

**MODELOS DE CAPACIDADE DE SUPORTE
DE CARGA DE UM LATOSSOLO
SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE
MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM
LAVOURA CAFEIRA**

CEZAR FRANCISCO ARAUJO JUNIOR

2007

CEZAR FRANCISCO ARAUJO JUNIOR

**MODELOS DE CAPACIDADE DE SUPORTE
DE CARGA DE UM LATOSSOLO
SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS
DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS
EM LAVOURA CAFEIEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Junior

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Araujo Junior, Cezar Franciso

Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas em lavoura cafeeira / Cezar Francisco Araujo Júnior. – Lavras : UFLA, 2007.

132 p. : il.

Orientador: Moacir de Souza Dias Junior.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Pressão de preconsolidação. 2. Resistência e susceptibilidade. 3. Compactação do solo. 4. Manejo do solo. 5. Compressão uniaxial. 6. Produção dos cafeeiros. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.43

CEZAR FRANCISCO ARAUJO JUNIOR

**MODELOS DE CAPACIDADE DE SUPORTE DE
CARGA DE UM LATOSSOLO SUBMETIDO A
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE
PLANTAS DANINHAS EM LAVOURA
CAFEEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 14 de fevereiro de 2007

Pesquisador Dr. Elifas Nunes Alcântara CTSM-EPAMIG

Pesquisador Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães CTSM-EPAMIG

Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Junior
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

“A instrução é dote que não se gasta, direito que não se perde, liberdade que não se limita.”

Cecília Blanco Garcia

Aos meus pais, Cecília Blanco Garcia e

Cezar Francisco Araújo (in memoriam),

pelo exemplo de vida e sabedoria.

Aos meus irmãos, Cíntia Garcia Araújo,

Raul Nogueira Araújo Neto e

Josemara Garcia Araújo,

pela compreensão e apoio indispensável,

sem os quais, não seria possível

a realização deste trabalho,

DEDICO

“Prometo valer-me dos conhecimentos que me foram dados como instrumento de mudança e de construção de um mundo onde o homem possa realizar-se em liberdade. Exercer a missão de Educar, no âmbito da Escola e no campo da pesquisa com autenticidade e honestidade, a fim de que as crianças concretizem a esperança de uma vida feliz, através do desenvolvimento integral de sua personalidade. E pelos meus atos serei julgado. Consciente de meus deveres como Educador exercerei, com dignidade, a missão que me foi confiada.”

(Anônimo)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida para à realização do mestrado. Ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (DCS-UFLA), pelo fornecimento de toda a estrutura necessária para o desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos que contribuiu para a execução do trabalho e o crescimento profissional. Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D/Café), pelo auxílio financeiro para a execução do trabalho.

Ao professor Moacir de Souza Dias Junior, por orientar-me no desenvolvimento do trabalho e pelos cinco anos de convivência saudável e de aprendizado.

Aos funcionários do Laboratório de Física do Solo, Dulce Claret Monteiro Moraes e Delanne Ribeiro, pelo apoio e auxílio na realização das análises.

Aos pesquisadores da EPAMIG/CTSM: Paulo Tácito Gontijo Guimarães , pela amizade, conhecimento transmitido, co-orientação e participação na banca examinadora; Elifas Nunes de Alcântara, por conceder a área para o estudo, auxiliar no desenvolvimento e participar da banca examinadora e Gladyston Carvalho, pelas aulas de cafeicultura.

A todos os funcionários da EPAMIG de Patrocínio-MG; especialmente Lázaro, Jaime e César.

A todos os professores do DCS/UFLA, especialmente: Mozart Martins Ferreira, Geraldo César de Oliveira e Nilton Curi, pelo conhecimento transmitido, auxílio e contribuição no trabalho.

A todos os colegas da pós-graduação, especialmente: *Aretusa Daniela Resende Mendes*, minha namorada e companheira de todos os momentos

díficeis, Arystides Resende Silva, Bruno Silva Pires, Ivoney Gontijo, Eduardo da Costa Severiano e aos colegas antecessores do setor de Física do Solo, Marcos Koiti Kondo e Wellington Willian Rocha, pela amizade e enriquecimento do trabalho; Felipe Campos Figueiredo, pelo auxílio nas análises estatísticas; Amaury Carvalho Filho, na classificação do solo e Bruno Ribeiro, por auxiliar na utilização de equipamentos. Aos demais colegas Leílson Antônio de Faria Junior, Fabiano José do Lago, Leônidas Carrijo Azevedo Melo, Giovana Alcântara Maciel, Adriana Monteiro da Costa, Kátia Aparecida de Pinho Costa, Jussara Ellen Moraes Frazão, Júnior César Avanzi, Leandro, Adrianinha, Alexandre Araújo, Daniela Zuliani, José Geraldo, Éderson Jesus, Regla Toujaque de La Rosa, Fernanda Wasner, Tácio, Lúcio Moura, Evaldo Luís Cardoso, Fabrício de Menezes Telo Sampaio, Amanda, Fabiana, Geila, Eduardo Magalhães e Ricardo Carvalho, pelos anos de convívio e aprendizado.

Aos professores Maria da Glória Bastos de Freitas Mesquita (DED/UFLA), Paulo César Lima e Daniel Furtado Ferreira (DEX/UFLA), por contribuírem na realização das análises estatísticas. Ao professor Geraldo Andrade de Carvalho (DEN/UFLA), pelo incentivo e amizade ao longo da minha formação.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo: Luciane Rita da Silva (Ritinha), Márcia Aparecida Guimarães, Maria da Glória Brito Ferreira (Leninha), Maria Eliane Aparecida Mendonça Zacaroni, Maria Alice, Daniela secretaria da pós-graduação, Vitinho, Luizinho e Pezão

A todos os colegas de convívio ao longo da minha formação acadêmica, que contribuíram para o crescimento humano e profissional, em especial aos companheiros de república Gustavo Rabelo Botrel Miranda, Davi Carvalho de Souza, Gabriel Murad Veloso Ferreira, César Alexandre da Silva, Daniel Ferreira Leite, Miguel Murad Lelo, Richieri Antônio Sartori e Bruno de Paula Resende.

BIOGRAFIA

CEZAR FRANCISCO ARAUJO JUNIOR, filho de Cecília Blanco Garcia e Cezar Francisco Araújo, nasceu na cidade de Três Pontas, no Sul de Minas Gerais. No mesmo município concluiu seu ensino básico, passando pelas escolas Coração de Jesus, Escola Estadual Cônego José Maria e Escola Estadual Prefeito Jacy Junqueira Gazola, nesta última concluiu o ensino fundamental.

Aos 14 anos ingressou no ensino médio, no Curso Técnico da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, MG, onde obteve título de Técnico em Agropecuária no ano de 1997. Durante o ano de 1998 e meados de 1999 trabalhou como técnico em agropecuária nas fazendas São Carlos, de propriedade de Iolanda Pereira Vilela Araújo e Campestre, de propriedade de seus tios Cassiano e Cleuza. No ano de 2000, após longas jornadas no curso pré-vestibular da escola CEVEST em Lavras, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras. Começou a iniciação científica no Departamento de Ciência do Solo/Laboratório de Física do Solo, sob a orientação do Prof. Moacir de Souza Dias Junior. Graduou-se em Agronomia na UFLA no ano de 2005. No mesmo ano ingressou no Programa de Pós-Graduação do Departamento de Ciência do Solo (DCS-UFLA), obtendo o título de mestre em fevereiro de 2007.

SUÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Controle de plantas daninhas e manejo do solo em lavouras cafeeiras	3
2.2 Compactação do solo, compressibilidade e modelagem da capacidade de suporte de carga do solo.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Localização e caracterização da área experimental	13
3.2 Delineamento experimental, amostragem e coleta de dados	15
3.3 Controle de plantas daninhas	17
3.4 Análise de laboratório	18
3.5 Análises estatísticas	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 Modelos de capacidade de suporte de carga para o centro das entrelinhas.....	21
4.1.1 Profundidades dentro do mesmo manejo	21
4.1.2 Modelos de capacidade de suporte de carga para o centro da entrelinha de plantio entre sistemas de manejo	30
4.1.3 Comparação dos modelos de capacidade de suporte de carga entre sistemas de manejo por profundidade	34
4.1.4 Matéria orgânica, densidade do solo, atributos de crescimento e produção dos cafeeiros	39
4.2 Modelos de capacidade de suporte de carga para saia dos cafeeiros	50

4.2.1 Modelos de CSC para o centro da entrelinha: sem capina e saia do cafeeiro, com diferentes sistemas de manejo e profundidades	52
4.2.2 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e sem capina no centro da entrelinha.....	57
4.2.3 Modelos de CSC para o centro da entrelinha: capina manual e saia do cafeeiro, com diferentes sistemas de manejo e profundidades.....	60
4.2.4 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e capina manual no centro da entrelinha.....	64
4.2.5 Modelos de CSC para o centro da entrelinha: herbicida de pós-emergência e saia do cafeeiro com diferentes sistemas de manejo e profundidades.....	67
4.2.6 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e herbicida de pós-emergência no centro da entrelinha.....	72
4.2.7 Modelos de CSC para o centro da entrelinha: herbicida de pré-emergência e saia dos cafeeiros com diferentes sistemas de manejo e profundidades.....	79
4.2.8 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e herbicida de pré-emergência no centro da entrelinha.....	81
4.2.9 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e diferentes manejos no centro da entrelinha em cada profundidade.....	83
4.2.10 Densidade do Solo, matéria orgânica, atributos de crescimento e produção dos cafeeiros.....	111
5 CONCLUSÕES	120
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121

RESUMO

ARAÚJO JUNIOR, C. F. **Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas em lavoura cafeeira.** 2007. 132 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, Brasil*

A determinação das pressões que podem ser aplicadas aos solos submetidos a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas é importante para adaptar o manejo de lavouras cafeeiras de forma sustentável. Os objetivos deste estudo foram: a) desenvolver modelos de capacidade de suporte de carga (CSC) para um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) cultivado com cafeeiros e submetido a diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas; b) determinar, através do uso destes modelos, as pressões que podem ser aplicadas ao solo para evitar a compactação; c) identificar o sistema de manejo de plantas daninhas mais resistente ou mais suscetível a compactação, submetido a diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas. O estudo foi conduzido na fazenda da Epamig, no município de Patrocínio, MG, em uma lavoura plantada com a cultivar Rubi 1192 no espaçamento 3,8 x 0,7 m. Os manejos avaliados foram os seguintes: entrelinha: sem capina (SC); capina manual (CM); herbicida de pós-emergência (HPÓS) e herbicida de pré-emergência (HPRÉ) e na projeção da saia do cafeeiro: roçacarpa (RÇ); capina manual (CM); herbicida de pós-emergência (HPÓS) e herbicida de pré-emergência (HPRÉ). Em cada condição de manejo, foram amostradas aleatoriamente nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm, 15 amostras indeformadas, totalizando 900 amostras [15 amostras x 3 profundidades x 20 (4 manejos no centro da entrelinha + 16 na projeção da saia do cafeeiro)]. As amostras indeformadas foram utilizadas no ensaio de compressão uniaxial para a obtenção da pressão de preconsolidação (σ_p) e densidade do solo inicial (D_{si}). Determinaram-se no excedente das amostras indeformadas: textura, matéria orgânica (MO), densidade de partículas (D_p), volume total de poros (VTP), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e óxidos. No centro da entrelinha, o manejo mais susceptível à compactação foi o HPRÉ na profundidade de 25–28 cm e, o mais resistente à compactação, HPRÉ profundidade de 0–3 cm. O manejo RÇ na projeção da saia foi o mais susceptível à compactação na profundidade de 0–3 cm e os manejos HPÓS e HPRÉ os mais resistentes. Para a profundidade de 10–13 cm na projeção da saia, o HPRÉ foi mais resistente à compactação e a RÇ e a CM e o

*Comitê Orientador: Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Junior, DCS/UFLA (Orientador); Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães, CTSM/Epamig (Co-orientador).

HPÓS os mais susceptíveis. Na profundidade de 25–28 cm, o HPRÉ na projeção da saia associado com o HPÓS na entrelinha foi o mais resistente à compactação e o HPÓS na projeção da saia associado com a CM na entrelinha com o mais susceptível. Para estimar a densidade do solo acima da qual o solo está compactado, foi obtida a seguinte equação: $Ds\sigma_p = 1,12 \times Dsi$. Para as condições que este trabalho foi desenvolvido, recomenda-se, como manejo ideal, a utilização de HPÓS na entrelinha associado aos manejos HPRÉ e HPÓS na saia do cafeeiro.

ABSTRACT

ARAÚJO JUNIOR, C. F. **Bearing capacity models of a Latossol submitted to different weed management system in coffee crop.** 2007. 132 p. Dissertation (Master Science Program in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

The determination of the pressures that can be applied to the soils submitted to different weed management systems is important to adapt the coffee crop management in a sustainable way. The objectives of this study were: a) to develop the bearing capacity models for a Red-Yellow Latossol (LVA) cultivated with coffee and submitted to different weed management systems; b) to determine through the use of these models the pressures that can be applied to the soils to avoid the soil compaction; c) to identify the weed management system more resistant or susceptible to soil compaction. This study was carried out in the experimental farm of Epamig in the Patrocínio County, MG, in a farming planted with Ruby 1192 coffee variety in 3,8 x 0,7 m spacing. The weed management systems studied were in the inter rows: without hoeing (SC), hand hoeing (CM), post-emergence herbicide (HPÓS) and pre-emergence herbicide (HPRÉ) and in the canopy of the coffee plant: roçacarpa (RÇ), hand hoeing (CM), post-emergence herbicide (HPÓS) and pre-emergence herbicide (HPRÉ). In each management system 15 undisturbed samples, were collected randomly at 0–3, 10–13 and 25–28 cm depth, totaling 900 soil samples [15 samples x 3 depths x 20 (4 weed management systems in the inter rows + 16 under canopy of the coffee plant)]. The undisturbed soil samples were used in the uniaxial compression test to obtain the preconsolidation pressure (σ_p) at different moisture content and initial bulk density (D_{si}). From the surplus of the undisturbed soil samples it was determined the texture, the organic matter (MO), the particle density, the total porosity (VTP), the field capacity (CC), the permanent wilting point (PMP) and the oxides. In the inter rows the weed management system more susceptible to soil compaction was the HPRÉ at 25–28 cm depth while the HPRÉ at 0–3 cm was the most resistant. Under the canopy the RÇ was most susceptible to soil compaction at of 0–3 cm depth and the HPÓS and the HPRÉ, the most resistant. At 10–13 cm depth under the canopy the HPRÉ was most resistant to compaction and the RÇ and the CM and the HPÓS the most susceptible to soil compaction. At 25–28 cm depth, the HPRÉ under the canopy associated with the HPÓS in the inter rows was the most resistant to compaction, while the management HPÓS under the canopy

*Guidance Comittee: Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Junior, DCS/UFLA (Adviser); Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães, CTSM/Epamig (Co-adviser).

associated with the CM in the inter rows the most susceptible. To estimate the bulk density above which the soil is compacted, the following equation was obtained: $D_{s\sigma p} = 1,12 \times D_{si}$. For the conditions that this work was developed it is recommended as an ideal weed management the use of the HPÓS in of the inter rows associated with the HPRÉ and the HPÓS in the canopy of the coffee plant.

1 INTRODUÇÃO

O café é o segundo produto mais comercializado no mundo, ficando atrás apenas do petróleo. O Brasil lidera, há dois séculos, a produção mundial de café e sua história política, econômica e social sempre estiveram vinculadas a ciclos de preços do produto. A produção do país corresponde, em média, a 33% da produção mundial, com uma produção, na safra de 2005/2006, em torno de 33,3 milhões de sacas de café. Minas Gerais é o estado maior produtor nacional, com produção em torno de 15,6 milhões de sacas, o que corresponde a, aproximadamente, 47% da produção nacional (Agrianual, 2006). Entretanto, para maior competitividade da cafeicultura nacional, é necessário enquadrar as exigências impostas por consumidores internacionais.

Dentre as exigências a serem cumpridas pelos cafeicultores, encontram-se critérios sócio-ambientais com metodologias que considerem a conservação da biodiversidade e suas condições de sobrevivência e a gestão do solo e do subsolo, para promover um manejo sustentável, proporcionando melhoria ou manutenção da estrutura do solo, de forma a evitar a compactação pelo manejo inadequado (BSCA, 2003).

Diferentes sistemas de manejo alteram as propriedades físicas e mecânicas do solo, quando as operações mecanizadas são executadas em condições inadequadas de umidade, ultrapassando a capacidade de suporte de carga, que potencializa a degradação da estrutura do solo. A compactação do solo é o principal tipo de degradação da estrutura. Dentre os efeitos adversos desta degradação da estrutura do solo apontam-se a redução da produção das culturas e o aumento do escoamento superficial e da erosão, acelerando o potencial de poluição da água superficial pelos resíduos orgânicos advindos da aplicação de agroquímicos.

O controle de plantas daninhas é apontado como uma das principais formas de manejo causadoras de alteração da estrutura em sistemas cafeeiros, dada a constante necessidade de controle destas em lavouras exploradas racionalmente. Contudo, existe a necessidade de se obter informações sobre como os manejos das plantas daninhas afetam a capacidade suporte de carga dos solos e a sua susceptibilidade à compactação, principalmente quando este controle é feito mecanicamente e em condições inadequadas de umidade do solo.

Na cultura do cafeeiro, os efeitos dos atuais sistemas de controle de plantas daninhas sobre a qualidade e sustentabilidade do solo pelas alterações nas propriedades físicas, avaliadas ao longo dos anos, não têm sido satisfatoriamente estudados (Alcântara, 1997). Assim, torna-se importante determinar as pressões que podem ser aplicadas aos solos, nas diferentes umidades durante os tratos culturais, bem como estimar a degradação da estrutura quando as pressões aplicadas excederem a sua capacidade de suporte de carga (Dias Junior et al., 2005), para uma melhor compreensão do processo de compactação do solo.

Uma das limitações para que o desenvolvimento sustentável do cafeeiro seja atingido está relacionada ao manejo de plantas daninhas, realizado em todo o ciclo da cultura, o que pode causar degradação da estrutura do solo, por não haver um controle de sua umidade ou de sua capacidade de suporte de carga no momento da realização dessas operações. Em face disso, justifica-se que, no uso agrícola sustentável, é importante conhecer as pressões que o solo suportou no passado. A história do manejo e a umidade do solo no momento da realização das operações agrícolas devem ser considerados para que a compactação adicional seja evitada, sendo necessário, para isso, a utilização de critérios que estimem a capacidade de suporte de carga do solo. Portanto, torna-se interessante a adesão de tecnologias disponíveis que contemplem a utilização de modelos de capacidade de suporte de carga, das diferentes classes de solo, em

função da história de seu manejo e da umidade para adaptar, de forma condizente, o manejo, visando ao desenvolvimento de uma cafeicultura sustentável.

Nesse contexto, este trabalho testou a hipótese de que o monitoramento das propriedades geotécnicas do solo e o uso dos modelos de capacidade de suporte de carga que relacionam a pressão de preconsolidação e a umidade possibilitarão identificar os sistemas de manejo mais resistentes ou suscetíveis à compactação.

Os objetivos deste estudo foram: a) desenvolver modelos de capacidade de suporte de carga para um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros, em função do manejo, pressão de preconsolidação e da umidade; b) determinar, por meio do uso desses modelos, as pressões que podem ser aplicadas aos solos para evitar a compactação e c) identificar o sistema de manejo de plantas daninhas mais resistente e ou mais suscetível a compactação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Controle de plantas daninhas e manejo do solo em lavouras cafeeiras

O controle de plantas daninhas destaca-se como uma das mais importantes operações culturais nas lavouras cafeeiras, pois constitui uma operação necessária e fundamental para se obter resultados positivos na produção, seja em culturas perenes ou anuais. Na cultura do cafeeiro, entretanto, os efeitos dos atuais sistemas de controle de plantas daninhas sobre as propriedades físicas, a qualidade do solo e a dinâmica da água não têm sido satisfatoriamente estudados (Alcântara, 1997; Faria et al., 1998).

O manejo integrado de plantas daninhas que visam à utilização dos diferentes sistemas de controle de plantas daninhas tem sido preconizado com o objetivo de reduzir as perdas causadas por estas plantas, os custos de controle, a energia gasta com os tratos culturais e outras operações (Ronchi et al., 2001).

Em adição a isso, o manejo integrado de plantas daninhas tem sido sugerido para prevenir a degradação estrutural e a erosão, melhorando a trafegabilidade e a trabalhabilidade da área. Em contrapartida, em anos secos, o manejo integrado pode reduzir o vigor e a produção dos cafeeiros, embora melhore a qualidade do solo. Portanto, o emprego correto dos métodos de controle, na época certa, permite a obtenção de alta produtividade e adequada conservação do solo (Souza & Melles, 1986).

Vários aspectos devem ser considerados na escolha do método de controle de plantas daninhas, havendo necessidade de elaborar um plano menos impactante ao sistema solo-água-plantas. Entre as técnicas de manejo, o controle, de forma correta, das plantas daninhas assume papel de fundamental importância para a estrutura do solo, pela possibilidade de melhorias em sua qualidade, conferindo-lhe condições de sustentabilidade. Assim, o manejo de plantas daninhas não pode ser analisado somente a partir de observações pontuais de um processo de competição por água e luz entre as plantas daninhas e a cultura (Faria et al., 1998). O manejo correto dessas plantas pode contribuir para a manutenção das propriedades físico-hídricas e mecânicas do solo, reduzindo a erosão e contribuindo para o aporte de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, resultando em acréscimo na produtividade.

Os métodos de controle de plantas daninhas podem ser divididos em: métodos manuais, método mecânico, com a utilização de implementos agrícolas e métodos químicos, que demandam a utilização de herbicidas.

A capina, ou método manual, deve ser empregada quando a declividade ou o sistema de plantio da lavoura não permitem mecanização. Este método de controle deixou de ser economicamente viável (Souza & Melles, 1986; Lorenzi, 2000), em áreas extensas ocupadas pela cafeicultura.

As capinas mecânicas, como a utilização de roçadora e a roçadora-roçacarpa, assumem grande importância com a escassez da mão-de-obra e seu

conseqüente custo. Além disso, o uso de roçadoras proporciona bom controle da erosão, devido à pequena movimentação do solo e à cobertura permanente (Souza & Melles, 1986), a qual eleva a infiltração e a drenagem interna, permitindo que mais água migre para maiores profundidades do perfil, onde é retida por maiores períodos e é menos perdida por evaporação (Hillel, 1971; Faria et al., 1998).

