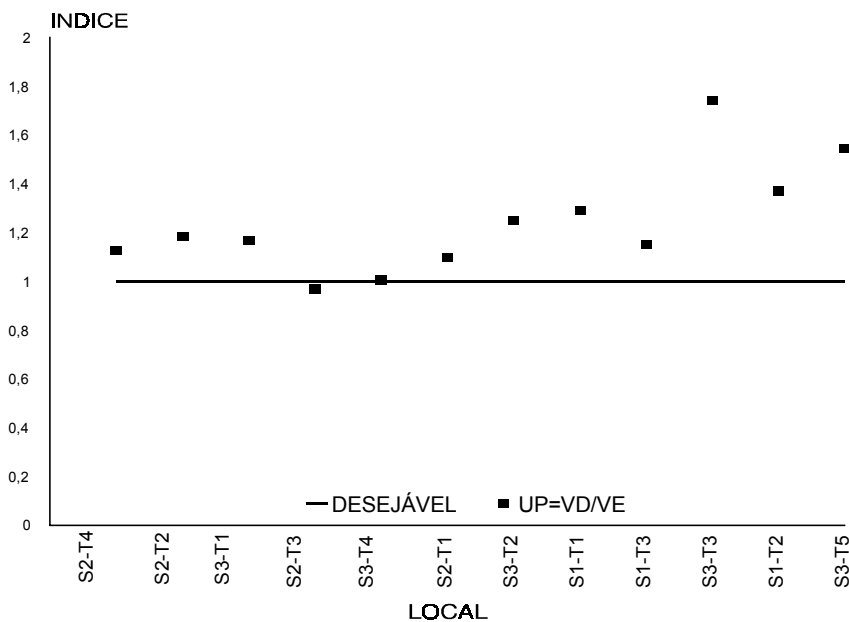


Figura 4. Distribuição das médias do índice de uniformidade de preparo de solo (UP) em relação ao índice desejável, calculado a partir do VD= volume de solo preparado à direita do sulco e VE = volume de solo preparado à esquerda do sulco.

Tabela 1. Variação transversal da profundidade do sulco (em cm), a partir do centro (C) e a cada 10 cm à esquerda (1E, 2E e 3E) e à direita (1D, 2D e 3D) considerando a média dos talhões avaliados.

Sítio	Talhão	3E	2E	1E	C	1D	2D	3D
1	1	0,3	3,0	13,0	31,1	13,3	2,2	0,4
1	2	1,3	4,6	9,7	30,6	11,8	3,6	0,6
1	3	1,5	4,5	10,9	32,3	12,7	4,2	1,1
2	1	2,0	7,6	23,4	34,9	28,5	9,7	0,6
2	2	2,8	12,2	27,2	36,8	26,4	10,9	2,5
2	3	4,3	12,4	26,2	34,9	22,5	9,0	1,6
2	2	3,4	11,5	28,6	41,5	31,8	13,9	4,1
3	5	0,4	2,3	8,4	25,5	14,0	5,2	1,0
3	1	7,3	14,0	23,7	34,8	26,6	13,2	3,1
3	4	8,0	10,9	20,0	32,1	22,9	9,1	2,4
3	3	0,4	2,7	9,4	26,0	16,6	5,6	1,3
3	4	3,1	9,9	24,4	34,7	23,3	8,8	2,8
F		5,01	5,25	13,25	5,35	9,02	4,77	2,27
Pr > F		**	**	**	**	**	**	*
DMS-5%		4,66	7,31	9,28	8,35	9,71	6,98	3,28

Os resultados obtidos na análise estatística indicaram que as diferenças observadas na análise gráfica são significativas, tanto com relação às diferenças de volume observadas— reflexos das diferenças nas profundidades—como também no sentido de sugerirem interações entre equipamento de preparo, sítio e linha de plantio.

A variação na profundidade do sulco no centro do sulco (C) variou entre 41,5 cm, maior valor, e 26,0 cm, menor valor, o que representa uma amplitude de variação de 15,5 cm ou 60%, que pode ser considerada alta em termos de padrão de qualidade. O menor valor observado foi obtido no sítio 3 (Tabela 1).

Tabela 2. Variação transversal da profundidade do sulco, à partir do centro (C) e a cada 10 cm à esquerda (1E, 2E e 3E) e à direita (1D, 2D e 3D) considerando a média das linhas de plantio avaliadas.