O efeito do manejo proporcionado por roçadoras no controle das perdas por erosão pode ser explicado quando comparado com controle das plantas daninhas por meio de capinas manuais, já que a roçadora não promove a desagregação e a inversão da camada superficial do solo, o que facilitaria a erosão. Outro aspecto positivo da roçada é que não ocorre mutilação das raízes absorventes ou radículas dos cafeeiros, não afetando a produtividade e nem a eliminação total da vegetação de cobertura do solo. A cobertura morta proporcionada pela roçada favorece uma redução no efeito da energia de impacto da gota de chuva no terreno e proporciona um sombreamento do solo contra a oxidação da matéria orgânica (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Além disso, os resultados encontrados por Faria et al. (1998) indicam que a roçada favorece um microambiente favorável para algumas espécies de algas e minhocas, as quais ajudam na manutenção da estrutura na superfície do solo.

Por outro lado, é importante ressaltar que a utilização constante de roçadoras em lavouras cafeeiras tem ocasionado a maior compactação, o que pode ser atribuído ao número de operações necessárias (Kurachi & Silveira, 1984; Alcântara & Ferreira, 2000b), agravado pelo tráfego dessas máquinas quando o solo apresenta alta umidade e conseqüentemente, baixa capacidade de suporte de carga (Silva et al., 2006).

A roçadora, apesar de ser um equipamento leve, quando utilizada em condições inadequadas de umidade, induz a compactação do solo a maiores profundidades, devido aos componentes conhecidos como “esqui ou patins”,

arrastarem em contato direto de com o solo (Araújo Junior, 2004). Por outro lado, a utilização da roçadora em condições adequadas pode ser benéfica para as unidades estruturais do solo, promovendo uma agregação das partículas resultantes da deposição da matéria orgânica. Em adição a isso, espera-se que a cobertura produzida pelo material depositado reduza o efeito do impacto direto das chuvas, evitando a desagregação e a conseqüente erosão superficial do mesmo (Silveira et al., 1985; Faria et al., 1998; Alcântara & Ferreira, 2000b). Outro aspecto que vale ressaltar é que, com a redução dos espaçamentos entre as linhas de plantio da cultura, o tráfego de máquinas ocorre mais próximo da “saia” do cafeeiro, região onde se concentram as raízes ativas da cultura e onde a pressão exercida pelos equipamentos utilizados no manejo da lavoura poderá causar compactação adicional, prejudicando o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, afetando a produtividade da cultura.

Na região dos cerrados, Silva et al. (2006) avaliaram equipamentos utilizados no controle mecanizado das plantas daninhas. Esses autores descreveram que a massa dos conjuntos utilizados no manejo de plantas daninhas variou de 3.400 kg (MF 50 X com roçadora modelo RC² 1500 marca tatu 388 Kg) até próximo de 4.000 kg (MF 265 com aplicador de herbicida PH 400). Esses equipamentos têm potencial para causar danos à estrutura do solo, se utilizados em condições inadequadas de umidade.

Outro tipo de manejo de plantas daninhas largamente utilizado em lavouras cafeeiras é o controle químico, com o objetivo de reduzir o custo e aumentar o rendimento operacional. O controle químico visa integrar aos vários planos de manejos estabelecidos (Souza & Melles, 1986), levando em consideração vários fatores, como tipo e umidade do solo, vegetação, época e dose do produto, devendo alternar os produtos utilizados para evitar acúmulo destes no solo ou predominância de plantas resistentes ao produto.

Os herbicidas de contato e ou de translocação (herbicidas de pós-emergência) apresentam a vantagem de deixar uma cobertura morta que protege o solo contra erosão, além de conservar a umidade do solo, contribuindo para a sustentabilidade do sistema. Em contrapartida, a utilização de herbicidas de pré-emergência em lavouras cafeeiras, promove redução no teor de matéria orgânica, aumento na densidade do solo, redução no volume total de poros e menor estabilidade de agregados, além de permitir a formação do selamento superficial e de apresentar baixa argila dispersa em água, indicando alta dispersão seguida de processo erosivo (Alcântara, 1997; Alcântara & Ferreira, 2000b).

Um cafezal sem plantas de cobertura perde, em média, 2,68 Mg ha⁻¹ de solo por ano e 2,8% da água da chuva, enquanto outro, com cobertura, perde, em média, 1,18 Mg ha⁻¹ de solo e 1,7% de chuva caída por ano. O controle da erosão foi, de, 56% em perdas de solo e 42% em perdas de água (Marques 1950). Em um estudo conduzido por Prochnow et al. (2005), as perdas médias anuais de terra e de água pelos solos cultivados com cafeeiros em diferentes espaçamentos foram, em média, de 4 Mg ha⁻¹ e 18 mm, respectivamente e a cultura mostrou-se eficiente no controle das perdas de solo, diminuindo em 78%, nos primeiros cinco anos de desenvolvimento da cultura e em 99% do quinto ano em diante, independente dos espaçamentos estudados.

A utilização de herbicidas de pré-emergência em lavouras cafeeiras, em área total, mantém o solo totalmente limpo e sem cobertura vegetal; devido a isso, não deve ser recomendada, pois favorece a erosão do solo, além de ser de alto custo e desnecessário, pois para um controle satisfatório, o cafeeiro necessita que a mantenha limpa somente a área ao redor do caule “saia”, (Ronchi et al., 2001). Outro aspecto negativo que pode ser apontado com relação à utilização de herbicida de pré-emergência é a possibilidade do selamento superficial (Faria et al., 1998; Alcântara & Ferreira, 2000b). O selamento

superficial (camada delgada geralmente de 1 a 3 mm na superfície do solo) é caracterizado por uma elevada densidade do solo, pequena porosidade e baixa condutividade hidráulica (Silva & Kato, 1997). A formação do selamento superficial ocorre devido à quebra mecânica dos agregados, em consequência do impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, com dispersão e entupimento dos poros (Agassi et al., 1985; Shaefer et al., 2002) ou, então, devido ao aparecimento de camadas que tendem a dispor em forma de lâminas. Com a destruição dos agregados, as partículas menores em suspensão penetram e obstruem os poros, aumentando a resistência mecânica ao crescimento radicular das culturas e à perda de água pela erosão o que tem contribuído para a redução da infiltração de água e a baixa redistribuição (Faria et al., 1998; Shaefer et al., 2002).

O herbicida de pré-emergência utilizado com frequência em lavouras cafeeiras Oxyfluorfen (Goal[®]) é fortemente adsorvido ao solo e sua adsorção aumenta com o aumento do teor de matéria orgânica (Rodrigues & Almeida, 2005). Estas características podem provocar um desbalanço de cargas no solo, ocasionando maior dispersão da argila e, conseqüentemente, potencializando o selamento superficial do solo. Alterações semelhantes no solo devido à adsorção de fosfato pelas frações do solo foram observadas por Silva et al. (2001), causando a dispersão de partículas, alterações na sua porosidade e na sua relação solo-água, podendo influenciar também nos limites de consistência do solo e em seu índice de compressão.

Portanto, o manejo de plantas daninhas em lavouras cafeeiras deve visar à gestão sócio-ambiental, promovendo, além de resultados econômicos, melhoria e preservação do ambiente. Controles que visem manter o solo coberto durante o período chuvoso, a fim de reduzir os efeitos da erosão e promover melhorarias nas condições físicas e químicas do terreno, devem ser os preferidos em lavouras cafeeiras sob manejos conservacionistas. Um grande benefício das

plantas daninhas é o de proporcionar a cobertura e a produção de matéria orgânica para incorporação no solo, aumentar o conteúdo de matéria orgânica no solo, melhorar as condições físicas e estimular os diversos processos químicos e biológicos. De todos os resíduos, as raízes são, sem dúvida, o mais importante, pois seu crescimento subterrâneo possibilita a acumulação de matéria orgânica a profundidades variáveis, melhorando a estrutura e a capacidade de retenção da umidade dos solos. Aos solos argilosos, conferem melhor resistência, refletindo não só na maior facilidade de operações mecanizadas e crescimento das plantas, como também na melhora das condições de aeração (Bertoni & Lombardi Neto, 1999).

2.2 Compactação do solo, compressibilidade e modelagem da capacidade de suporte de carga do solo

A compactação do solo tem sido identificada como um dos principais processos causadores de degradação da sua estrutura, comprometendo a qualidade física de terras agrícolas e a obtenção de maiores produtividades (Flowers & Lal, 1998; Canillas & Salokhe, 2002; Alakukku et al., 2003; Peng et al., 2004; Dias Junior et al., 2005). Este tipo de degradação ocorre devido ao aumento na intensidade de tráfego e da carga aplicada e à utilização de diferentes sistemas de manejo que alteram as propriedades físicas e mecânicas dos solos (Kondo & Dias Junior, 1999a,b; Silva et al., 2003).

Em lavouras cafeeiras aptas à mecanização e exploradas comercialmente, o uso indiscriminado dos diferentes sistemas de manejo, principalmente os sistemas mecanizados, está se tornando preocupante, devido à possibilidade da disseminação da compactação. Nestas áreas, constata-se que o número de operações mecanizadas por ano agrícola pode ser superior a 15, constituindo o ciclo com pulverizações, adubações, esparrama de cisco, controle de plantas daninhas, arruação e colheita; o manejo das plantas daninhas

demanda até cinco operações anuais na estação chuvosa. Portanto, o monitoramento da compactação do solo é essencial para o manejo sustentável do sistema.

O termo compactação do solo é definido como sendo uma deformação volumétrica de um solo não saturado (Çarman, 2002), a qual resulta em alterações nas propriedades físicas e mecânicas, modificando a relação ar-água do solo (Pytka, 2001), devido ao manejo inadequado.

A estrutura do solo é definida como sendo o arranjo das partículas do solo e do espaço poroso entre elas, incluindo, ainda, o tamanho, a forma e o arranjo dos agregados, formados quando partículas primárias se agrupam em unidades separáveis (Marshall, 1962). A qualidade da estrutura do solo é um indicador de sustentabilidade de sistemas agrícolas, sendo esta influenciada pelas condições químicas, físicas e biológicas dos solos, e sua degradação causa erosão e redução de produtividade. A estrutura do solo, embora não seja considerada um fator de crescimento para as plantas, exerce influência direta sobre a movimentação de água, a transferência de calor, a aeração, a densidade do solo e a porosidade (Letey, 1985).

Algumas conseqüências da compactação do solo podem ser definidas, como mudanças na distribuição de tamanho de poros, redução da água disponível (Dias Junior & Estanislau, 1999) aumento de escoamento superficial e, mesmo, a redução na produtividade (Dauda & Samari, 2002; Beutler et al., 2004a,b).

A compressibilidade é a facilidade com que o solo não saturado decresce de volume quando sujeito à pressão (Gupta & Allmaras, 1987), a qual depende de fatores externos e internos (Lebert & Horn, 1991). Os fatores externos são caracterizados pelo tipo, intensidade e freqüência da carga aplicada (Horn, 1988; Lebert & Horn, 1991), enquanto os fatores internos são influenciados por história de tensão (Horn, 1988; Gupta et al., 1989; Dias Junior, 1994), umidade

do solo (Larson & Gupta, 1980; Larson et al., 1980; Soane, 1990; Dias Junior, 1994; Peng et al., 2004), textura do solo (Larson et al., 1980; Horn, 1988; Arvidsson, 1998; Imhoff, 2002; Peng et al., 2004), estrutura do solo (Horn, 1988; Peng et al., 2004), agregação do solo (Horn, 2004; Smith et al., 1997), densidade inicial (Dias Junior, 1994; Imhoff et al., 2001; Imhoff, 2002; Peng et al., 2004) e conteúdo de carbono do solo (Soane, 1990; Assouline et al., 1997; Etana et al., 1997; Arvidsson, 1998; Peng et al., 2004). Assim, a quantidade de deformação ocorrida no solo no momento das operações agrícolas mecanizadas, depende não somente das propriedades internas, mas também dos fatores externos.

A extensão e a profundidade da compactação dependem de o solo possuir cobertura ou ser cultivado, devido às diferenças de resistência interna, associada à susceptibilidade à compactação (Ferrero et al., 2005). Para uma mesma condição, a umidade é o fator que governa a quantidade de deformação que poderá ocorrer no solo (Dias Junior, 1994), refletindo sua densidade inicial e o estado de compactação (Dias Junior, 2000). Assim, a resistência do solo à compactação está diretamente ligada ao número de pontos de ligação entre partículas primárias (Peng et al., 2004). Com isso, espera-se a redução da capacidade de suporte de carga dos solos, em virtude de a água atuar como lubrificante das partículas, deixando o solo mais macio e alterando seu estado de consistência. Assim, quando os solos estão mais secos, sua capacidade de suporte de carga pode ser suficiente para agüentar as pressões aplicadas e a compactação do solo pode não ser significativa (Dias Junior, 1994; Dias Junior, 2000; Dias Junior et al., 2005). Entretanto, qualquer compactação excessiva é prejudicial para as plantas sob condições de alta umidade, o que pode causar redução na produção.

Em lavouras cafeeiras, este fato foi ressaltado por Rena & Guimarães (2000) que indicam que solos com grande resistência mecânica podem ser

benéficos à trafegabilidade de máquinas em lavoura cafeeira, entretanto, ela pode afetar severamente a expansão do sistema radicular e o transporte de água e de assimilados das raízes para a parte aérea. Outro problema que os autores sinalizam é que não é fácil observar variações que ocorrem no sistema radicular da cultura, quando as lavouras são submetidas ao manejo inadequado.

Por meio dos ensaios de compressão uniaxial obtém-se a curva de compressão do solo, que representa graficamente a relação entre o logaritmo da pressão aplicada e a densidade do solo ou índice de vazios (Casagrande, 1936; Holtz & Kovacs, 1981). Quando o solo não sofreu nenhuma pressão prévia, esta relação é linear e a aplicação de qualquer pressão resultará em deformação não recuperável (Larson et al., 1980; Larson & Gupta, 1980; Gupta & Allmaras, 1987; Lebert & Horn, 1991; Dias Junior & Pierce, 1996), causando, portanto, compactação adicional ao solo (Dias Junior, 1994; Horn, 2004). Entretanto, quando o solo já experimentou pressões prévias ou ciclos de umedecimento e secagem, a variação das pressões atuando sobre o solo determinará a formação de duas regiões distintas na curva de compressão do solo: a curva de compressão secundária e a reta de compressão virgem (Figura 1) (Lebert & Horn, 1991; Horn & Lebert, 1994; Dias Junior & Pierce, 1996, Kondo, 2003; Horn, 2004).

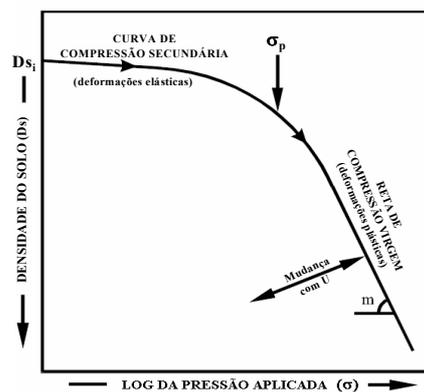


FIGURA 1. Curva de compressão do solo.
Fonte: “Adaptado de Kondo, 2003”.

A curva de compressão secundária representa as pressões experimentadas pelo solo no passado, sendo, portanto, função do manejo do solo, enquanto a curva de compressão virgem representa as primeiras pressões aplicadas ao solo (Dias Junior & Pierce, 1996; Dias Junior, 2000; Horn, 2004). É na região da curva de compressão secundária que o solo deve ser cultivado ou trafegado, sem que ocorra compactação adicional. É este componente da curva de compressão que reflete a história do manejo do solo, o qual tem sido quantificado pela determinação da pressão de preconsolidação (σ_p), que indica a capacidade de suporte de carga do solo em uma determinada umidade ou potencial matricial (Dias Junior, 1994; Dias Junior & Pierce, 1996; Kondo & Dias Junior, 1999 a,b; Imhoff et. al., 2001; Silva et al., 2003; Oliveira et al., 2003; Horn, 2004; Peng et al., 2004; Secco et al., 2005; Assis & Lanças, 2005b; Silva et al., 2006).

Baseado nestas pressuposições, Dias Junior (1994) elaborou o modelo de capacidade suporte de carga, expresso pela equação $\sigma_p = 10^{(a + bU)}$, em que σ_p é a pressão de preconsolidação e U é umidade gravimétrica. No Brasil, este modelo foi utilizado por Kondo (1998) e vem sendo utilizado para monitorar as alterações estruturais impostas pelos diferentes manejos, assim como quantificar os impactos causados por operações mecanizadas em diferentes regiões (Kondo, 1998; Miranda et. al., 2003a,b; Silva et al., 2003; Assis & Lanças, 2005b; Dias Junior et al., 2005; Silva et al., 2006; Silva, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido em uma área da Fazenda da Epamig (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), em Patrocínio, MG, localizada na região fisiográfica do Alto Paranaíba, a uma latitude de 18°59'24" S e longitude

de 46°59'30" W de Greenwich, no domínio dos planaltos e chapadas da bacia sedimentar do Paraná, na porção sudoeste do Cerrado brasileiro. O município de Patrocínio está inserido em uma área geologicamente complexa, conhecida como o Arco da Canastra, que separa as bacias sedimentares do São Francisco e do Paraná. A geologia do município está bem caracterizada em três morfoestruturas: a do Arco da Canastra, os Domos de Serra Negra e Salitre e a morfoestrutura da bacia sedimentar do São Francisco (Silva & Malvino, 2005).

O município situa-se a uma altitude média de 930 metros, com temperatura média anual de 20° a 22° C e precipitação média anual de 1.620 mm. O clima apresenta duas estações bem definidas, sendo uma seca que corresponde aos meses de maio a setembro e outra chuvosa, que corresponde ao período de outubro a abril. O clima da região classifica-se como Aw tropical quente úmido com inverno frio e seco e um verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen (Silva & Malvino, 2005).

O relevo é suave ondulado em grandes extensões e a classe de solo predominante é a de Latossolos. O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo textura muito argilosa, gibbsíticos (Embrapa, 1999; Resende & Santana, 1988), caracterizado nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1. Caracterização física do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) localizado na Fazenda Experimental da Epamig em Patrocínio, MG.

Prof. (cm)	Argila ⁽¹⁾	Areia ⁽¹⁾	Silte ⁽¹⁾	MO ^(1,2)	CC ^(1,2)	PMP ^(1,2)	Ds ⁽³⁾	Dp ⁽³⁾	PT ⁽³⁾
	g kg ⁻¹				kg kg ⁻¹		Mg m ⁻³		m ³ m ⁻³
0 – 3	710	140	150	41	0,43	0,25	0,95	2,75	0,65
10 – 13	680	140	180	35	0,44	0,24	0,97	2,74	0,64
25 – 28	740	140	120	30	0,45	0,24	0,95	2,72	0,65

⁽¹⁾ média de três repetições; ⁽²⁾MO = matéria orgânica; CC = capacidade de campo (amostras submetidas ao potencial mátrico (ψ) de -10 kPa; PMP = ponto de murcha permanente (amostras submetidas ao potencial mátrico (ψ) de -1500 kPa); ⁽³⁾ média de quinze repetições; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas e PT = porosidade total.

TABELA 2. Caracterização química do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) localizado na Fazenda Experimental da Epamig em Patrocínio, MG.

Profundidade	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Ki	Kr
(cm)	-----%						
25–28	7,10	31,74	15,41	1,12	0,03	0,38	0,29

Ki: relação molecular SiO₂/Al₂O₃; **Kr:** relação molecular SiO₂/Al₂O₃ + Fe₂O₃

Os baixos valores de Ki indicam uma maior dessilicação e, portanto, maior tempo de atuação dos processos pedogenéticos (Macedo, 1996).

3.2 Delineamento experimental, amostragem e coleta de dados

O estudo foi conduzido em uma lavoura de café (*Coffea arabica* L.) com a cultivar Rubi MG-1192, plantada no espaçamento 3,80 x 0,70m. O delineamento utilizado na instalação do experimento foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e com três repetições, contendo quatro condições de manejo das plantas na entrelinha (parcelas) e quatro condições de manejo na saia (subparcela) (Tabela 3 e Figura 2).

As condições de manejo aplicado nas entrelinhas compreendem uma área de 600 m², correspondente a três linhas de 76 cafeeiros cada. Cada manejo foi subdividido em quatro combinações de manejo na saia do cafeeiro e cada subparcela compreende uma área de 150 m² (Figura 2).

TABELA 3. Diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas nas entrelinhas e na saia do cafeeiro.

Manejo nas entrelinhas	Manejo na saia do cafeeiro
Sem Capina (SC)	Roçacarpa (RÇ)* Capina manual (CM) Herbicida pós-emergência (HPÓS) Herbicida pré-emergência (HPRÉ)
Capina Manual (CM)	Roçacarpa (RÇ)* Capina manual (CM) Herbicida pós-emergência (HPÓS) Herbicida pré-emergência (HPRÉ)
Herbicida de pós-emergência (HPÓS)	Roçacarpa (RÇ)* Capina manual (CM) Herbicida pós-emergência (HPÓS) Herbicida pré-emergência (HPRÉ)
Herbicida de pré-emergência (HPRÉ)	Roçacarpa (RÇ)* Capina manual (CM) Herbicida pós-emergência (HPÓS) Herbicida pré-emergência (HPRÉ)

*Nome comercial de uma roçadora específica

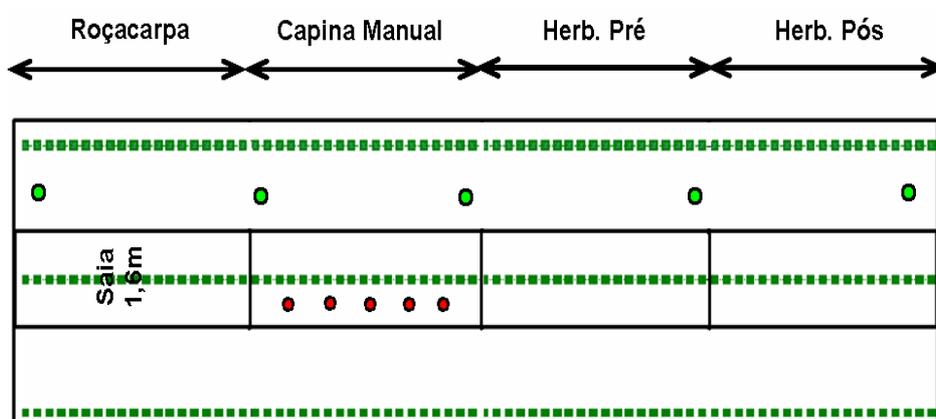


FIGURA 2. Representação esquemática de uma parcela experimental com 600 m², com cada subparcela 150 m². Os círculos verdes representam as amostras do centro da entrelinha (parcela); os círculos vermelhos representam as amostras da saia (subparcelas).

A amostragem foi realizada entre as datas de 12/07/2004 a 16/07/2004, quando simultaneamente foi realizado o controle da produção deste ano. Por ser o cafeeiro uma planta de ciclo bienal, os dados de produção foram avaliados de dois em dois anos, não sendo apresentada a produção para o ano de 2000, devido à recente implantação da lavoura. Em cada condição de manejo apresentada na Tabela 3, foram coletadas, aleatoriamente, nas profundidades 0-3 cm, 10-13 cm e 25-28 cm, 15 amostras indeformadas por profundidade (5 amostras por manejo x 3 repetições), totalizando 900 amostras [15 amostras x 3 profundidades x 20 (4 manejos no centro da rua + 16 na saia)]. As amostras indeformadas foram coletadas utilizando-se um amostrador de Uhland, com anel volumétrico de 6,40 cm de diâmetro por 2,54 cm de altura.

3.3 Controle de plantas daninhas

As operações de controle de plantas daninhas foram efetuadas quando se observava 90% da área coberta pelas plantas daninhas e estas apresentavam cerca de 45 cm de altura. Assim, o número médio de operações necessárias para o controle satisfatório das plantas daninhas durante o ano variou de acordo com o método adotado. Nas condições de manejo em que se utilizaram a roçadora roçacarpa e a capina manual foram realizadas 5 operações/ano; para a aplicação de herbicida de pré-emergência, foram 2 aplicações/ano e, para herbicida de pós-emergência, 3 aplicações/ano.

Os herbicidas utilizados foram os recomendados para a cultura, sendo os mais facilmente encontrados no mercado. O herbicida de pré-emergência utilizado foi o que portava o ingrediente ativo oxyfluorfen (2-cloro-a,a,a-trifluoro-p-tolyl-3-ethoxy-4-nitrophenyl ether), na dose de 2,0 kg ha⁻¹ de produto comercial e 0,48 kg ha⁻¹ de ingrediente ativo na formulação de concentrado emulsionável, 240 g/l (Rodrigues & Almeida, 2005), aplicado a um volume de calda de 400 L ha⁻¹. Para esta aplicação, cuidou-se para que o solo estivesse livre

de restos culturais e plantas daninhas. Em pós-emergência, utilizou-se o ingrediente ativo glyphosate N-(fosfonometil) glicina, na dose de 2,0 L ha⁻¹ de produto comercial e 0,72 kg ha⁻¹ de ingrediente ativo na formulação de concentrado solúvel, 360 g/l e aplicado com um volume de calda de 400 L ha⁻¹. Pela facilidade da aplicação, os herbicidas foram aplicados manualmente, com o auxílio de bomba costal, não se fazendo, portanto, a utilização de operações mecanizadas.

3.4 Análise de laboratório

Em virtude da forte agregação dos Latossolos encontrados nesta região, foi utilizado, para a dispersão mecânica, um aparelho de ultra-som marca Misonix, modelo XL2020TM operando a 20 kHz, no estágio 9 do mostrador. A potência do aparelho foi de 78,91 Watts, baseada em técnicas calorimétricas conforme descrito por Sá et al. (2000) modificada por Ribeiro (2006). Adotou-se a relação solo-água 1:20, sendo aplicada a energia de 217,64 J ml⁻¹, correspondente ao tempo de sonificação de 480 segundos. As amostras de solo, na quantidade de 10 g, permaneceram em contato com 10 ml de NaOH a 1N como dispersante químico, durante 24 horas, determinando a granulometria pelo método da pipeta (Day, 1965).

No excedente das amostras indeformadas das partes superiores e inferiores dos anéis, foram determinados os teores de matéria orgânica (Raij & Quaggio, 1983) e densidade de partículas pelo método do pincômetro (Blake & Hartge, 1986b).

A porosidade total foi obtida baseando-se na densidade do solo e na densidade de partículas pela seguinte expressão: $PT = [1 - (Ds/Dp)] \times 100$ (Vomocil, 1965).

A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foram determinados em amostras indeformadas de solo (Klute, 1986). A caracterização

química foi realizada com base nos elementos no extrato do ataque sulfúrico, segundo Embrapa (1997). Os valores de K_i e K_r foram obtidos com base nas relações moleculares seguintes: $K_i = \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \times 1,7$ e $K_r = 1,7 \times \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + (\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 0,6375)$.

Para a elaboração dos modelos de capacidade de suporte de carga, quatro amostras, por tratamento, com estrutura indeformada foram inicialmente saturadas em uma bandeja com água destilada até 2/3 da altura da amostra, durante 24 horas e separadas em dois grupos de duas amostras. Cada grupo foi submetido aos potenciais mátricos (ψ): -2 kPa, em mesa de tensão e -101,325 kPa em panelas de pressão de Richards, conforme Klute (1986). As umidades obtidas na mesa de tensão serviram para determinar os valores superiores das umidades para a elaboração dos modelos de capacidade de suporte de carga (valores compreendidos entre 0,44 kg kg⁻¹ a 0,59 kg kg⁻¹). Já os valores de umidade obtidos nas amostras submetidas às câmaras de pressão de Richards serviram para determinar qual método utilizar para calcular a pressão de preconsolidação, entre aqueles propostos por Dias Junior & Pierce (1995). De acordo com estes autores o método 1 deve ser usado para umidades superiores a 0,31 kg kg⁻¹, umidade correspondente ao potencial mátrico de -101,325 kPa (1 atm) e método 3 para umidades inferiores a correspondente a este potencial. Outro conjunto de onze amostras com estrutura indeformada foram controladas e secas ao ar no laboratório, compreendendo umidades de 0,03 a 0,60 kg kg⁻¹.

Após atingir o equilíbrio nos referidos potenciais e umidades, as amostras indeformadas foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial (Bowles, 1986), modificado por Dias Junior (1994). Para a realização do ensaio de compressão uniaxial, as amostras indeformadas foram mantidas nos cilindros de alumínio e estes mantidos dentro da célula de compressão e, subsequentemente, submetidos às pressões 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa. Cada pressão foi aplicada até obter 90% da deformação máxima. Os 90%

de deformação máxima foram determinados traçando-se uma linha através dos pontos dos dados até a parte inicial da curva, obtida quando as leituras foram plotadas versus a raiz quadrada do tempo, sob esta linha intercepta do eixo y. A segunda reta correspondente ao início do carregamento foi traçada com todas as abscissas iguais a 1,15 vez as abscissas, que corresponde ao valor na primeira linha. A interseção da segunda linha e a curva obtida em laboratório corresponde a 90% de deformação (Taylor, 1948). As amostras foram submetidas à aplicação de pressões sucessivas, sem efetuar o descarregamento das pressões previamente aplicadas (Larson & Gupta, 1980; Kondo & Dias Junior, 1999a,b; Imhoff, et. al., 2001). Após a liberação da pressão, as amostras foram secas em estufa a 105°-110°C, por 24 horas, e determinada a matéria seca do solo; a densidade do solo foi calculada de acordo com Blake & Hartge (1986a).

A curva de compressão foi obtida em um gráfico em que, no eixo das abscissas (X), colocou-se o logaritmo da pressão aplicada e no eixo das ordenadas (Y) a densidade do solo (Dias Junior & Pierce, 1996). O valor da pressão de preconsolidação (σ_p) foi calculado para cada amostra, utilizando-se o método proposto por Dias Junior & Pierce (1995).

3.5 – Análises estatísticas

As pressões de preconsolidação obtidas no ensaio de compressão uniaxial foram plotadas no eixo das ordenadas, em função das diferentes umidades simuladas em laboratório plotadas no eixo das abscissas, obtendo-se os modelos de capacidade de suporte de carga ajustado de acordo com a equação $\sigma_p = 10^{(a + bU)}$ (Dias Junior, 1994). Com a utilização do software Sigma Plot 8.0 (2002), foram obtidas as equações matemáticas que correspondem aos modelos de capacidade de suporte de carga do solo. As comparações entre os modelos foram feitas utilizando-se os procedimentos descritos por (Snedecor & Cochran, 1989).

Os resultados das análises de densidade do solo e matéria orgânica foram submetidos à análise exploratória dos dados, para a obtenção da distribuição de frequência e medidas de dispersão. Simultaneamente, foi realizada análise da normalidade dos erros, aplicando-se o teste de Shapiro-Wilk. Nos tratamentos em que foi verificada a normalidade dos erros, os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias feita pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Modelos de capacidade de suporte de carga para o centro das entrelinhas

4.1.1 Profundidades dentro do mesmo manejo

Os coeficientes dos modelos de capacidade de suporte de carga (CSC) [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] dos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas no centro das entrelinhas, nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, são apresentados Tabela 4. Os valores de “a” variaram de 2,60 a 2,73 e os de “b”, entre –0,72 e -1,20. Os coeficientes de determinação foram todos significativos, a 1% de probabilidade, pelo teste t-Student e variaram de 0,72 a 0,93.

Para todos os modelos de CSC a relação $\sigma_p \times U$ é válida, dentro dos intervalos estudados. Nesses intervalos, as equações poderão ser utilizadas para fazer previsões da pressão de preconsolidação (σ_p). Fora do intervalo, não devem ser usadas para se fazer previsões, pois não se sabe se as variáveis continuarão mostrando a mesma relação.

TABELA 4. Coeficientes dos modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] para o Latossolo Vermelho-Amarelo nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, para os diferentes sistemas de manejo no centro da entrelinha.

Sistemas de manejo ¹	0-3 cm			10-13 cm			25-28 cm		
	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
Sem capina	2,70	-1,05	0,88**	2,72	-1,06	0,77**	2,73	-1,06	0,83**
Capina manual	2,66	-1,00	0,86**	2,67	-0,86	0,92**	2,67	-0,90	0,88**
Pós-emergência	2,60	-0,74	0,75**	2,67	-0,82	0,81**	2,70	-1,03	0,81**
Pré-emergência	2,67	-0,72	0,94**	2,72	-0,97	0,82**	2,68	-1,20	0,90**

¹ Centro da entrelinha. “a” intercepto da regressão linearizada, “b” coeficiente angular da regressão linearizada; n=15 amostras; ** significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t-Student

Para verificar as possíveis alterações da estrutura do LVA causadas pelos diferentes condições de manejo das plantas daninhas na cultura do cafeeiro, os modelos CSC foram comparados, nas diferentes profundidades, dentro de cada tratamento (Tabela 5).

Pela Tabela 5, observa-se que os modelos de CSC do LVA, quando usou o herbicida de pós-emergência (HPÓS) e sem capina (SC) não diferiram quanto à CSC nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, indicando homogeneidade na CSC da estrutura do solo. Devido a isso, uma nova equação foi ajustada, considerando-se todos os valores de σ_p e U, para cada sistema de controle de plantas daninhas, obtendo-se um único modelo de CSC para as três profundidades, em cada sistema de controle de plantas daninhas (Figuras 3 e 4).

O modelo de CSC obtido para o centro da entrelinha na condição de manejo SC representa a condição inicial que não sofreu interferência do manejo das plantas daninhas (Figura 3). Entretanto, todos os sistemas de controle das plantas daninhas foram comparados entre si, para verificar as possíveis

alterações na estrutura e identificar qual (is) sistemas de controle das plantas daninha são mais susceptíveis ou resistentes à compactação.

TABELA 5. Teste de significância, descrito por Snedecor & Cochran (1989), entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] de um Latossolo Vermelho-Amarelo, para os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas e profundidades no centro das entrelinhas.

Condição de manejo das plantas daninhas	Profundidades (cm)	F	F	
			Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro das entrelinhas				
Sem capina (SC)	0-3 vs 10-13	H	ns	ns
	0-3 e 10-13 vs 25-28	H	ns	ns
Herbicida de pós-emergência (HPÓS)	0-3 vs 10-13	H	ns	ns
	0-3 e 10-13 vs 25-28	H	ns	ns
Capina manual (CM)	0-3 vs 10-13	NH	ns	**
	0-3 vs 25-28	H	ns	ns
	0-3 e 25-28 vs 10-13	**	ns	ns
Herbicida de pré-emergência (HPRÉ)	0-3 vs 10-13	H	**	ns
	0-3 e 10-13 vs 25-28	H	**	**
	10-13 vs 25-28	H	ns	**

H: homogêneo; **NH:** não homogêneo; ****** significativo, a 1% de probabilidade; ***** significativo a 5% de probabilidade; **ns:** não significativo.

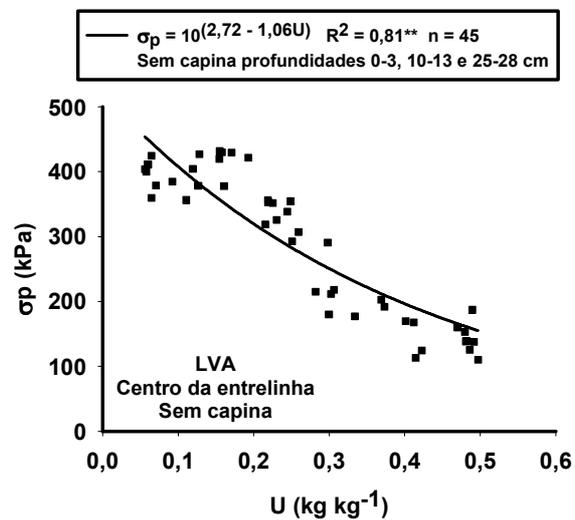


FIGURA 3. Modelo de CSC para o sistema de manejo sem capina (SC) no centro da entrelinha, nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm.

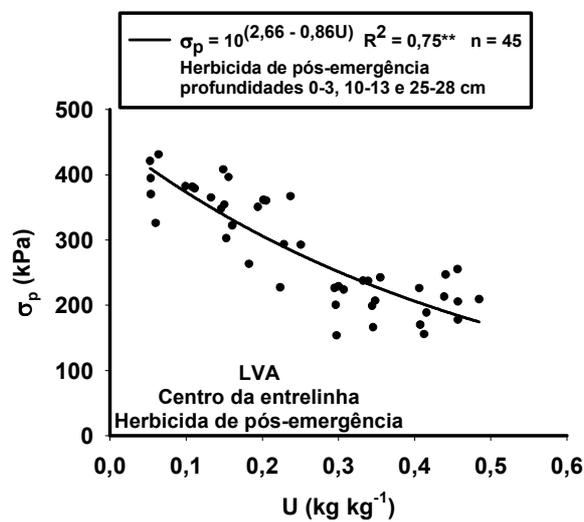


FIGURA 4. Modelo de CSC para o sistema de manejo herbicida de pós-emergência (HPOS) no centro da entrelinha, nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm.

Os resultados apresentados nas Figuras 3 e 4 e na Tabela 5 indicam uma homogeneidade quanto à CSC, nas três profundidades estudadas, do LVA, quando submetido às condições de manejos SC e HPÓS. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2006) quando estes autores atribuíram a homogeneização da CSC de uma área sob cerrado, sob as mesmas condições deste estudo, promovida pelas operações de preparo do solo no desmatamento da área. Operações semelhantes de preparo do solo foram executadas na ocasião de desmatamento da área deste estudo, porém, ressalta-se que, na instalação deste experimento, não ocorreram operações de preparo do solo na entrelinha, somente ocorrendo operações de preparo nas linhas de plantio. Portanto, a estrutura no centro das entrelinhas permaneceu inalterada. Entretanto, neste estudo, a homogeneização das camadas quanto à CSC deve-se, adicionalmente, à influência do sistema radicular das plantas daninhas.

Na condição de manejo HPÓS ocorre a morte total das plantas daninhas (Figura 5), permanecendo o sistema radicular no solo após a sua decomposição, formando canálculos que favorecem a infiltração e a redistribuição de água e trocas gasosas, favorecendo os ciclos de umedecimento e secagem em profundidade que promovem a homogeneização da CSC da estrutura do solo. Além disso, a cobertura morta proporcionada pelo manejo com HPÓS e a cobertura das plantas daninhas no manejo SC protegem o solo contra erosão e conservam a sua umidade, contribuindo para a sustentabilidade do sistema. Com isso, podem-se indicar as condições de manejo que proporcionam um boa cobertura vegetal na entrelinha do cafeeiro, com o objetivo de reduzir a degradação física e as perdas de água e solo (Marques, 1950; Faria et al., 1998; Bertoni & Lombardi Neto, 1999; Prochnow et al., 2005), além de reduzirem, com isso, a remoção de partículas com nutrientes e defensivos agrícolas. Semelhante ao que ocorre nas áreas sob cultivos conservacionistas como o plantio direto e o cultivo mínimo (Singh & Malhi, 2006; Assis & Lanças,

2005b), os resíduos das plantas daninhas podem aumentar a deposição de matéria orgânica, melhorando a agregação do solo, contribuindo para melhorias das propriedades físicas e promovendo um alívio na sua resistência mecânica.



FIGURA 5. Detalhe do centro da entrelinha, submetido à condição de manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS). Aspecto geral das plantas daninhas e dos cafeeiros.

Os modelos de CSC do LVA, para o centro da entrelinha da condição de manejo CM, foram iguais nas profundidades de 0–3 e 25–28 cm (Tabela 5) sendo, portanto, ajustada uma nova equação, considerando-se todos os valores de σ_p e U para estas profundidades (Figura 6). Na profundidade de 10–13 cm, os modelos de CSC foram estatisticamente diferentes dos modelos de CSC das profundidades de 0–3 e 25–28 cm. Observa-se que a profundidade de 10–13 cm apresenta maior CSC em qualquer condição de umidade do que as profundidades de 0–3 e 25–28 cm (Figura 6). Portanto, a profundidade de 10–13 cm apresentou maior CSC do solo em qualquer condição de umidade, sendo a

profundidade mais resistente à compactação e podendo ser mais impeditiva ao desenvolvimento do sistema radicular.

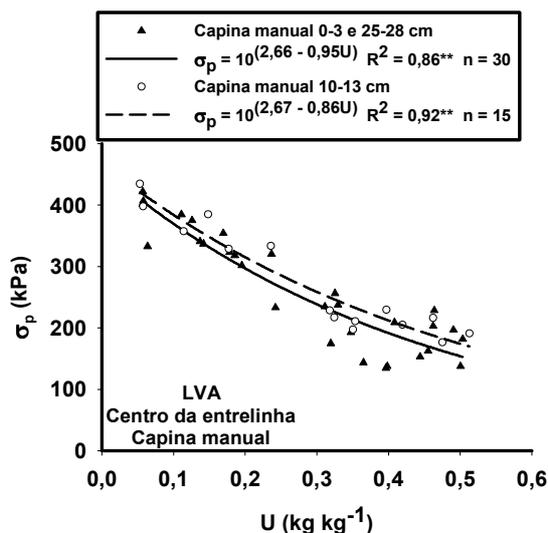


FIGURA 6. Modelo de CSC para o sistema de manejo capina manual (CM) no centro da entrelinha, nas profundidades de 0–3 e 25–28 e 10–13 cm.

A condição de manejo de plantas daninhas onde não existe influência do sistema radicular, como HPRÉ, o comportamento das camadas foi diferente quanto à CSC entre as diferentes profundidades (Tabela 5). A profundidade de 0–3 cm apresentou maior CSC para umidades maiores que $0,20 \text{ kg kg}^{-1}$, demonstrando ser esta camada mais resistente à compactação do solo em umidades elevadas do que as camadas de 10–13 cm e 25–28 cm (Figura 7), devido ao selamento superficial proporcionado pela ação do HPRÉ.

A utilização constante do HPRÉ e, conseqüentemente, a exposição do solo ao impacto das gotas da chuva potencializa o encrostamento superficial do

solo (Silva & Kato, 1997; Faria et al., 1998; Bertoni & Lombardi Neto, 1999), refletindo em maior CSC., para umidades maiores que 0,20 kg kg⁻¹ (Figura 7).

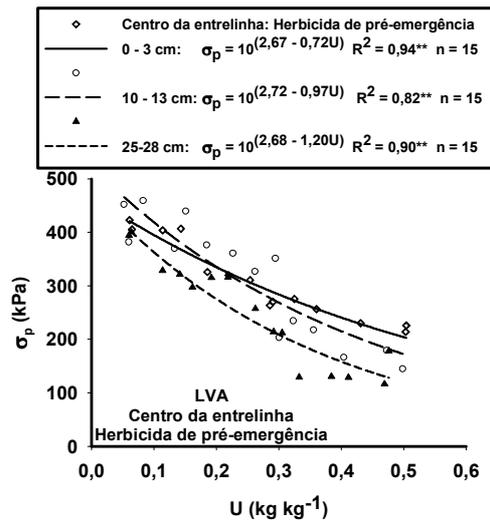


FIGURA 7. Modelo de CSC para o sistema de manejo com herbicida de pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha nas profundidades de 0-3, 10-13 e 25-28 cm.

O sistema de manejo de plantas daninhas com HPRÉ expõe o solo, tornando-o mais susceptível aos agentes erosivos e, conseqüentemente, a desestruturação e a perda da capacidade de absorção de água resultante do entupimento dos poros que provoca maior escoamento superficial que, por sua vez, intensifica a erosão (Faria et al., 1998; Alcântara & Ferreira, 2000b). Em adição a isso, o impacto das gotas de chuva e os ciclos de umedecimento e secagem, bem como a ação do herbicida como agente desorganizador da estrutura, provocam um rearranjo das partículas resultando no aparecimento de camadas impermeáveis à água, devido à migração das partículas de argila obstruindo os poros. Conforme Agassi et al. (1985), a

formação do selamento superficial deve-se a dois mecanismos: (1) fragmentação física dos agregados do solo e seu adensamento e (2) dispersão físico-mecânica e migração das partículas de argila. Alcântara & Ferreira (2000b) também observaram resultados semelhantes, em áreas manejadas com herbicida de pré-emergência constantemente, que promovem uma maior dispersão da argila, induzindo a formação do selamento superficial.