Linha de plantio	3E	2E	1E	C	1D	2D	3D
Galhada	4,40	11,28	23,4	35,3	21,5	9,70	2,21
Depósito	3,46	8,08	18,8	31,3	21,6	6,91	1,31
Baldeio	1,59	6,07	17,0	32,8	19,6	7,23	1,54
Depósito	1,83	5,05	12,8	30,6	19,3	6,98	1,72
Galhada	3,21	8,11	19,3	32,4	21,3	8,89	3,00
F	3,84	5,91	8,89	2,83	0,69	1,71	1,06
Pr > F	**	**	**	*	Ns	ns	Ns
DMS-5%	2,81	1,28	5,60	5,05	5,86	4,21	1,98
Sítio x linha	ns	ns	*	ns	*	**	Ns

Diferenças foram também observadas nas profundidades de preparo de solo com relação à linha de plantio, amostradas na linha de galhada, linha de depósito de madeira e linha de baldeio (Tabela 2). As diferenças foram significativas para os pontos C, 1E, 2E e 3E. Ou seja, o efeito do preparo de solo variou significativamente apenas do lado esquerdo do sulco, sendo observados valores significativamente menores nas linhas de baldeio e de depósito de madeira. Dedecek e Gava (1997) observaram que na rebrota de eucalipto a produtividade foi reduzida em até dois terços nas linhas de baldeio, com maior tráfego de máquinas, em relação às linhas onde o baldeio não ocorreu. O fato de o solo nessas linhas poder sofrer compactação sugere um efeito da alteração física dele sobre a qualidade do preparo, possivelmente por influenciar a ação do subsolador. Isso fica melhor esclarecido na análise da Tabela 3, que compara as médias gerais de profundidade para cada ponto de coleta, indicando significância na interação entre sítio, linha de plantio e ponto de coleta. Verifica-se que o ponto 1E é significativamente menor do que o ponto 1D, sugerindo que o subsolador teve maior ação no lado direito do sulco e que esta ação é efetiva apenas próximo ao ponto central (C). Os demais pontos correspondentes não diferem significativamente.

Tabela 3. Variação transversal da profundidade do sulco, a partir do centro (C) e a cada 10 cm à esquerda (1E, 2E e 3E) e a direita (1D, 2D e 3D) considerando a média geral para cada ponto de coleta.

Ponto de coleta	Profundidade-cm	Tukey – 5%
C	32,58	A
1D	20,64	B
1E	18,39	C
2D	7,85	D
2E	7,80	D
3D	1,80	E
3E	2,89	E
F	562,55	
Pr > F	**	
DMS-5%	1,97	
sítio x linha de plantio x ponto de coleta	**	

4. CONCLUSÕES

O tipo de solo e sua condição pós-colheita, representados pelo sítio e linha de plantio amostrados, interagiram com o subsolador, produzindo resultados diferentes para a operação de preparo de solo, sugerindo que a intensidade de preparo e o tipo de equipamento utilizado sejam especificados para cada tipo de solo, implicando na realização de um cultivo mínimo específico para cada situação.

As condições mínimas, estabelecidas para volume de solo preparado, com uso do subsolador monohaste especificado, foram plenamente atingidas para o solo de textura média, sugerindo apresentar boas condições para a atuação do subsolador. O solo de textura argilosa, como era de se esperar, apresenta restrições à atuação do subsolador, devendo receber preparo específico em função das condições físicas que possa apresentar, o que deverá necessitar de aumento de potência e adequação do equipamento de preparo. O solo de textura arenosa, devido às suas características físicas, também não permite que o sulco atenda a norma técnica, principalmente quanto à largura do sulco, pois o solo é muito friável.

As linhas de baldeio apresentaram maior potencial para ocorrência de compactação pois atingiram as menores profundidades de preparo e, portanto, devem merecer atenção especial na operação de preparo de solo.

O método de controle de qualidade do preparo de solo utilizado mostrou-se adequado e atendeu à necessidade de avaliar se as condições mínimas de preparo estavam sendo atingidas nos 3 sítios amostrados e em condições de cultivo mínimo do solo em áreas onde a colheita foi mecanizada e intensiva.

5. REFERÊNCIAS

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.

DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Compactação do solo pela colheita de eucalipto: sua avaliação e efeito na produtividade da rebrota. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS=CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. Proceedings... = **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 3, p. 63-68.

FERNANDES, H. C.; VITÓRIA, E. L. Avaliação dos níveis de compactação de um solo florestal em relação à trafegabilidade das máquinas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 521-526, 1998.

FERNANDES, R. A. T. **Aplicação de conceitos da qualidade em operações mecanizadas na produção de milho (*Zea mays* L.) para silagem**. 2000. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERREIRA, M. C. D. Compactação do solo por tráfego de máquinas de colheita em um plantio de *Eucalyptus saligna*. **Engenharia Rural**, v. 9, n. 2, p. 64-75, 1998.

GITLOW, H. S. **Planejando a qualidade, a produtividade e a competitividade**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 1993. 182 p.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1997. 677 p.

PASQUA, S. E.; MILAN, M.; PECHE FILHO, A. Controle de qualidade em operações agrícolas mecanizadas na cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25.; CONGRESSO LATINOAMERICANO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2., 1996, Bauru. **Resumos**. Bauru: UNESP: SBEA: ALIA, 1996. p. 409.