Em lavouras cafeeiras, o aumento da intensidade das operações mecanizadas ocorre na estação chuvosa (Silva et al., 2006), conseqüentemente com o solo contendo alta umidade o que aumenta o potencial de provocar dano à estrutura do solo (Alakukku et al., 2003; Dias Junior et al., 2005). Com uma elevada CSC, um solo submetido ao manejo com herbicida de pré-emergência (HPRÉ) torna-se menos susceptível à compactação adicional, contudo, uma maior CSC do solo resultará em maior resistência mecânica imposta ao sistema radicular da cultura (Kondo, 2003), o que pode ocorrer para umidades menores que $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$ na profundidade de 10–13 cm que é mais resistente do que à profundidade de 0–3 cm (Figura 7).

Rena & Guimarães (2000) indicam que solos com grande resistência mecânica podem ser benéficos à trafegabilidade de máquinas para o manejo da lavoura cafeeira, entretanto, ela pode afetar severamente a expansão do sistema radicular e o transporte de água e de assimilados das raízes para a parte aérea. A profundidade de 25–28 cm apresentou menor CSC, sendo, portanto, mais susceptível à compactação e menos impeditiva ao desenvolvimento do sistema radicular para qualquer condição de umidade. O selamento superficial na camada de 0–3 cm mantém as camadas em profundidades constantemente úmidas, menos sujeitas aos ciclos de umedecimento e secagem mantendo mais uniforme a umidade e aliviando, em conseqüência, a resistência mecânica natural do solo (Miranda et al., 2003a,b; Silva et al., 2006).

Para o centro da entrelinha no sistema de manejo HPRÉ, a umidade foi crescente com o aumento da profundidade: 0–3 cm ($0,20 \text{ kg kg}^{-1}$) < 10–13 cm ($0,26 \text{ kg kg}^{-1}$) < 25–28 cm ($0,27 \text{ kg kg}^{-1}$). Faria et al. (1998) observaram um comportamento semelhante, maiores umidades na profundidade de 20–30 cm, com menores oscilações após picos de precipitação, não sendo possível observar clara distinção na umidade do solo, devido aos diferentes tipos de controle de plantas daninhas.

4.1.2 Modelos de capacidade de suporte de carga para o centro da entrelinha de plantio entre sistemas de manejo

Para verificar as possíveis alterações no centro das entrelinhas, provocadas pelos sistemas de manejo de plantas daninhas, os modelos de CSC foram comparados e os resultados do teste de significância de acordo com Snedecor & Cochran (1989), estão apresentados na Tabela 6.

Os modelos de CSC, quando o controle das plantas daninhas foi realizado no centro da entrelinha de plantio utilizando os métodos SC e HPÓS em todas as profundidades, CM nas profundidades 0–3, 25–28 cm e HPRÉ na profundidade 10–13 cm, foram homogêneos (Tabela 6). Portanto, uma nova equação foi ajustada, considerando-se todos os valores de σ_p e U, obtendo-se um único modelo de CSC expresso pela equação $\sigma_p = 10^{(2,69 - 0,97U)}$, $R^2 = 0,79^{**}$ e $n = 135$ (Figura 8). Assim, pode-se concluir que os tratamentos citados mantêm as condições de sustentabilidade estrutural, visto que apresentaram igualdade entre os modelos quando comparados com o manejo SC.

TABELA 6. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989), entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] de um Latossolo Vermelho-Amarelo, para diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas e profundidades no centro da entrelinha.

Sistema de manejo das plantas daninhas	F	F	
		Coeficiente angular, b	Coeficiente linear, a
Centro da entrelinha			
SC (0-3, 10-13, 25-28 cm) vs HPÓS (0-3, 10-13 e 25-28 cm)	H	ns	ns
SC (0-3, 10-13, 25-28 cm) e HPÓS (0-3, 10-13 e 25-28 cm) vs CM (0-3 e 25-28 cm)	H	ns	ns
SC (0-3, 10-13, 25-28 cm) e HPÓS (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e CM (0-3 e 25-28 cm) vs HPRÉ (10-13 cm)	H	ns	ns
SC (0-3, 10-13, 25-28 cm) e HPÓS (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e CM (0-3 e 25-28 cm) vs HPRÉ (0-3 cm)	NH	**	*
SC (0-3, 10-13, 25-28 cm) e HPÓS (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e CM (0-3 e 25-28 cm) e HPRÉ (10-13 cm) vs HPRÉ (25-28 cm)	H	ns	**
CM (10-13 cm) vs HPRÉ (0-3 cm)	H	ns	**
CM (10-13 cm) vs HPRÉ (25-28 cm)	NH	*	**

SC: sem capina; **CM:** capina manual; **HPÓS:** herbicida de pós-emergência; **HPRÉ:** herbicida de pré-emergência; **H:** homogêneo; **NH:** não homogêneo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; **ns:** não significativo.

Quando o controle foi realizado no centro da entrelinha de plantio, ao se aplicar o sistema de manejo CM na profundidade 10–13 cm e HPRÉ nas profundidades 0–3 e 25–28 cm, observou-se que não foram homogêneos (Tabela 6), indicando diferentes CSC. Estes resultados indicam a influência desses sistemas de manejo das plantas daninhas no arranjo das unidades estruturais, ao

longo das profundidades (Figura 8), alterando a CSC. A maior CSC para o sistema de manejo HPRÉ, na profundidade de 0–3 cm, foi observada para umidades superiores a $0,10 \text{ kg kg}^{-1}$, sendo esse sistema de manejo o mais resistente à compactação na superfície. Já a profundidade de 25–28 cm, para o sistema de manejo HPRÉ, apresentou menor CSC, comparado com qualquer outra condição de manejo estudada em toda a faixa de umidade, resultando, com isso, em maior susceptibilidade à compactação do solo em subsuperfície. Portanto, em lavouras manejadas com o sistema de manejo HPRÉ, o tráfego de máquinas com possibilidade de provocar compactação adicional deve ser evitado em qualquer condição de umidade, pois o solo sob este sistema de manejo de plantas daninhas apresenta menor CSC na profundidade de 25–28 cm. A maiores profundidades, é difícil a recuperação dos efeitos nocivos da compactação do solo em lavouras cafeeiras.

Em um Latossolo Amarelo distrófico no município de Patrocínio, MG, Silva et al. (2006) concluíram que operações realizadas com colhedora KTR, pulverizador Arbus 2000, roçadora e efeito cumulativo do tráfego de todos estes equipamentos, na época seca com o solo contendo menores umidades, reflete em maior CSC. Ainda assim, estes equipamentos provocaram compactação adicional nas profundidades de 0–3 e 25–28 cm.

A CM é um manejo que oferece maior resistência à compactação do solo, na profundidade de 10–13 cm, para umidades superiores à $0,2 \text{ kg kg}^{-1}$, nos manejos, SC, HPÓS, CM nas profundidades 0–3 e 25–28 cm e HPRE 10–13 cm.

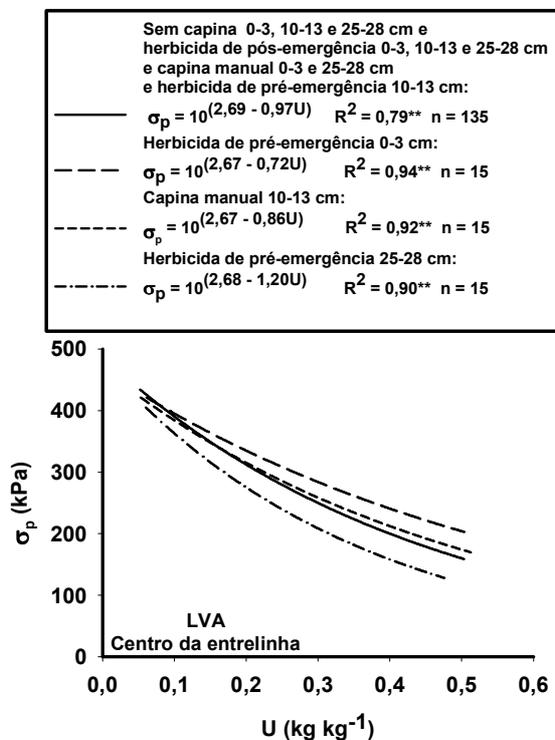


FIGURA 8. Modelo de CSC para o centro da entrelinha de plantio, dos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas, para as três profundidades estudadas.

De maneira geral, a CSC decresce no centro da entrelinha na seguinte ordem: HPRÉ profundidade 0–3 cm > CM profundidade 10–13 cm > SC profundidades 0–3, 10–13, 25–28 cm = HPÓS profundidades 0–3, 10–13, 25–28 cm = CM profundidades 0–3 e 25–28 cm = HPRÉ profundidade 10–13 cm > HPRÉ profundidade 25–28 cm. Sendo identificado como o sistema de manejo mais susceptível à compactação do solo, o controle de plantas daninhas realizado com o HPRÉ na profundidade de 25–28 cm e no outro extremo com sistema mais resistente à compactação do solo controle de plantas daninhas realizado com o HPRÉ na profundidade de 0–3 cm.

4.1.3 Comparação dos modelos de capacidade de suporte de carga entre sistemas de manejo por profundidade

Pelos dados da tabela 7 observam-se o teste de significância e os modelos de CSC, para a profundidade 0–3 cm, dos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas para o centro das entrelinhas (Figura 9).

O teste de significância mostra a homogeneidade dos modelos para as condições de manejo SC e CM (Tabela 7). Assim, uma nova equação foi ajustada, contendo todos os valores de σ_p e U, obtendo-se a equação $\sigma_p = 10^{(2,68 - 1,03U)}$ com $R^2 = 0,86^{**}$ e $n = 30$ (Figura 9).

Quando o controle de plantas daninhas foi realizado com HPÓS a capacidade de suporte de carga foi inferior a CSC apresentada pelos manejos SC e CM, para umidades inferiores a $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$. A partir dessa umidade, a maior CSC foi observada para a parcela sob HPÓS (Figura 9).

Confirma-se, assim, que a aplicação de HPRÉ confere maior CSC em superfície para o LVA para qualquer condição de umidade. Todavia, essa prática não é recomendável nas entrelinhas de plantio, apesar de mostrar melhorias nos dados de crescimento inicial e produção, pois favorece a erosão, além de ser de alto custo e desnecessária, já que o cafeeiro necessita que se mantenha limpa apenas a área sob a projeção da copa (saia), para que as plantas daninhas não a cubram, sombreando-a ou concorrendo nas aduRonchi et al., 2001).

No centro das entrelinhas, manejos conservacionistas que proporcionam uma boa cobertura vegetal, contribuindo para o aumento da resistência à erosão e deposição de matéria orgânica devem ser os preferidos para a sustentabilidade do sistema produtivo como um todo.

TABELA 7. Teste de significância, descrito por Snedecor & Cochran (1989), entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] de um Latossolo Vermelho-Amarelo, para diferentes sistemas de controle de plantas daninhas e profundidades no centro da entrelinha.

Sistema de manejo das plantas daninhas	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha			
----- 0-3 cm -----			
Sem capina vs capina manual	H	ns	ns
Sem capina e capina manual vs pós-emergência	H	**	ns
Sem capina e capina manual vs pré-emergência	NH	*	*
Pós-emergência vs pré-emergência	NH	ns	**
----- 10 13 cm -----			
Sem capina vs pré-emergência	H	ns	ns
Capina manual vs pós-emergência	H	ns	ns
Sem capina e pré-emergência vs capina manual e pós-emergência	H	*	ns
----- 25-28 cm -----			
Sem capina vs pós-emergência	H	ns	ns
Sem capina e pós-emergência vs capina manual	H	ns	ns
Sem capina e pós-emergência e capina manual vs pré-emergência	H	ns	**

H: homogêneo; **NH:** não homogêneo; ****** significativo a 1% de probabilidade; ***** significativo a 5% de probabilidade; **ns:** não significativo.

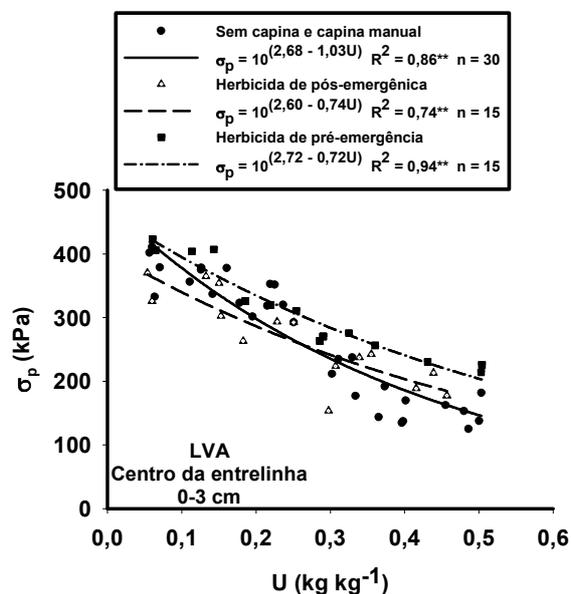


FIGURA 9. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas no centro da entrelinha, para a profundidade de 0–3 cm.

Pelos dados da Tabela 7 e da Figura 10, observa-se que os modelos CSC, quando o manejo foi realizado com HPRÉ e SC, foram iguais. Este resultado sugere que o manejo realizado com HPRÉ mantém a qualidade estrutural na profundidade de 10–13 cm, podendo-se inferir que esta condição de manejo não altera a CSC em subsuperfície.

Quando o manejo foi realizado com os sistemas de manejo CM e HPÓS, estes não apresentaram diferenças entre si. Portanto, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 10).

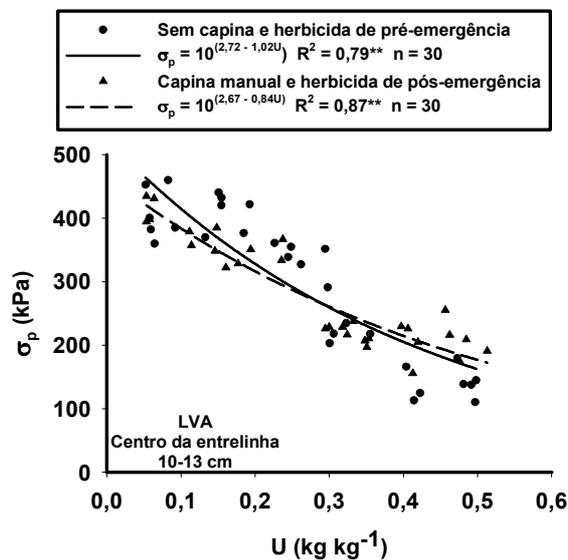


FIGURA 10. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas no centro da entrelinha, para a profundidade de 10–13 cm.

No centro das entrelinhas, os manejos SC e HPRÉ apresentaram maior CSC na profundidade de 10-13 cm (Figura 10), conseqüentemente maior resistência à compactação do que os manejos CM e HPÓS até a umidade de 0,3 kg kg⁻¹. A partir dessa faixa de umidade os manejos CM e HPÓS apresentaram maior capacidade de suporte de carga.

Para a profundidade de 25–28 cm, os modelos de CSC para os manejos SC, HPÓS e CM foram homogêneos (Tabela 7) apresentando, portanto, a mesma CSC para esta profundidade. Assim, uma nova equação foi obtida para os manejos SC, HPÓS e CM, que apresentam a mesma CSC na profundidade de 25–28 cm (Figura 11).

As condições de manejo SC, CM e HPÓS apresentaram maior CSC, para qualquer condição de umidade, quando comparadas às do manejo HPRÉ (Figura 11). Estes resultados podem ser atribuídos ao fato de o sistema radicular das

plantas daninhas permitire a infiltração de água, trocas gasosas e ciclos de umedecimento e secagem a maiores profundidades, além do quê, cultivos conservacionistas proporcionarem aumento na estabilidade estrutural, espera-se uma melhoria quanto à CSC (Sommer, 2000; Chamen et al., 2003; Assis & Lanças, 2005a; Singh & Malhi, 2006).

O manejo com o HPRÉ confere menor CSC nesta profundidade, provavelmente, por manter o solo nesta condição sem ciclos de umedecimento e secagem, o que reflete em menor CSC e maior susceptibilidade à compactação. Outro aspecto que se deve considerar é que a ausência de plantas daninhas pode impedir a concorrência por água e aumentar o armazenamento durante o período seco, que apresenta elevado déficit hídrico (Faria et al.; 1998; Alcântara et al., 2003).

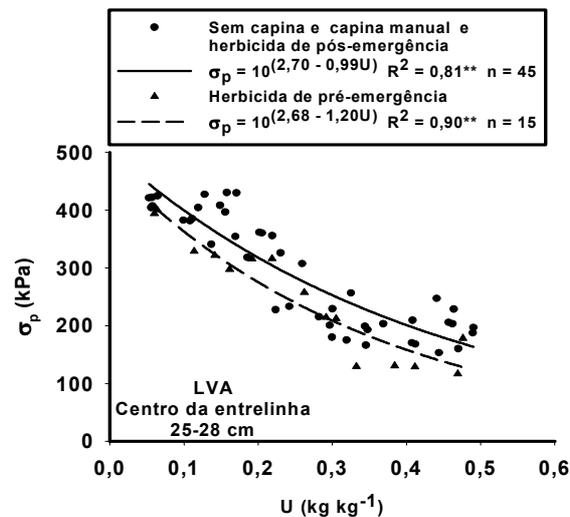


FIGURA 11. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas no centro da entrelinha, para a profundidade de 25–28 cm.

4.1.4 Matéria orgânica, densidade do solo, atributos de crescimento e produção dos cafeeiros

Pelos dados da Tabela 8, observam-se os teores de matéria orgânica nos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas, no centro das entrelinhas, para as três profundidades estudadas.

TABELA 8. Teores médios de matéria orgânica (MO) no centro das entrelinhas, em três profundidades do Latossolo Vermelho-Amarelo de Patrocínio, MG.

Sistemas de manejo das plantas daninhas centro da entrelinha	MO ¹ (dag kg ⁻¹) —profundidades—		
	0–3 cm	10–13 cm	25–28 cm
Sem capina (SC)	4.0aA	3.7aAB	3.0bB
Capina manual (CM)	3.7abAB	3.0abB	4.3aA
Herbicida de pós-emergência (HPÓS)	3.7abA	2.7 bB	2.7bB
Herbicida de Pré-emergência (HPRÉ)	3.0 bA	3.0abA	2.7bA
Métodos: C.V. (%)		7,77	
Profundidades: C.V. (%)		12,96	

MO¹ – matéria orgânica. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os erros (valor observado menos o valor estimado) foram normalmente distribuídos, segundo o teste de Shapiro-Wilk ($W = 0,96$; $Pr < W = 0,27$) e, portanto, obedecendo a uma das pressuposições básicas, validando a análise de variância (Barbin, 2003).

Os valores de MO na profundidade de 0–3 cm, para o sistema de manejo SC foram superiores ao valor encontrado para o HPRÉ, corroborando com os resultados de Alcântara & Ferreira (2000b), que indicam uma redução nos teores de matéria orgânica em lavouras cafeeiras manejadas sob herbicida de pré-emergência. Isso pode ser atribuído à ação do herbicida que age antes do

estabelecimento de qualquer espécie vegetal, impedindo o acúmulo de matéria orgânica. Observa-se, ainda, que o manejo SC proporcionou maior acúmulo de matéria orgânica na profundidade de 0–3, sendo estatisticamente igual para a profundidade de 10–13 cm e esta sendo igual a profundidade de 25–28 cm (Tabela 8).

Para o sistema de manejo CM verificou-se um maior valor de matéria orgânica na profundidade de 25–28 cm. Na profundidade de 25–28 cm, não observou-se diferença significativa em relação à profundidade de 0–3 cm, sendo esta igual a profundidade de 10–13 cm. Este comportamento da distribuição da matéria orgânica nas diferentes profundidades, pode ser atribuído às particularidades do próprio manejo com CM que proporciona a inversão das camadas, incorporando a matéria orgânica a maiores e variadas profundidades. Além disso, a superfície invertida fica exposta à oxidação da matéria orgânica (Bertoní & Lombardi Neto, 1999), promovendo uma redução nos teores de matéria orgânica, além do sistema radicular da planta daninha mutilado pelo sistema de manejo CM permanecer em profundidade, proporcionando a incorporação da matéria orgânica a maiores profundidades. Pode-se inferir que a matéria orgânica promove um alívio da CSC (Smith et al., 1997; Horn & Lebert, 1994; Assis & Lanças, 2005a) resultando em maior resistência mecânica.

O acúmulo de matéria orgânica no sistema de manejo utilizando o HPÓS foi maior na profundidade de 0–3 cm (Tabela 6). Isso pode ser atribuído ao não revolvimento do solo neste sistema de manejo e, adicionalmente, aos restos culturais das plantas daninhas que permanecem na superfície, evitando a oxidação da matéria orgânica e proporcionando maior aporte desta. Nas profundidades de 10–13 cm e 25–28 cm, não observou-se diferença significativa ($P>0,05$) entre os teores, que foram significativamente ($P<0,05$) inferiores aos encontrados na superfície.

No sistema de controle em que se utilizou HPRÉ o acúmulo de matéria orgânica não foi diferente significativamente ($P>0,05$) nas três profundidades estudadas (MO: 0–3 cm = 10–13 cm = 25–28 cm) (Tabela 8). Esse comportamento pode ser atribuído ao não revolvimento do solo e ao próprio sistema de controle não permitir o acúmulo de matéria orgânica, já que os HPRÉ agem antes da emergência das plantas daninhas inibindo o crescimento de qualquer planta na área tratada.

Nota-se, ainda na Tabela 8, que os teores de matéria orgânica na profundidade de 0–3 cm foram iguais nos sistemas de manejo das plantas daninhas SC, com CM e com HPÓS, enquanto o HPRÉ proporcionou um menor acúmulo de matéria orgânica nesta profundidade. Na profundidade de 10–13 cm, o sistema de manejo de plantas daninhas SC superou o HPÓS o qual não diferiu dos demais métodos de controle das plantas daninhas. Já na profundidade de 25–28 cm, o sistema de manejo das plantas daninhas com CM superou todos os outros métodos nesta profundidade. Isto se justifica pela ação da enxada que proporciona inversão das camadas, contribuindo para o acúmulo de matéria orgânica a maiores profundidades.

Pela Tabela 9 observa-se a média da densidade do solo inicial e a densidade do solo na σ_p nas diferentes profundidades, no centro da entrelinha. Os diferentes manejos de plantas daninha não influenciaram a densidade do solo inicial ($F=2,34$; $p>0,05$), o que coloca em dúvida o uso desta propriedade para avaliar o impacto dos diferentes manejos de plantas daninhas neste estudo. Entretanto, observou-se efeito da profundidade, sendo que, de 10–13 cm, foi a profundidade que apresentou maior densidade do solo para o centro da entrelinha.

Os erros obtidos na densidade do solo inicial no centro da entrelinha foram normalmente distribuídos, segundo o teste de Shapiro-Wilk ($W = 0,96$; $Pr<W = 0,17$), não apresentando valores discrepância nos dados.

TABELA 9. Médias da densidade do solo D_s (Mg m^{-3}), Densidade do solo na pressão de preconsolidação ($D_s\sigma_p$) e variação dessas densidades para as profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm de um LVA cultivado com cafeeiro, no centro da rua.

Profundidade	D_{si} ——— Mg m^{-3} ———	$D_s\sigma_p$	Δ (%)
0-3 cm	0.97 a	1,08a	1,11
10-13 cm	0.98 b	1,09b	1,11
25-28 cm	0.96 a	1,08a	1,12

As médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C.V = 1,94%.

A distribuição de frequência para a densidade do solo inicial no centro da entrelinha é apresentado na Figura 12. A densidade do solo representada pela função densidade de probabilidade normal foi também observada por Warrick & Nielsen (1980), Mesquita et al. (2003) e Melo Filho et al. (2006).

Na Figura 12, observa-se que os valores de D_{si} foram distribuídos em seis classes de frequência, com os valores de densidade do solo inicial variando de $0,89 \text{ Mg m}^{-3}$ a $1,03 \text{ Mg m}^{-3}$, com a maior quantidade de amostras (33,3%) encontrando-se na classe de $0,95 \text{ Mg m}^{-3}$ a $0,97 \text{ Mg m}^{-3}$. A baixa amplitude de variação nos valores de D_{si} deve-se a recente implantação do experimento, o que provoca menor variabilidade dos dados, e pode ser confirmado pelo baixo coeficiente de variação desta variável. Warrick & Nielsen (1980) classificam as propriedades físicas em três classes de coeficientes de variação: baixo (CV 7^o–10%); médio (CV 11%–62%), e alto, com valores de coeficiente de variação acima de 62%.

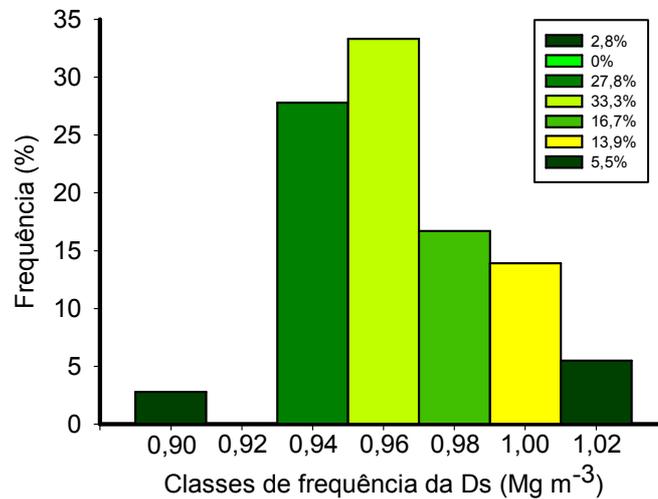


FIGURA 12. Distribuição de frequência para a Dsi, no centro da rua.

Portanto, mesmo para densidades do solo similares, dos diferentes manejos de plantas daninhas, a CSC do solo pode ser totalmente diferente. Isso pode ser confirmado pelos modelos de capacidade de suporte de carga, indicando ser a σ_p mais sensível do que a Ds no monitoramento dos impactos causados pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas. O aumento da capacidade de suporte de carga do solo pode ser justificado pelo aumento no número total de ponto de contato entre partículas simples, um aumento na pressão efetiva ou um aumento na resistência ao cisalhamento por ponto de contato. A explicação para este fato é a de que a capacidade de suporte de carga do solo não depende somente da densidade do solo, mas também da entropia livre, a qual é relacionada ao arranjo das partículas simples do agregado (Horn & Lebert, 1994). Talvez, este fato explique porque não existe consenso entre os pesquisadores sobre qual nível crítico de densidade o solo é considerado compactado.

Torres & Saraiva (1999) afirmam que a densidade do solo varia de acordo com as características do solo, sendo que em solos argilosos varia de 1,0 a 1,45 Mg m⁻³, para condições de um solo de mata e muito compactados, respectivamente e para solos arenosos, apresentam densidades variáveis entre 1,25 a 1,70 Mg m⁻³. Camargo & Alleoni (1997) consideram crítico o valor de 1,20 a 1,40 Mg m⁻³ em solos arenosos e 1,0 a 1,2 Mg m⁻³ para argilosos. Beutler et al. (2004a), em um Latossolo Vermelho de textura média, sugeriram o valor de densidade do solo de 1,62 Mg m⁻³ e este valor reduziu significativamente a produtividade do arroz de sequeiro. Para lavouras cafeeiras, Romero & Romero (2002) sugeriram como ótima caracterização física, os solos com densidade do solo de 1,2 Mg m⁻³, porosidade total de 60% do volume e 3% de carbono orgânico. Entretanto, estes autores não estabeleceram nenhuma característica do solo, abordando o assunto de uma forma generalista.

Em trabalhos com cafeeiros Conillon, obtidos tanto de mudas obtidas por sementes como por estacas, que cresciam em solos com densidades de 1,08; 1,28; 1,50, 1,73 e 1,88 Mg m⁻³, Carvalho & Silveira (1989) concluíram que ambos os tipos de mudas apresentaram a mesma capacidade de penetração no solo e nenhuma raiz conseguiu atravessar as camadas compactadas com densidades do solo de 1,73 a 1,88 Mg m⁻³. O aumento da densidade do solo promove modificações morfológicas no sistema radicular da cultura como o engrossamento das raízes.

Os valores de densidade do solo encontrados para o centro da entrelinha de plantio não mostraram-se elevados (Figura 12) o que não provocaria restrições ao sistema radicular da cultura pois, em Latossolos não compactados, os valores da densidade do solo variam de 1,0 a 1,3 Mg m⁻³ (Couto & Sans, 2002).

Considerando a necessidade de se determinar os valores de densidade do solo (Ds) acima dos quais o solo estaria compactado e que a pressão de

preconsolidação é um indicador da qualidade estrutural e da capacidade de suporte de carga do solo, Silva (2006) sugeriu que este valor seja determinado pelo valor da D_s na σ_p ($D_s\sigma_p$) (Tabela 9). Portanto, neste estudo, desenvolveu-se a função de pedotransferência para determinar a D_s acima da qual o Latossolo Vermelho-Amarelo, no município de Patrocínio, MG, estaria compactado, conforme a seguinte equação: $D_s\sigma_p = 1,12 \times D_{si}$.

Na Tabela 10 são apresentados dados de altura das plantas, diâmetro de copa e diâmetro de caule, obtidos para os anos 2000, 2002 e 2004. As produções expressas em sacas por hectare foram avaliadas para os biênios de 2001/2002 e 2003/2004, pois, no ano de 2000, não houve produção devido à idade da lavoura. As produções apresentadas de dois em dois anos deve-se ao fato de a lavoura cafeeira apresentar a característica de bienalidade (produções significativas de dois em dois anos).

Observa-se, pelos dados de altura, diâmetro de copa e diâmetro do caule, que as plantas sob os manejos HPRÉ e HPÓS tiveram maior desenvolvimento inicial pela superioridade no diâmetro do caule e altura das plantas no ano 2000. Em virtude deste desenvolvimento inicial e da ausência de matocompetição, as plantas submetidas à condição de manejo HPRÉ apresentaram maior produção (45 sacas/ha) no ano 2002, enquanto observou-se comportamento oposto para a condição de manejo SC, refletindo na menor produção (28,8 sacas/ha). Nota-se, ainda, que os cafeeiros submetidos às condições de manejo CM e SC não apresentaram diferenças entre si, para as variáveis altura e diâmetro de copa e diâmetro do caule, no ano de 2000. Entretanto, apresentaram diferenças significativas entre si, para a produção neste ano, tendo as plantas que foram submetidas a condição de manejo CM com uma produção de 37,6 sacas/ha superando a produção dos cafeeiros submetidos à condição de manejo SC, com uma produção de 28,8 sacas/ha.

Para o diâmetro de copa nos anos de 2000 e 2002, os cafeeiros sob a condição de HPRÉ foram significativamente superiores àquelas submetidas às demais condições de manejo, que não foram diferentes entre si, para o primeiro ano de avaliação. Já para o ano de 2002, o diâmetro de copa das plantas sob a condição de manejo HPÓS superou as plantas nas condições de manejo SC e CM. No ano de 2004, o diâmetro de copa das plantas submetidas as condições de manejo HPRÉ e CM superou o das plantas dos demais manejos, os quais não foram diferentes entre si.

O diâmetro do caule dos manejos com HPRÉ e HPÓS foi superior ao dos cafeeiros submetidos às condições de manejo CM e SC, os quais não diferiram entre si, no ano de 2000. Nos anos seguintes de avaliação, os diâmetros do caule foram iguais para todas as condições de manejo. Estes resultados sugerem que o diâmetro do caule não é influenciado pelos controles de plantas daninhas no centro das entrelinhas.

A análise de variância revela que houve maior variação nas produções entre os métodos de controle de plantas daninhas somente no primeiro ano de avaliação. Na condição de manejo SC, observou-se menor produção nos dois anos de avaliação. Os resultados do primeiro ano de avaliação sugerem que os métodos de controle de plantas daninhas afetam a produção da cultura somente nas primeiras safras. Esta variação na produção pode ser atribuída aos efeitos indiretos que os diferentes manejos de plantas daninhas proporcionam aos cafeeiros. Não foi possível correlacionar os dados de produção com os modelos de CSC obtidos para o centro das entrelinhas, já que a maior concentração do sistema radicular do cafeeiro encontra-se sob a saia do cafeeiro (Rena & Guimarães, 2000; Carvalho et al., 2003). Carvalho et al. (2003) avaliaram a distribuição do sistema radicular de cafeeiros da cultivar Catuaí com 4 anos de idade, espaçamento de 3,8 x 0,8 m e diâmetro de copa de 1,5 m em um Latossolo Vermelho-Amarelo no Sul de Minas Gerais. Estes autores concluíram

que mais de 90% das raízes finas do cafeeiro (raízes ativas) do cafeeiro encontravam-se na área compreendida pela saia do cafeeiro. Entretanto, os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas afetam as propriedades físicas, químicas, mecânicas e biológicas do solo no centro da entrelinha, que pode ocasionar danos ambientais e efeitos indiretos que influenciam na produtividade da lavoura cafeeira. Dentre os principais efeitos indiretos que afetam a produção, podem estar a cobertura do solo, a ausência de matocompetição, o impedimento mecânico ao sistema radicular e a erosão com o arraste de nutrientes e agroquímicos entre outros.

Observa-se pelos dados da Tabela 10, que, após o maior desenvolvimento e estabelecimento do cafeeiro, os sistemas de manejo do centro da entrelinha dos cafeeiros não afetaram as produções, corroborando com os resultados de Alcântara & Ferreira (2000b). Estas respostas podem ser atribuídas à menor erosão proporcionada após o estabelecimento da cultura, reduzindo as perdas de solo e água (Prochnow, et al., 2005) com uma maior disponibilidade de nutrientes e água, em todas as condições de manejo.

Assim, o manejo de plantas daninhas não pode ser analisado somente a partir de observações pontuais de um processo de competição por água e luz entre a planta daninha e a cultura (Faria et. al., 1998), visto que seus efeitos indiretos podem influenciar na produtividade da cultura. Portanto, o manejo das plantas daninhas nos cafezais é um conceito que tem sido enfatizado como uma forma de utilizar a presença de plantas daninhas de uma forma mais racional, evitando a concorrência direta dessas plantas com os cafeeiros e, ao mesmo tempo, utilizando a presença das mesma nas entrelinhas da lavoura para melhorar a qualidade do solo explorado (Alcântara, 1997).

Ressalta-se ainda que os danos causados em propriedades físicas, ocasionados pelos métodos de controle de plantas daninhas, não permitem inferências sobre a variação na produtividade dado ao número de variáveis que

influenciam a produtividade de culturas perenes, como o cafeeiro e a falta de respostas em produção em áreas com cafeeiros (Alcântara & Ferreira, 2000a).

Efeito no rendimento das culturas no campo ocasionado pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas aplicados à entrelinha é pequeno o que torna difícil de justificar economicamente os custos para a redução da compactação do solo. Entretanto, isso pode ser considerado, por ser de interesse da sociedade avaliar a qualidade do solo para promover a sustentabilidade da agricultura e reduzir os efeitos no ambiente (Arvidsson, 2001).

TABELA 10. Atributos de crescimento e produção de cafeeiros cultivados sob um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), localizado no município de Patrocínio-MG para os anos de 2000; 2002 e 2004.

Sistemas de Manejo Entrelinhas	— Altura da planta —			— Ø copa (cm) —			— Ø caule (cm) —			^{1/} Produção em sacas/ha ⁻¹	
	2000	2002	2004	2000	2002	2004	2000	2002	2004	01/02	03/04
Herbicida de pós-emergência (HPRÉ)	63,4 a	141,6 b	176,5 b	71,9 b	127,7 b	152,8 b	2,0 a	3,9 a	4,7 a	36,4 c	46,8 a
Herbicida de pré-emergência (HPÓS)	66,2 a	145,4 a	179,1 b	90,2 a	137,4 a	160,9 a	2,1 a	4,0 a	4,7 a	45,0 a	50,8 a
Capina manual (CM)	60,7 b	140,4 b	186,6 a	63,4 b	121,5 c	158,1 a	1,7 b	4,0 a	4,9 a	37,6 b	52,7 a
Sem Capina (SC)	56,7 b	132,4 c	174,1 b	65,1 b	120,5 c	154,4 b	1,7 b	3,7 a	4,6 a	28,8 d	31,9 b
C.V. (%)	14,1	8,4	3,18	19,2	6,3	3,5	11,1	7,5	2,81	24,1	15,8

^{1/} Exceto para o ano 2000, pois a lavoura não havia entrado em produção. As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dr. Elifas Nunes Alcântara

4.2 Modelos de capacidade de suporte de carga para a saia dos cafeeiros

Os modelos de CSC do Latossolo Vermelho-Amarelo para as profundidade de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro, foram da forma proposta por Dias Junior (1994), sendo expressos pela equação [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$], em que σ_p é a pressão de preconsolidação, U é a umidade gravimétrica e “a” e “b”, são os coeficientes de ajuste da regressão apresentados na Tabela 11. Os valores de “a” variaram de 2,55 a 2,79 e os de “b”, entre -0,51 e -1,35. Os coeficientes de determinação foram todos significativos, a 1% de probabilidade, pelo teste t-Student e variaram de 0,69 a 0,94.

TABELA 11. Modelos de capacidade de suporte de carga (CSC) para o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro.

	Modelo	R ²	Modelo	R ²	Modelo	R ²
Centro da entrelinha: sem capina						
Saia	-----0–3 cm-----		-----10–13 cm-----		-----25–28 cm-----	
RÇ	$\sigma_p = 10^{(2,61-1,00U)}$	0,82**	$\sigma_p = 10^{(2,64-0,92U)}$	0,88**	$\sigma_p = 10^{(2,67-1,17U)}$	0,80**
CM	$\sigma_p = 10^{(2,69-0,92U)}$	0,84**	$\sigma_p = 10^{(2,71-1,03U)}$	0,86**	$\sigma_p = 10^{(2,68-0,76U)}$	0,80**
HPOS	$\sigma_p = 10^{(2,64-0,71U)}$	0,81**	$\sigma_p = 10^{(2,72-1,15U)}$	0,83**	$\sigma_p = 10^{(2,68-0,72U)}$	0,81**
HPRE	$\sigma_p = 10^{(2,59-0,82U)}$	0,80**	$\sigma_p = 10^{(2,65-0,57U)}$	0,84**	$\sigma_p = 10^{(2,68-1,04U)}$	0,90**
Centro da entrelinha: capina manual						
Saia	-----0–3 cm-----		-----10–13 cm-----		-----25–28 cm-----	
RÇ	$\sigma_p = 10^{(2,71-1,13U)}$	0,88**	$\sigma_p = 10^{(2,59-0,51U)}$	0,78**	$\sigma_p = 10^{(2,69-1,00U)}$	0,81**
CM	$\sigma_p = 10^{(2,71-1,01U)}$	0,89**	$\sigma_p = 10^{(2,79-1,35U)}$	0,92**	$\sigma_p = 10^{(2,67-0,88U)}$	0,84**
HPOS	$\sigma_p = 10^{(2,71-1,15U)}$	0,89**	$\sigma_p = 10^{(2,72-1,03U)}$	0,94**	$\sigma_p = 10^{(2,64-1,02U)}$	0,89**
HPRE	$\sigma_p = 10^{(2,66-0,96U)}$	0,86**	$\sigma_p = 10^{(2,71-1,02U)}$	0,90**	$\sigma_p = 10^{(2,72-1,15U)}$	0,89**
Centro da entrelinha: herbicida de pós-emergência						
Saia	-----0–3 cm-----		-----10–13 cm-----		-----25–28 cm-----	
RÇ	$\sigma_p = 10^{(2,55-0,82U)}$	0,89**	$\sigma_p = 10^{(2,72-1,10U)}$	0,91**	$\sigma_p = 10^{(2,76-1,29U)}$	0,85**
CM	$\sigma_p = 10^{(2,64-0,85U)}$	0,83**	$\sigma_p = 10^{(2,76-1,10U)}$	0,80**	$\sigma_p = 10^{(2,70-1,10U)}$	0,83**
HPOS	$\sigma_p = 10^{(2,67-0,75U)}$	0,79**	$\sigma_p = 10^{(2,67-0,91U)}$	0,81**	$\sigma_p = 10^{(2,61-0,66U)}$	0,85**
HPRE	$\sigma_p = 10^{(2,66-0,79U)}$	0,77**	$\sigma_p = 10^{(2,72-0,85U)}$	0,83**	$\sigma_p = 10^{(2,71-0,88U)}$	0,73**
Centro da entrelinha: herbicida de pré-emergência						
Saia	-----0–3 cm-----		-----10–13 cm-----		-----25–28 cm-----	
RÇ	$\sigma_p = 10^{(2,57-0,77U)}$	0,78**	$\sigma_p = 10^{(2,59-0,71U)}$	0,69**	$\sigma_p = 10^{(2,70-0,91U)}$	0,87**
CM	$\sigma_p = 10^{(2,68-0,73U)}$	0,73**	$\sigma_p = 10^{(2,75-1,17U)}$	0,81**	$\sigma_p = 10^{(2,68-1,01U)}$	0,72**
HPOS	$\sigma_p = 10^{(2,64-0,72U)}$	0,84**	$\sigma_p = 10^{(2,71-1,03U)}$	0,86**	$\sigma_p = 10^{(2,65-0,72U)}$	0,84**
HPRE	$\sigma_p = 10^{(2,70-0,93U)}$	0,85**	$\sigma_p = 10^{(2,64-0,75U)}$	0,85**	$\sigma_p = 10^{(2,72-1,01U)}$	0,93**

RÇ: roçadora-roçacarpa; CM: capina Manual; HPOS: herbicida de pós-emergência; HPRE: herbicida de pré-emergência

4.2.1 – Modelos de CSC para o centro da entrelinha: sem capina e saia do cafeeiro, com diferentes sistemas de manejos e profundidades

Para verificar as possíveis alterações em profundidades provocadas pelos manejos roçacarpa (RÇ), capina manual (CM), herbicida de pós-emergência (HPÓS) e herbicida de pré-emergência (HPRÉ) na região da projeção da saia do cafeeiro, os modelos de CSC foram comparados nas diferentes profundidades, dentro de cada manejo (Tabela 12).

TABELA 12. Teste de significância descrito em Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] de um LVA para as profundidades dos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro.

Sistema de manejo das plantas daninha na saia do cafeeiro	Profundidade (cm)	F	F	
			Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: sem capina (SC)				
Roçacarpa (RÇ)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	ns
Capina manual (CM)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	*
Herbicida de pós-emergência (HPÓS)	(0-3) vs (10-13)	H	**	ns
	(0-3) vs (25-28)	H	ns	ns
	(0-3 e 25-28) vs (10-13)	H	*	**
Herbicida de pré-emergência (HPRÉ)	(0-3) vs (10-13)	NH	ns	*
	(0-3) vs (25-28)	H	ns	ns
	(0-3 e 25-28) vs (10-13)	NH	**	*

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo.

Na Tabela 12, observa-se que os modelos de CSC do LVA, quando o manejo foi realizado com a RÇ na saia dos cafeeiros, foram iguais para as três profundidades, indicando uma mesma CSC das profundidades. Assim, uma nova equação foi ajustada, considerando-se todos os valores de $\sigma_p \times U$, para o manejo RÇ na projeção da saia do cafeeiro (Figura 13).

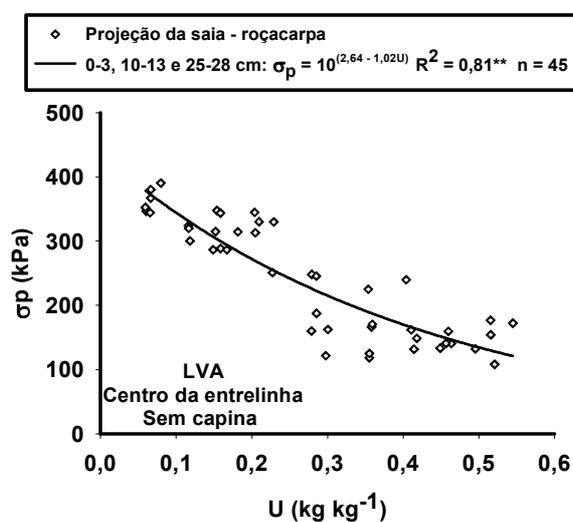


FIGURA 13. Modelo de CSC para o sistema de manejo Roçacarpa (RÇ) na projeção da saia e com o manejo sem capina (SC), no centro da entrelinha.

Quando o manejo foi realizado com a CM na projeção da saia, os modelos de CSC foram iguais, nas profundidades de 0–3 e 10–13 cm (Tabela 12), indicando uma mesma CSC devido à desestruturação das camadas pela ação das enxadas. Portanto, uma nova equação foi ajustada para todos os valores de $\sigma_p \times U$ correspondentes às profundidades de 0–3 e 10–13 cm (Figura 14). A diferença significativa entre os modelos de CSC nas diferentes profundidades indica que o manejo está alterando as pressões de preconsolidação e, conseqüentemente, a CSC do solo, evidenciando a necessidade de utilização de

modelos específicos para cada manejo e em cada profundidade, para estimar os níveis de pressões que podem ser aplicados aos solos para evitar que a compactação ocorra (Miranda et al., 2003a).

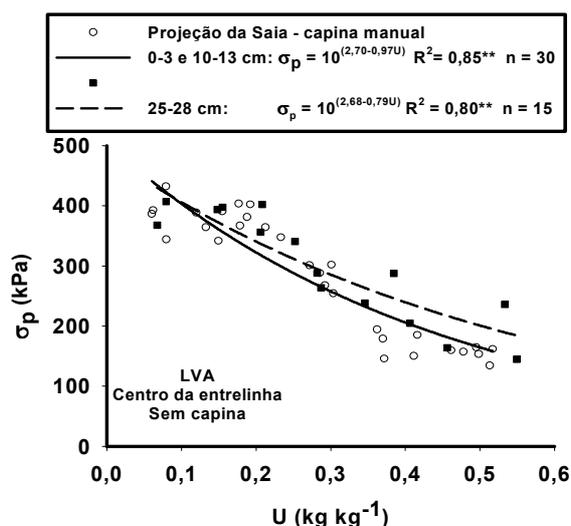


FIGURA 14. Modelo de CSC para o sistema de manejo Capina manual (CM) na projeção da saia, em combinação com o manejo sem capina (SC) no centro da entrelinha.

As profundidades de 0–3 e 10–3 cm apresentam menor CSC para qualquer condição de umidade (Figura 14), sendo, portanto, mais susceptível à compactação, quando comparado com a profundidade de 25–28 cm. Este comportamento pode ser atribuído à desagregação do solo na camada superficial (Bertoni & Lombardi Neto, 1999), provocada pelas enxadas, reduzindo a CSC do solo nessas profundidades. Apesar da profundidade de 25–28 cm ser mais resistente à compactação para todo o intervalo de umidade estudado, esta pode oferecer uma maior resistência ao desenvolvimento do sistema radicular do que as profundidades de 0–3 e 10–3 cm.

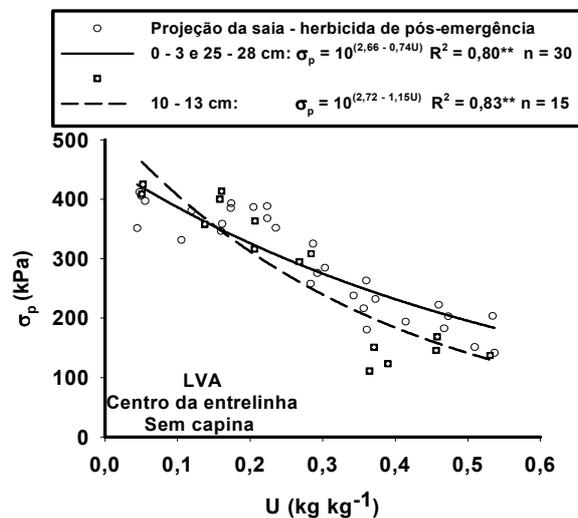


FIGURA 15. Modelo de CSC para o sistema de manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) na projeção da saia e com o manejo sem capina (SC), no centro da entrelinha.

No manejo HPÓS na projeção da saia, os modelos de CSC foram iguais nas profundidades de 0–3 e 25–28 cm (Tabela 12) sendo, portanto, uma nova equação ajustada para estas profundidades, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 15).

Na Figura 15, observa-se maior CSC nas profundidades de 0–3 e 25–28 cm para umidades maiores que 0,15 kg kg⁻¹, sendo, portanto, estas profundidades mais resistentes à compactação para umidades elevadas, comparadas à profundidade de 10–13 cm. A profundidade de 10–13 cm mostrou-se mais susceptível a compactação para umidades acima 0,15 kg kg⁻¹ e mais resistente em umidades abaixo deste valor.

Quando o manejo foi realizado com HPRÉ na projeção da saia e com o manejo HPÓS no centro da entrelinha os modelos de CSC foram iguais nas profundidades 0–3 e 25–28 cm (Tabela 12).

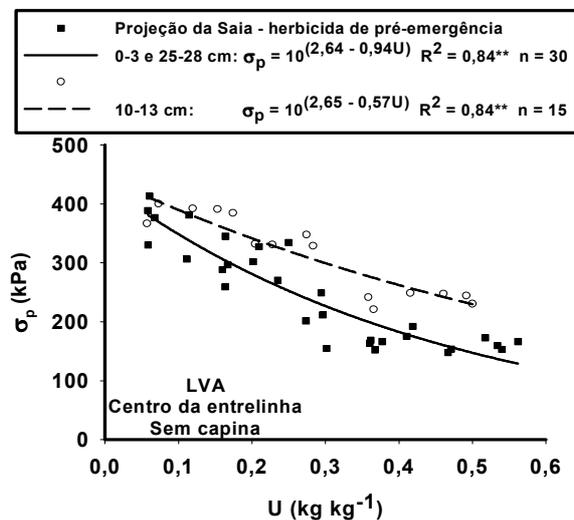


FIGURA 16. Modelo de CSC para o sistema de manejo Herbicida de Pré-emergência (HPRÉ) na projeção da saia e com o manejo sem capina (SC) no centro da entrelinha.

Assim sendo, uma nova equação foi ajustada considerando-se todos os valores de σ_p e U (Figura 16). As profundidades 0–3 e 25–28 cm foram mais susceptíveis à compactação para todo o intervalo de umidade e a profundidade de 10–13 cm mais resistente à compactação para o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro. Na saia do cafeeiro sob o sistema de manejo HPRÉ, não foi observada a formação do selamento superficial tão evidente, como foi observado para o centro da entrelinha. Estes resultados evidenciam que a formação de selamento superficial deve-se à quebra dos agregados, resultante do impacto direto das gotas de chuva (Agassi et al., 1985; Bertoni & Lombardi Neto, 1999; Shaefer et al., 2002). Já na saia do cafeeiro não ocorre o impacto direto das gotas de chuva, devido à proteção física oferecida pelas plantas e não foi observado aumento da resistência mecânica na profundidade de 0–3 cm.

4.2.2 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e sem capina no centro da entrelinha

Para verificar as possíveis alterações provocadas pelos diferentes sistemas de manejo na projeção da saia do cafeeiro, os modelos de CSC dos diferentes sistemas de manejo foram comparados entre si (Tabela 13).

TABELA 13 Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] do LVA para diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na projeção da saia do cafeeiro e centro da entrelinha com o manejo sem capina.

Projeção da saia	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: sem capina (SC)			
RÇ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) vs HPRÉ (0-3 e 25-28 cm)	H	ns	ns
HPÓS (0-3 e 25-28 cm) vs CM (25-28 cm)	H	ns	ns
HPÓS (10-13 cm) vs CM (0-3 e 10-13 cm)	H	ns	ns
RÇ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3 e 25-28 cm) vs CM (0-3 e 10-13 cm)	H	ns	**
RÇ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3 e 25-28 cm) vs HPÓS (0-3 e 25-28 cm)	NH	ns	**
RÇ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3 e 25-28 cm) vs HPRÉ (10-13 cm)	NH	*	**
RÇ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3 e 25-28 cm) vs HPÓS (0-3 e 25-28 cm) e CM (25-28 cm)	NH	ns	**
RÇ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3 e 25-28 cm) vs HPÓS (10-13 cm) e CM (0-3 e 10-13 cm)	H	*	**
HPÓS (0-3 e 25-28 cm) e CM (25-28 cm) vs HPRÉ (10-13 cm)	H	*	ns
HPRÉ (0-3 e 25-28 cm) e CM (25-28 cm) vs HPÓS (10-13 cm) e CM (0-3 e 10-13 cm)	H	**	**
HPÓS (10-13 cm) e CM (0-3 e 10-13 cm) vs HPRÉ (10-13 cm)	NH	**	**

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçadora-roçacarpa; CM: capina manual; HPOS: herbicida de pós-emergência; HPRE: herbicida de pré-emergência

Na Tabela 13, observa-se que os seguintes modelos de CSC do LVA foram iguais: a) RÇ profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm, HPRÉ profundidades 0–3 e 25–28 cm; b) HPÓS profundidades 0–3 e 25–28 cm e CM profundidade 25–28 cm; c) HPÓS profundidade 10–13 cm e CM profundidades 0–3 e 10–13 cm, indicando uma mesma CSC para cada condição. Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U, obtendo-se um novo modelo de CSC para cada condição (Figura 17).

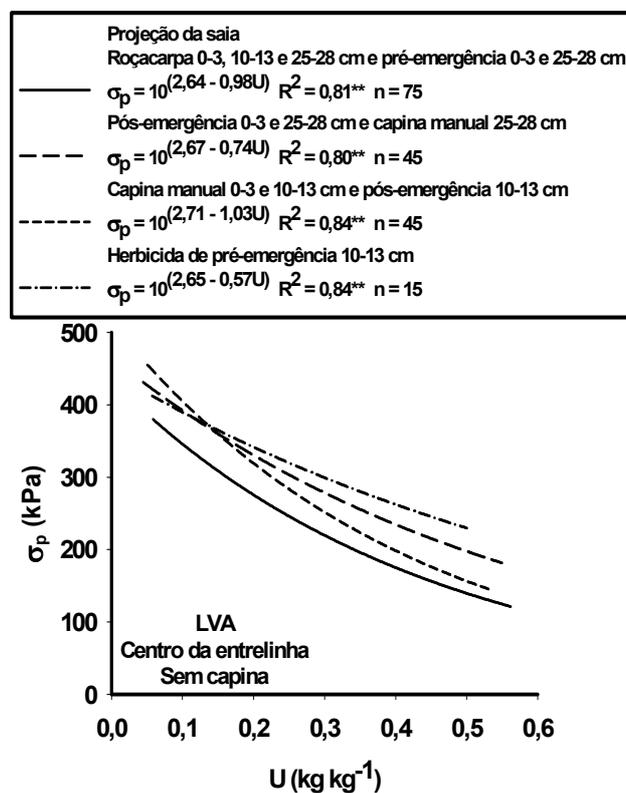


FIGURA 17. Modelos de CSC do LVA submetidos a diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, com o manejo sem capina (SC).

Quando o manejo das plantas daninhas foi realizado com RÇ profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm e HPRÉ profundidades 0–3 e 25–28 cm, apresentaram menor CSC do solo para qualquer umidade (Figura 17). Portanto, esses sistemas de manejo são mais suscetíveis à compactação e, em contrapartida, podem ser menos restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular da cultura.

O manejo realizado com HPRÉ na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha SC, na profundidade 10–13 cm, apresentou maior CSC do solo para umidades superiores a $0,15 \text{ kg kg}^{-1}$. Este manejo é o mais resistente à compactação do solo em umidades elevadas. Entretanto, o sistema de manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) pode ser mais restritivo ao sistema radicular da cultura, na profundidade de 10–13 cm.

Os modelos de CSC do solo para os manejos HPÓS profundidades 0–3 e 25–28 cm e CM profundidade 25–28 cm apresentaram-se mais resistente à compactação, até a umidade de $0,15 \text{ kg kg}^{-1}$. Após esta umidade, estes sistemas de manejo foram mais susceptíveis do que HPRÉ a profundidade 10–13 cm, HPÓS profundidades 0–3 e 25–28 cm e CM profundidade 25–28 cm e mais resistentes do que os manejos RÇ profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm e HPRÉ profundidades 0–3 e 25–28 cm (Figura 17). Portanto, a CSC dos diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro das entrelinhas SC decresce de maneira geral: HPRÉ profundidade 10–13 cm > HPÓS profundidades 0–3 e 25–28 cm = CM profundidades 25–28 cm > CM profundidades 0–3 e 10–13 cm = HPÓS profundidade 10–13 cm > RÇ profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm = HPRÉ profundidades 0–3 e 25–28 cm.

4.2.3 Modelos de CSC para o centro da entrelinha: capina manual e saia do cafeeiro com diferentes sistemas de manejo e profundidades

Na Tabela 14, encontra-se o teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989), para as diferentes profundidades dentro de cada sistema de manejo na saia do cafeeiro e no centro das entrelinhas capina manual (CM).

TABELA 14. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] de um LVA para as profundidades dos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro para entrelinha com capina manual (CM).

Sistema de manejo das plantas daninha na saia do cafeeiro	Profundidade (cm)	F	F	
			Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: capina manual (CM)				
Roçacarpa (RÇ)	(0-3) vs (10-13)	NH	*	ns
	(0-3) vs (25-28)	H	ns	ns
	(0-3 e 25-28) vs (10-13)	NH	**	**
Capina manual (CM)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	**	ns
Herbicida de pós-emergência (HPÓS)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	*
Herbicida de pré-emergência (HPRE)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	ns

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo.

Os modelos de CSC do solo nas profundidades de 0–3 e 25–28 cm para o manejo roçacarpa (RÇ) na saia do cafeeiro foram iguais (Tabela 14). Portanto, uma nova equação foi ajustada, considerando-se todos os valores de $\sigma_p \times U$ (Figura 18). A profundidade 10–13 cm apresenta diferença entre as profundidades de 0–3 e 25–28 cm, quando o manejo das plantas daninhas foi realizado com RÇ na projeção da saia e o manejo CM no centro da entrelinha (Tabela 14). Este resultado pode ser atribuído à peculiaridade do manejo, que proporciona a desagregação das camadas superficiais e pode induzir a aplicação de pressões às camadas inferiores. Resultados semelhantes foram encontrados por Alcântara & Ferreira (2000b), avaliando enxada rotativa.

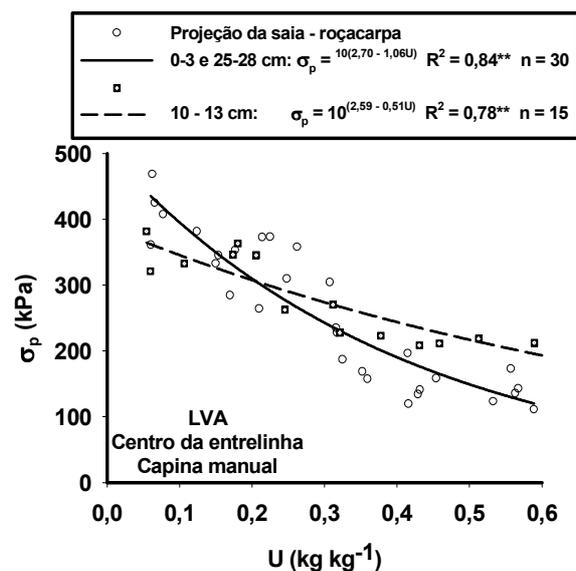


FIGURA 18. Modelo de CSC para o sistema de manejo roçacarpa (RÇ) na projeção da saia em combinação com o manejo capina manual (CM), no centro da entrelinha.

A profundidade de 10–13 cm apresentou menor CSC para umidades inferiores a 0,20 kg kg⁻¹ (Figura 18). Para umidades superiores a 0,20 kg kg⁻¹, o comportamento das profundidades foi invertido, passando a profundidade de 10–13 cm a ser a mais resistente à compactação e as profundidades 0–3 e 25–28 cm as mais susceptíveis à compactação em umidades elevadas.

Para o sistema de manejo CM na projeção da saia e no centro das entrelinhas manejo CM, as profundidades de 0–3 e 10–13 cm foram iguais, quanto a CSC (Tabela 14). A homogeneização destas camadas deve-se ao fato de o manejo promover a desagregação das camadas superiores (Bertoni & Lombardi Neto, 1999), homogeneizando a estrutura quanto à CSC. Devido a isso, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U para as profundidades de 0–3 e 10–13 cm (Figura 19). A profundidade de 25–28 cm é a mais susceptível à compactação para umidades menores que 0,30 kg kg⁻¹. Para umidades elevadas, esta profundidade passa a ser a mais resistente à compactação.

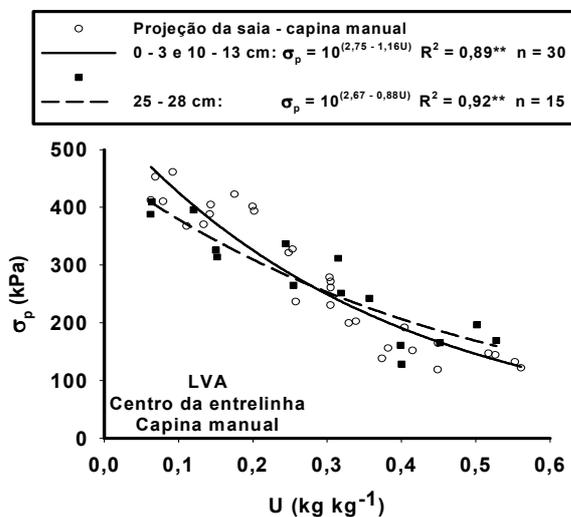


FIGURA 19. Modelo de CSC para o sistema de manejo capina manual (CM) na projeção da saia e com o manejo capina manual (CM), no centro da entrelinha.

Os modelos de CSC foram iguais para o manejo HPÓS na projeção da saia, nas profundidades de 0–3 e 10–13 cm (Tabela 14). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U, obtendo-se um único modelo de CSC para as profundidades de 0–3 e 10–13 cm. As profundidades 0–3 e 10–13 cm apresentaram-se mais resistentes à compactação para toda a faixa de umidade estudada, quando comparada à profundidade de 25–28 cm (Figura 20). Espera-se uma redução da resistência mecânica do solo imposta ao sistema radicular da cultura para solos com menores CSC. Entretanto, o sistema torna-se mais susceptível a compactação na profundidade de 25–28 cm.

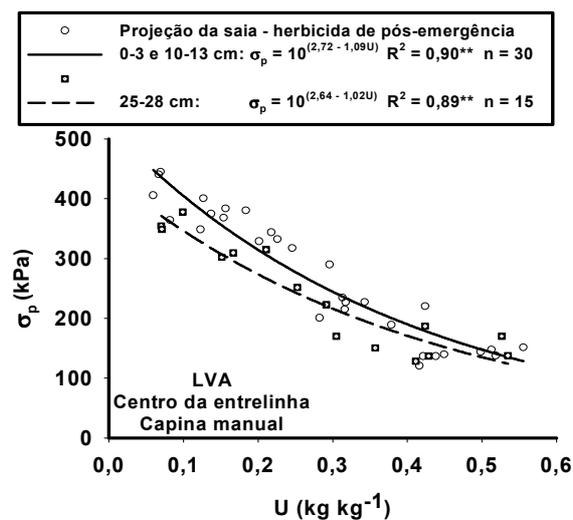


FIGURA 20. Modelo de CSC para o sistema de manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) na projeção da saia e com o manejo capina manual (CM), no centro da entrelinha.

Os modelos de CSC do LVA, quando se utilizou o sistema de manejo HPRÉ no controle de plantas daninhas na saia do cafeeiro e na entrelinha CM, foram iguais para as diferentes profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm

(Tabela 14). Portanto, uma nova equação foi ajustada, considerando-se todos os valores de σ_p e U, obtendo-se um único modelo de CSC para as três profundidades (Figura 21). Ressalta-se, ainda, que não foi observado o aumento da resistência mecânica na camada superficial, em virtude da aplicação do HPRÉ pois os modelos de CSC foram iguais para as três profundidades que indica que o manejo não está alterando a pressão de preconsolidação nas diferentes profundidades para este sistema de manejo de plantas daninhas na projeção da saia do cafeeiro.

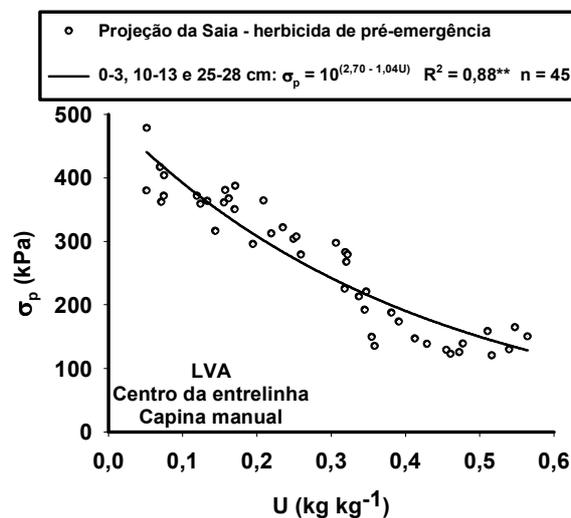


FIGURA 21. Modelo de CSC para o sistema de manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) na projeção da saia e com o manejo capina manual (CM), no centro da entrelinha.

4.2.4 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e capina manual no centro da entrelinha

Para verificar as possíveis alterações provocadas pelos diferentes sistemas de manejo RÇ, CM, HPÓS e HPRÉ na saia do cafeeiro, com o manejo CM no centro das entrelinhas, os modelos de CSC dos diferentes sistemas de manejo foram comparados entre si (Tabela 15).

TABELA 15. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] do LVA para diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro e com o manejo capina manual no centro da entrelinha.

Sistemas de manejo das plantas daninhas projeção da saia do cafeeiro	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: capina manual			
RÇ (0-3 e 25-28 cm) vs HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm)	H	ns	ns
RÇ (0-3 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) vs HPÓS (0-3 e 10-13 cm)	H	ns	ns
RÇ (0-3 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPÓS (0-3 e 10-13 cm) vs CM (0-3 e 10-13 cm)	H	ns	ns
RÇ (0-3 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPÓS (0-3 e 10-13 cm) vs HPÓS (25-28 cm)	H	ns	*
CM (25-28 cm) vs HPÓS (25-28 cm)	H	ns	*
CM (25-28 cm) vs RÇ (10-13 cm)	NH	**	**
HPÓS (25-28 cm) vs RÇ (10-13 cm)	H	**	**
RÇ (0-3 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPÓS (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 e 10-13 cm) vs CM (25-28 cm)	H	ns	*
RÇ (0-3 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPÓS (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 e 10-13 cm) vs RÇ (10-13 cm)	H	**	**
RÇ (0-3 e 25-28 cm) e HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) e HPÓS (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 e 10-13 cm) vs HPÓS (25-28 cm)	H	ns	*

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçadora-roçacarpa; CM: capina Manual; HPÓS: herbicida de pós-emergência; HPRÉ: herbicida de pré-emergência.

Os sistemas de manejo RÇ nas profundidades 0-3 e 25-28 cm, HPRÉ nas profundidades 0-3, 10-13 e 25-28 cm, HPÓS nas profundidades 0-3, 10-13 cm e CM nas profundidades 0-3 e 10-13 cm e no centro da entrelinha CM foram iguais quanto à CSC do solo. Portanto, uma nova equação foi ajustada,

considerando todos os valores de $\sigma_p \times U$, obtendo-se uma única equação (Figura 22).

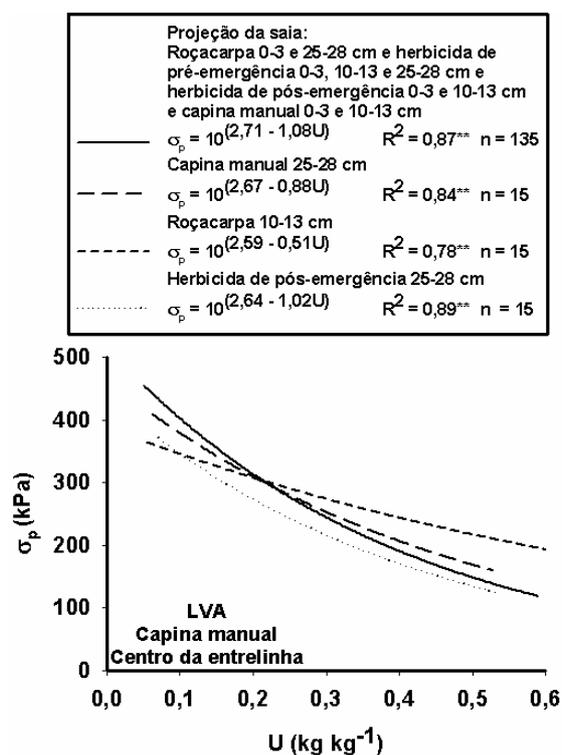


FIGURA 22. Modelos de CSC do LVA para a saia dos cafeeiros submetidos a diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas e com o manejo capina manual (CM), no centro da entrelinha.

Os modelos de CSC para os manejos CM na profundidade 25–28 cm, RÇ na profundidade 10–13 cm e HPÓS na profundidade 25–28 cm e na entrelinha CM foram diferentes estatisticamente entre si e entre os demais sistemas de manejo (Tabela 15).

No gráfico da Figura 22, observa-se uma menor CSC para o manejo HPÓS na profundidade 25–28 cm na saia do cafeeiro e na entrelinha CM para

umidades superiores a $0,10 \text{ kg kg}^{-1}$. Para umidades menores que $0,10 \text{ kg kg}^{-1}$, o manejo realizado com RÇ na profundidade 10–13 cm confere menor CSC ao LVA. Observa-se, ainda, que os manejos RÇ, nas profundidades 0–3 e 25–28 cm, HPRÉ, nas profundidades 0–3 e 10–13 e 25–28 cm, HPÓS, nas profundidades 0–3 e 10–13, CM, nas profundidades 0–3 e 10–13 cm apresentaram maior CSC para umidades menores do que $0,20 \text{ kg kg}^{-1}$, sendo estes sistemas mais resistentes à compactação em baixas umidades. Para umidades maiores do que $0,20 \text{ kg kg}^{-1}$, o manejo RÇ na profundidade 10–13 cm apresentou maior CSC, conseqüentemente maior resistência à compactação e também maior restrição ao sistema radicular da cultura.

Portanto, a CSC dos diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro das entrelinhas CM decresce de maneira geral: RÇ na profundidade 10–13 cm > CM na profundidade 25–28 cm > RÇ nas profundidades 0–3 e 25–28 cm = HPRÉ nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm = HPÓS nas profundidades 0–3 e 10–13 cm = CM nas profundidades 0–3 e 10–13 cm.

4.2.5 Modelos de CSC para o centro da entrelinha: herbicida de pós-emergência e saia do cafeeiro com diferentes sistemas de manejo e profundidades.

Para verificar as possíveis alterações provocadas pelo manejo em profundidade na região da saia do cafeeiro, os modelos de CSC dos diferentes sistemas de manejo e com o manejo HPÓS no centro da entrelinha foram comparados, utilizando-se os procedimentos descritos por Snedecor & Cochran (1989) e estão apresentados na Tabela 16.

O sistema de manejo RÇ na projeção da saia do cafeeiro com HPÓS no centro da entrelinha (Tabela 16) apresentou alterações estruturais nas diferentes profundidades.

TABELA 16. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] de um LVA para as profundidades dos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro e com o manejo Herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da entrelinha.

Sistema de manejo das plantas daninha na saia do cafeeiro	Profundidade (cm)	F	F	
			Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: herbicida de pós-emergência (HPÓS)				
Roçacarpa (RÇ)	(0-3) vs (10-13)	H	**	**
	(0-3) vs (25-28)	H	**	*
	(10-13) vs (25-28)	H	ns	ns
	(0-3) vs (10-13 e 25-28)	*	**	**
Capina manual (CM)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	ns
Herbicida de pós-emergência (HPÓS)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	ns
Herbicida de pré-emergência (HPRÉ)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	ns

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo.

A desagregação da camada superficial (0-3 cm) ficou bem evidente, resultando em menor CSC para todo o intervalo de umidade considerado (Figura 23). As profundidades de 10-13 e 25-28 cm foram iguais quanto a CSC; assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando-se todos os valores de σ_p e U, obtendo-se um único modelo de CSC para estas profundidades que apresentaram elevada CSC, quando comparada com a camada superficial (Figura 23).

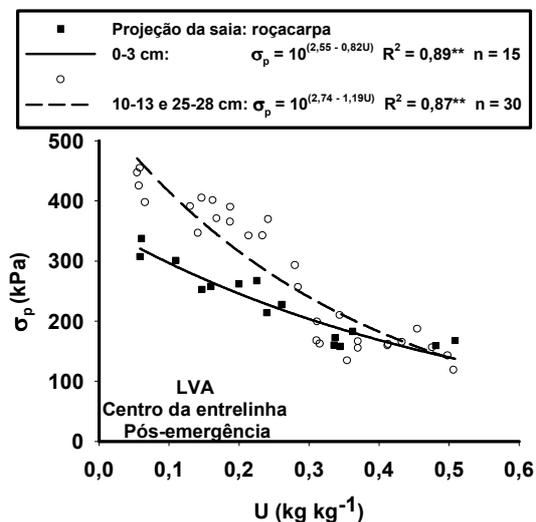


FIGURA 23. Modelo de CSC para o sistema de manejo roçacarpa (RÇ) na projeção da saia e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS), no centro da entrelinha.

A maior CSC das profundidades 10–13 e 25–28 cm, comparada com a profundidade de 0–3 cm, torna este sistema mais resistente à compactação nas camadas inferiores e mais susceptível na camada superficial. Este resultado pode ser atribuído à desagregação da camada superficial e aplicação de pressão exercida pelo equipamento, compactando as camadas inferiores, já que a ação dos equipamentos que trabalham em contato direto com o solo induz a sua compactação (Araújo Junior, 2004; Silva et al., 2003). Portanto, a utilização do sistema de manejo RÇ na região da saia do cafeeiro induz maior resistência mecânica em profundidade, podendo ser restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular da cultura nas profundidades de 10–13 e 25–28 cm.

Os modelos de CSC do LVA para os sistemas de manejo CM, HPÓS e HPRÉ na saia do cafeeiro e com o manejo HPÓS no centro da entrelinha foram iguais nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm indicando uma mesma CSC (Tabela 16). A homogeneização da CSC do solo nos sistemas de manejos

manejo CM e HPÓS deve-se à influência do sistema radicular das plantas daninhas que, ao se decomporem, formam bioporos, aumentando a infiltração de água e promovendo uma redução na resistência mecânica do solo. A não significância entre as profundidades pode ser atribuída, adicionalmente, a operações realizadas no plantio da lavoura, causando homogeneização das camadas do solo e de sua CSC, corroborando com os resultados obtidos por Miranda et al. (2003b). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando-se todos os valores de σ_p e U em cada sistema de manejo, obtendo-se um único modelo de CSC para todas as profundidades (Figura 24, 25 e 26).

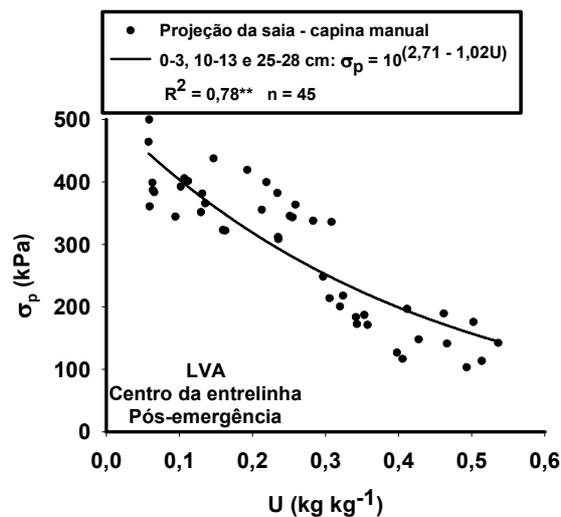


FIGURA 24. Modelo de CSC para o sistema de manejo capina manual (CM) na projeção da saia e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS), no centro da entrelinha.

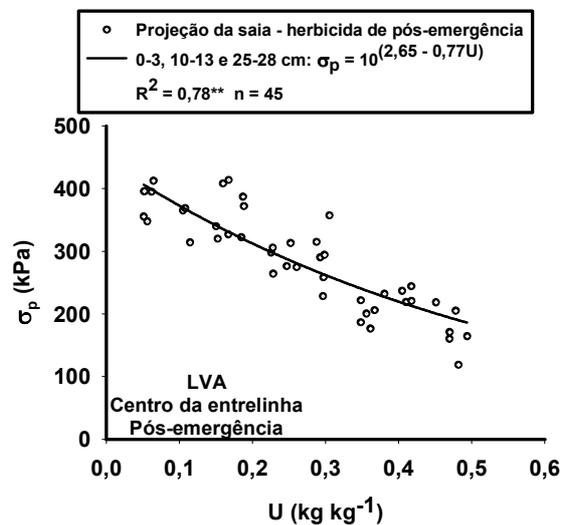


FIGURA 25. Modelo de CSC para o sistema de manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) na projeção da saia e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS), no centro da entrelinha.

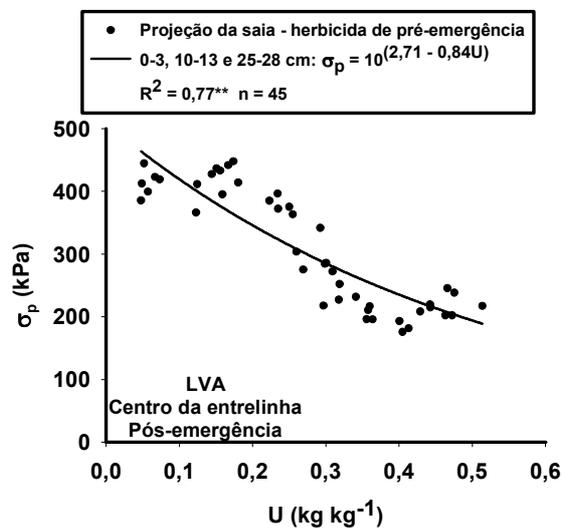


FIGURA 26. Modelo de CSC para o sistema de manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) na projeção da saia e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS), no centro da entrelinha.

No manejo HPRÉ a homogeneização da CSC deve-se às operações de preparo do solo na implantação da lavoura que promoveu uma homogeneização das camadas do solo, visto que, neste manejo, as aplicações do herbicida foram feitas com aplicação manual, não induzindo, portanto, pressões na região da saia do cafeeiro. Assim, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U, obtendo-se um único modelo de CSC para todas as profundidades (Figura 26). Resultados semelhantes foram encontrados por Miranda et al. (2003a,b) e Silva et al. (2006), quando avaliaram diferentes Latossolos submetidos a operações de aração e gradagem para a implantação da lavoura cafeeira e o desmatamento da área.

4.2.6 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e herbicida de pós-emergência, no centro da entrelinha

Para verificar as possíveis alterações na saia do cafeeiro pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da entrelinha, os modelos de CSC foram comparados entre si (Tabela 17).

Os modelos de CSC, quando o manejo das plantas daninhas foi realizado na saia do cafeeiro utilizando os sistemas RÇ nas profundidades 10–13 e 25–28 cm e CM nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm, foram iguais (Tabela 17). Portanto, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U, obtendo-se um único modelo de CSC (Figura 27).

Observa-se, pela Figura 27, que a CSC dos diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro das entrelinhas HPÓS decresce de maneira geral: HPRÉ nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm > HPÓS nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm > RÇ nas profundidades 10–13 e 25–28 cm = CM nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm > RÇ na profundidade 0–3 cm.

TABELA 17. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] do LVA para diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS), no centro da entrelinha.

Sistemas de manejo das plantas daninhas projeção da saia do cafeeiro	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: herbicida de pós-emergência (HPÓS)			
RÇ (10–13 e 25–28 cm) vs CM (0–3, 10–13 e 25–28 cm)	H	ns	ns
RÇ (10–13 e 25–28 cm) e CM (0–3, 10–13 e 25–28 cm) vs RÇ (0–3 cm)	NH	**	**
RÇ (10–13 e 25–28 cm) e CM (0–3, 10–13 e 25–28 cm) vs HPRÉ (0–3, 10–13 e 25–28 cm)	H	**	**
RÇ (10–13 e 25–28 cm) e CM (0–3, 10–13 e 25–28 cm) vs HPÓS (0–3, 10–13 e 25–28 cm)	NH	**	ns
RÇ (0–3 cm) vs HPRÉ (0–3, 10–13 e 25–28 cm)	H	ns	**
RÇ (0–3 cm) vs HPÓS (0–3, 10–13 e 25–28 cm)	H	ns	**
HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) vs HPÓS (0-3, 10-13 e 25-28 cm)	H	ns	**
HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) vs CM (0–3, 10–13 e 25–28 cm)	H	*	**
HPRÉ (0-3, 10-13 e 25-28 cm) vs RÇ (10–13 e 25–28 cm)	H	**	**

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçadora-roçacarpa; CM: capina manual; HPOS: herbicida de pós-emergência; HPRE: herbicida de pré-emergência.

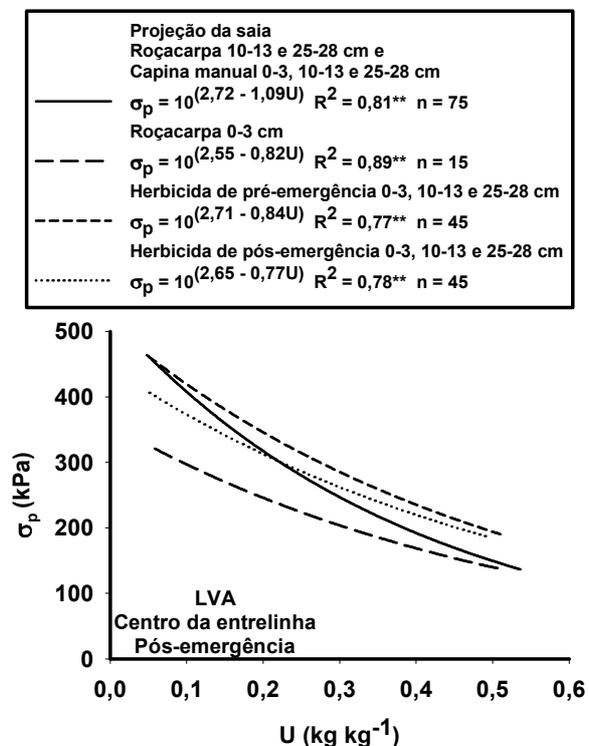


FIGURA 27. Modelos de CSC do LVA para a saia dos cafeeiros submetidos a diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) centro da entrelinha.

Os sistemas de manejo das plantas daninhas RÇ na profundidade 0–3 cm; HPRÉ nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm; HPÓS nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm foram estatisticamente diferentes, quando comparados entre si (Tabela 17). A diferença significativa entre os modelos de CSC indica que os sistemas de manejo de plantas daninhas estão alterando as pressões de preconsolidação na saia do cafeeiro e com o manejo HPÓS no centro da entrelinha (Figura 27). Portanto, há necessidade de utilização de modelos específicos para cada manejo, para estimar os níveis de pressões que podem ser aplicados aos solos para evitar que a compactação ocorra.

No gráfico da Figura 27, observa-se uma menor CSC para toda a faixa de umidade no sistema de manejo RÇ na profundidade de 0–3 cm. Este resultado deve-se à desagregação da camada superficial proporcionada pela ação das facas do implemento, que ao carpirem as plantas daninhas, promovem a desestruturação do solo na superfície e podem induzir à aplicação de pressões a maiores profundidades.

Comportamento oposto ao manejo RÇ na profundidade de 0–3 cm, foi observado para o modelo de CSC do sistema de manejo HPRÉ nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm, em que observa-se maior CSC para todo intervalo de umidade estudado (Figura 27). De acordo com Rena & Guimarães (2000), Dias Junior (2000), Imhoff et al. (2001); Kondo (2003) e Lima et al. (2004) uma maior CSC resulta em maior resistência mecânica imposta ao sistema radicular da cultura. Portanto, o solo sob o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro e HPÓS no centro da entrelinhas podem afetar a expansão do sistema radicular e o transporte de água e de assimilados das raízes para a parte aéreas dos cafeeiros (Rena & Guimarães, 2000).

O modelo de CSC para os sistemas de manejo (RÇ) profundidades 10–13 e 25–28 cm e capina manual (CM) profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm foram iguais entre si, apresentando maior CSC do que o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm até a umidade de $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$ (Figura 27). Para umidades maiores que $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$, o modelo de CSC do manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) apresentou maior CSC do que os sistemas de manejo (RÇ) profundidades 10–13 e 25–28 cm e capina manual (CM) profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm.

4.2.7 Modelos de CSC para o centro das entrelinhas: herbicida de pré-emergência e saia dos cafeeiros com diferentes sistemas de manejo e profundidades

Para verificar as possíveis alterações provocadas pelos manejos em profundidade, na saia do cafeeiro, os modelos de CSC das diferentes profundidades foram comparados entre si (Tabela 18).

TABELA 18. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] de um LVA para as diferentes profundidades dos sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ), no centro das entrelinhas.

Sistema de manejo das plantas daninha na saia do cafeeiro	Profundidade (cm)	F	F	
			Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: herbicida de pré-emergência (HPRÉ)				
Roçacarpa (RÇ)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	NH	ns	**
Capina Manual (CM)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	ns
Herbicida de Pós-emergência (HPÓS)	(0-3) vs (10-13)	H	**	ns
	(0-3) vs (25-28)	H	ns	ns
	(0-3 e 25-28) vs (10-13)	H	*	ns
Herbicida de Pré-emergência (HPRÉ)	(0-3) vs (10-13)	H	ns	ns
	(0-3 e 10-13) vs (25-28)	H	ns	ns

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo.

Os modelos de CSC do LVA, quando submetidos ao manejo na saia dos cafeeiros com a RÇ nas profundidades de 0–3 e 10–13 cm, e com o manejo HPRÉ no centro das entrelinhas, foram iguais (Tabela 18). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 28).

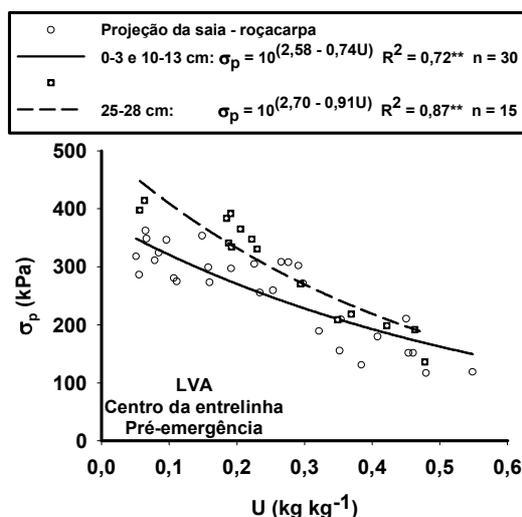


FIGURA 28. Modelo de CSC para o sistema de manejo roçacarpa (RÇ) na projeção da saia e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha.

A profundidade de 25–28 cm é mais resistente à compactação para todo o intervalo de umidade (Figura 28), o que pode ser mais restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular dos cafeeiros nesta profundidade. Este resultado pode ser atribuído à aplicação de pressões exercidas pelo equipamento, elevando a resistência mecânica do solo. Para o manejo RÇ na saia do cafeeiro, observa-se uma menor CSC para as profundidades de 0–3 e 10–13 cm, para todo o intervalo de umidade (Figura 28), evidenciando o efeito da desagregação das camadas superficiais, promovendo um alívio da CSC do LVA (Figura 29).



FIGURA 29. Detalhe da ação do equipamento roçacarpa (RÇ) na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha. **Fonte:** Dr. Elifas Nunes Alcântara

Os modelos de CSC do LVA, quando o manejo foi realizado com CM e HPRÉ na saia do cafeeiro e com o manejo HPRÉ no centro da entrelinha, foram iguais para as três profundidades, indicando uma homogeneização das camadas do solo quanto à CSC (Tabela 18). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada para cada manejo, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 30 e 32).

Para o manejo HPÓS na saia do cafeeiro e com o manejo HPRÉ o comportamento das camadas foram diferentes estatisticamente entre as profundidades 0–3 e 10–13 cm. Os modelos de CSC nas profundidades de 0–3 e 25–28 cm foram iguais (Tabela 18). Portanto, uma nova equação foi ajustada, para as profundidades 0–3 e 25–28 cm (Figura 31).

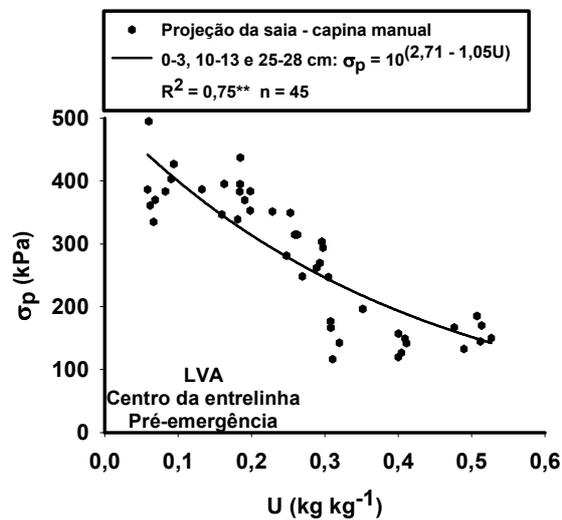


FIGURA 30. Modelo de CSC para o sistema de manejo capina manual (CM) na projeção da saia e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ), no centro da entrelinha.

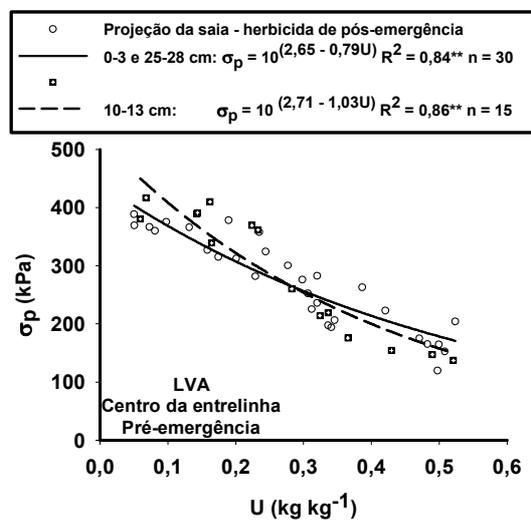


FIGURA 31. Modelo de CSC para o sistema de manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) na projeção da saia e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha.

Os modelos de CSC para o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) na saia do cafeeiro e herbicida de pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha nas profundidades de 0–3 e 25–28 cm apresentaram menor CSC até a umidade de 0,28 kg kg⁻¹ do que a profundidade de 10–13 cm. E a partir desta umidade, ocorreu a inversão da CSC, passando a ser estas profundidades mais resistentes à compactação do que a profundidade de 10–13 cm (Figura 31).

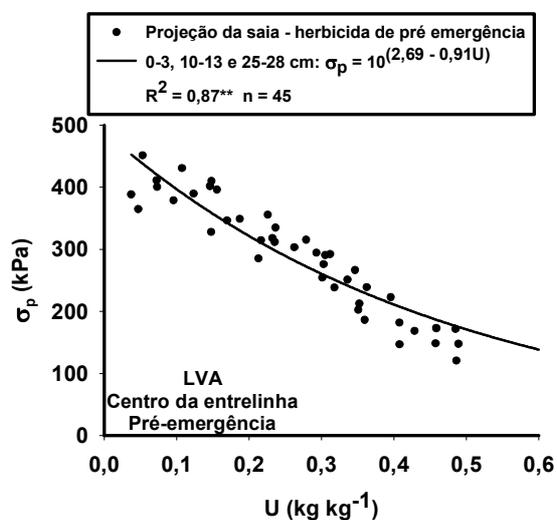


FIGURA 32. Modelo de CSC para o sistema de manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) na projeção da saia e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ), no centro da entrelinha.

Para o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro e HPRÉ no centro da entrelinha a não significância entre as profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm indica uma homogeneização da estrutura quanto à CSC (Figura 32).

4.2.8 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e herbicida de pré-emergência no centro da entrelinha

Para verificar as possíveis alterações na região da saia do cafeeiro, provocadas pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha, os modelos de CSC foram comparados entre si (Tabela 19).

TABELA 19. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a+bU)}$] do LVA para os sistemas de manejo das plantas daninhas e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ), no centro das entrelinhas.

Sistemas de manejo das plantas daninhas projeção da saia do cafeeiro	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: herbicida de pré-emergência (HPRÉ)			
RÇ (25–28 cm) vs HPRÉ (0–3, 10–13 e 25–28 cm)	H	ns	ns
RÇ (25–28 cm) e HPRÉ (0–3, 10–13 e 25–28 cm) vs HPÓS (10–13 cm)	H	ns	ns
RÇ (25–28 cm) e HPRÉ (0–3, 10–13 e 25–28 cm) e HPÓS (10–13 cm) vs CM (0–3, 10–13 e 25–28 cm)	H	ns	*
RÇ (25–28 cm) e HPRÉ (0–3, 10–13 e 25–28 cm) e HPÓS (10–13 cm) vs HPÓS (0–3, e 25–28 cm)	H	*	ns
RÇ (25–28 cm) e HPRÉ (0–3, 10–13 e 25–28 cm) e HPÓS (10–13 cm) vs RÇ (0–3 e 10–13 cm)	H	ns	**
RÇ (0–3 e 10–13 cm) vs HPÓS (0–3 e 25–28 cm)	H	ns	**
CM (0–3, 10–13 e 25–28 cm) vs HPÓS (10–13 cm)	NH	ns	ns

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçadora-roçacarpa; CM: capina Manual; HPOS: herbicida de pós-emergência; HPRE: herbicida de pré-emergência.

Quando o manejo foi realizado com a RÇ na profundidade 25–28 cm, HPRÉ nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm e HPÓS na profundidade 10–13 cm, os modelos de CSC foram iguais, indicando uma mesma CSC das profundidades (Tabela 19). Assim sendo, uma nova equação foi gerada considerando-se todos os valores de σ_p e U (Figura 33).

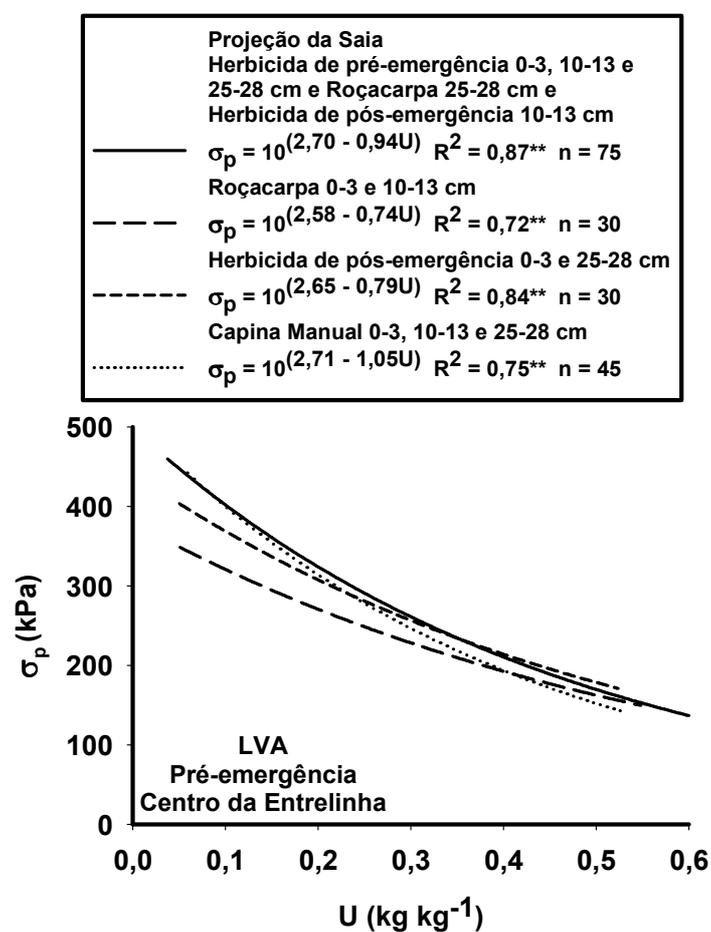


FIGURA 33. Modelos de CSC do LVA para os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ), no centro da entrelinha.

Quando o manejo foi realizado com a RÇ nas profundidades 0–3 e 10–13 cm e com HPRÉ no centro da entrelinha, observou-se uma menor CSC (Figura 33) até a umidade de $0,40 \text{ kg kg}^{-1}$. Isto é consequência da desagregação das camadas superficiais promovidas pela roçacarpa o que, conseqüentemente, reduz a CSC. Para umidades superiores a $0,40 \text{ kg kg}^{-1}$, a menor CSC foi observada quando o manejo foi realizado com a CM nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm na saia do cafeeiro e HPRÉ, no centro da entrelinha. Ressalta-se, ainda, alta redução da CSC do manejo capina manual (CM) com incremento da umidade em virtude do maior coeficiente angular 1,05 (Figura 33).

Observou-se maior CSC para os manejos na saia do cafeeiro, HPRÉ nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm e RÇ na profundidade 25–28 cm e HPÓS na profundidade 10–13 cm até a umidade de $0,40 \text{ kg kg}^{-1}$. A partir desta umidade foi observada maior CSC para o manejo herbicida de pós-emergência profundidade 0–3 e 25–28 cm. O manejo herbicida de pós-emergência profundidade 0–3 e 25–28 cm é o mais resistente à compactação em altas umidades (Figura 33). Portanto, a CSC dos diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro das entrelinhas HPRÉ decresce de maneira geral: HPRÉ nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm = RÇ na profundidade 25–28 cm e HPÓS na profundidade 10–13 cm > HPÓS nas profundidades 0–3 e 25–28 cm > CM nas profundidades 0–3, 10–13 e 25–28 cm > RÇ nas profundidades 0–3 e 10–13 cm.

4.2.9 Modelos de CSC entre sistemas de manejo na saia do cafeeiro e diferentes manejos no centro da entrelinha, em cada profundidade

Para verificar as possíveis alterações ocorridas na saia do cafeeiro na profundidade de 0–3 cm, provocadas pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas, os modelos de CSC foram comparados entre si, dentro de cada manejo no centro da entrelinha (Tabela 20).

TABELA 20. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a+bu)}$] do LVA para diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 0–3 cm.

Sistemas de manejo na projeção da saia do cafeeiro	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha : sem capina (SC)			
RÇ vs HPRÉ	H	ns	ns
CM vs HPÓS	H	ns	ns
RÇ e HPRÉ vs CM e HPÓS	H	ns	**
Centro da entrelinha : capina manual (CM)			
HPÓS vs HPRÉ	H	ns	ns
HPÓS e HPRÉ vs CM	H	ns	ns
HPÓS e HPRÉ e CM vs RÇ	H	ns	ns
Centro da entrelinha : herbicida de pós-emergência (HPÓS)			
RÇ vs CM	H	ns	ns
HPRÉ vs HPÓS	H	ns	**
CM e RÇ vs HPÓS	NH	**	ns
CM e RÇ vs HPRÉ	H	**	**
Centro da entrelinha : herbicida de pré-emergência (HPRÉ)			
HPRÉ vs CM	H	ns	ns
HPRÉ e CM vs HPÓS	H	ns	ns
HPRÉ e CM e HPÓS vs RÇ	H	ns	**

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçacarpa; HPRÉ: herbicida de pré-emergência; CM: capina manual e HPÓS: herbicida de pós-emergência.

Quando o manejo na saia do cafeeiro foi realizado com: a) roçacarpa (RÇ) e herbicida de pré-emergência (HPRÉ); b) capina manual (CM) e herbicida de pós-emergência (HPÓS) com o manejo sem capina (SC) no centro da entrelinha, os modelos de CSC foram iguais (Tabela 20), indicando uma mesma CSC na profundidade de 0–3. Assim sendo, uma nova equação foi ajustada para cada conjunto de dados, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 34).

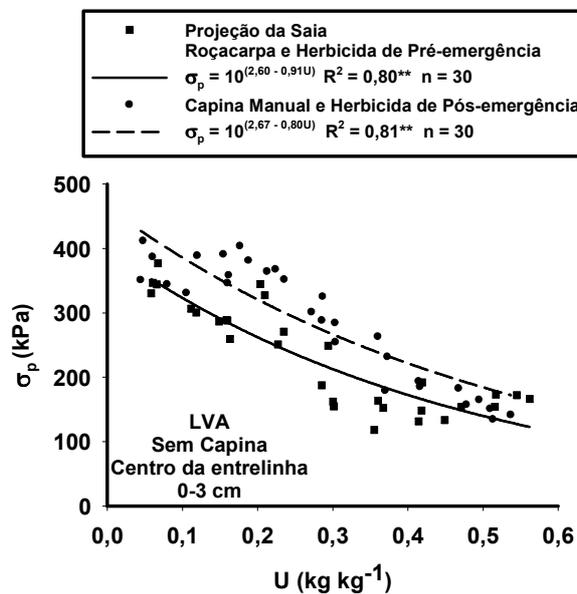


FIGURA 34. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo sem capina (SC) no centro da entrelinha na profundidade de 0-3 cm.

Os manejos capina manual (CM) e herbicida de pós-emergência (HPÓS) proporcionaram maior CSC para todo o intervalo de umidade em comparação aos manejos roçacarpa (RÇ) e herbicida de pré-emergência (HPRÉ) (Figura 34). Isto se constitui uma vantagem para a trafegabilidade de máquinas agrícolas aos manejos que proporcionam maior CSC e, conseqüentemente, maiores resistência à compactação do solo (Dias Junior & Pierce, 1996; Dias Junior, 2000; Rena & Guimarães, 2000; Kondo, 2003). Entretanto, os manejos que proporcionam menor CSC podem ser menos restritivos ao desenvolvimento radicular da cultura na profundidade de 0–3 cm, sendo, portanto, mais susceptíveis à compactação do solo.

Para o manejo capina manual (CM) no centro da entrelinha, os modelos de CSC dos manejos na saia do cafeeiro, roçacarpa (RÇ) e capina manual (CM)

e herbicida de pós-emergência (HPÓS) e herbicida de pré-emergência foram iguais entre si (Tabela 20). Assim sendo, uma nova equação foi gerada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 35).

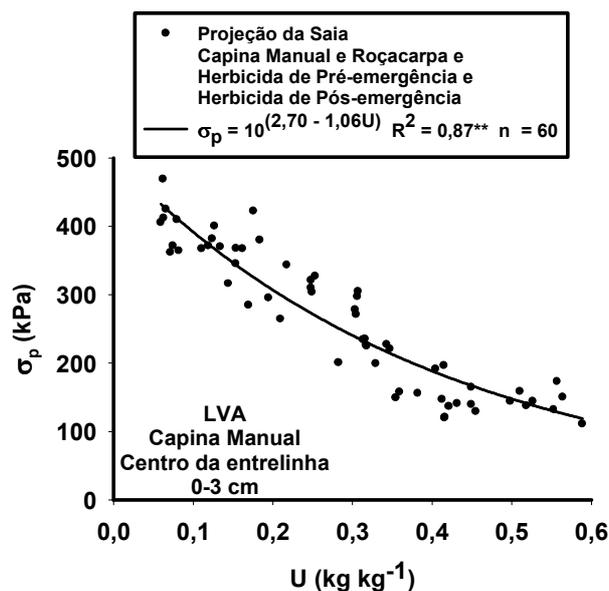


FIGURA 35. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo capina manual (CM), no centro da entrelinha na profundidade de 0-3 cm.

A não significância entre os modelos de CSC para os diferentes manejos na saia do cafeeiro e com o manejo CM no centro da entrelinha indica que o manejo não alterou a pressão de preconsolidação que pode ser atribuída ao preparo recente do solo por ocasião da implantação da lavoura, causando homogeneização das camadas e de sua CSC, corroborando com os resultados encontrados por (Miranda et al., 2003b; Silva et al., 2006).

Quando o manejo foi realizado com a RÇ e CM na saia do cafeeiro e com o manejo HPÓS no centro da entrelinha, os modelos de CSC foram iguais entre si e diferentes dos modelos de CSC para os manejos HPÓS, HPRÉ (Tabela

20). Assim sendo uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U obtidos para os manejos RÇ e CM (Figura 36).

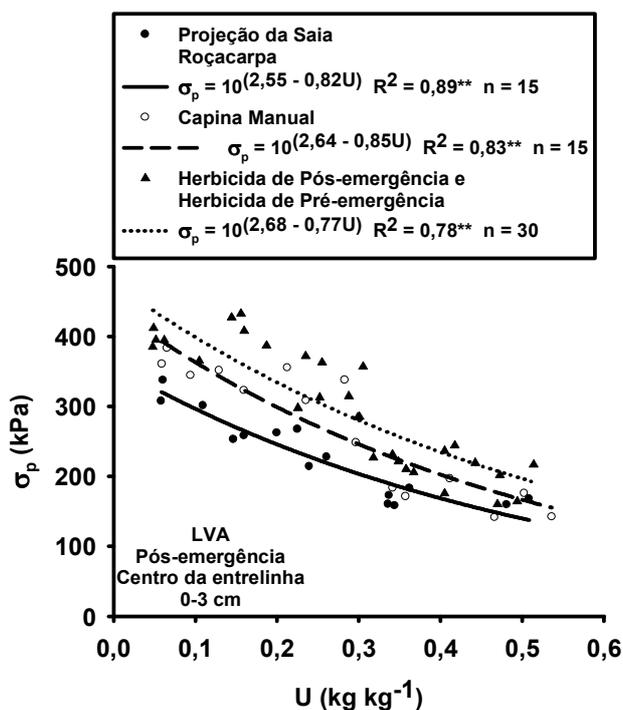


FIGURA 36. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS), no centro da entrelinha na profundidade de 0-3 cm.

No gráfico da Figura 36, observa-se que a CSC do LVA foi afetada pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro e com o manejo HPÓS no centro da entrelinha. A CSC do solo na saia do cafeeiro decresce na seguinte ordem de maneira geral: HPÓS=HPRÉ>CM>RÇ. A maior CSC para os manejos herbicida de pós-emergência (HPÓS) e herbicida de pré-emergência (HPRÉ) indica uma maior resistência à compactação na saia do cafeeiro com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da

entrelinha. A menor CSC do solo para a roçacarpa (RÇ) na profundidade de 0–3 cm pode ser atribuído ao maior revolvimento superficial proporcionado por este equipamento. Quando o manejo na saia do cafeeiro foi realizado com CM e HPÓS e HPRÉ com o manejo HPRÉ no centro da entrelinha os modelos de CSC foram iguais (Tabela 20), indicando uma mesma CSC na profundidade de 0–3 cm. Assim sendo, uma nova equação foi ajustada para cada conjunto de dados, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 37).

A diferença significativa para o manejo RÇ indica que este manejo está alterando as pressões de preconsolidação e, conseqüentemente, a CSC. Quando o manejo foi realizado com a RÇ na saia do cafeeiro e HPRÉ, no centro da entrelinha, observa-se a menor CSC do LVA para todo intervalo de umidade (Figura 37). O manejo RÇ apresentou comportamento semelhante para a saia do cafeeiro e com os manejos HPÓS e HPRÉ no centro da entrelinha (Figuras 36 e 37), conferindo um alívio da CSC para todo intervalo de umidade, independente do manejo no centro da entrelinha HPRÉ e HPÓS.

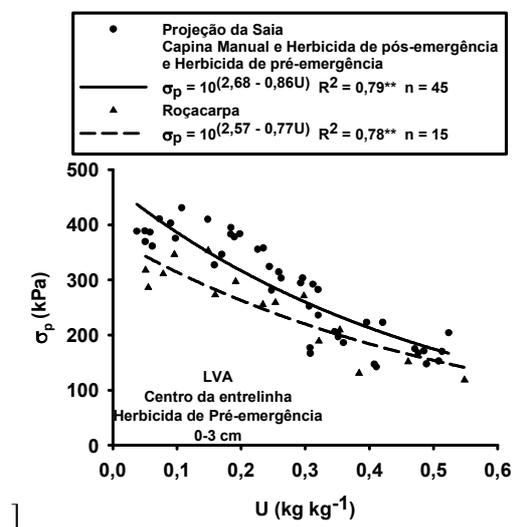


FIGURA 37. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha na profundidade de 0-3 cm.

No gráfico da Figura 38, encontram-se os modelos de CSC para os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia e com diferentes manejos no centro da entrelinha na profundidade de 0–3 cm. Observa-se que a CSC do LVA na profundidade de 0–3 cm submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas decresce de uma forma geral: projeção da saia (HPÓS) e (HPRÉ) e no centro da entrelinha (HPÓS)>projeção da saia (CM) e (HPÓS) com centro da entrelinha (SC)>projeção da saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e no centro da entrelinha (HPRÉ)>projeção da saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e no centro da entrelinha (CM)>projeção da saia (CM) e no centro da entrelinha (HPÓS)>projeção da saia (RÇ) e no centro da entrelinha (HPRÉ)>projeção da saia (RÇ) e (HPRÉ) com centro da entrelinha (SC)>projeção da saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e no centro da entrelinha (CM) (Figura 38). Portanto, os manejos na projeção da saia herbicida de pós-emergência (HPÓS) e herbicida de pré-emergência (HPRÉ) e no centro da entrelinha herbicida de pós-emergência (HPÓS) apresentam maior CSC ao LVA, para todo intervalo de umidade na profundidade de 0–3 cm.

Quando o manejo foi realizado na projeção da saia com a RÇ e no centro da entrelinha HPRÉ, apresentou menor CSC para todo o intervalo de umidade (Figura 38), sendo identificado como manejo mais susceptível à compactação na profundidade de 0–3 cm.

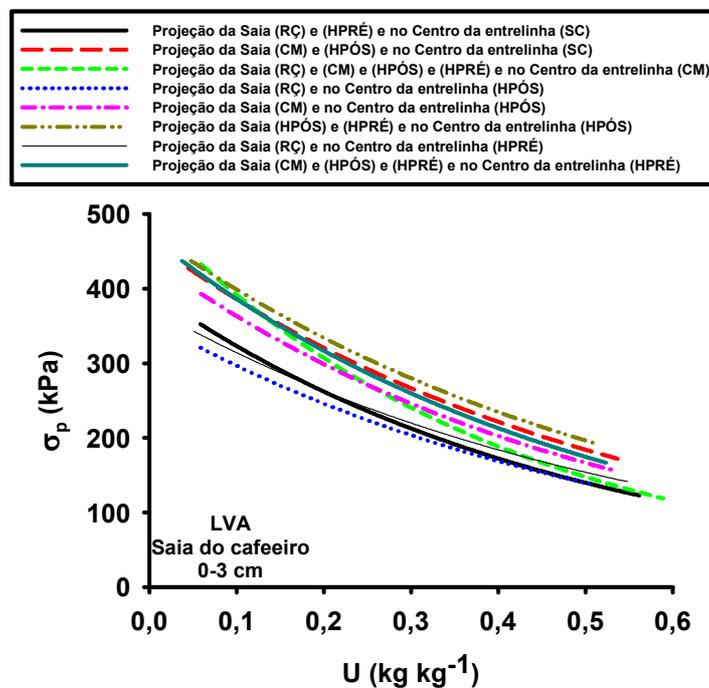


FIGURA 38. Modelos de CSC dos diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 0-3 cm.

O teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989), entre os diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha na profundidade de 0–3 cm encontra-se na Tabela 21.

Quando o manejo foi realizado na saia do cafeeiro com a) HPÓS e HPRÉ e com HPÓS no centro da entrelinha b) CM e HPÓS e centro da entrelinha SC c) CM e HPÓS e HPRÉ e centro da entrelinha HPRÉ os modelos de CSC foram iguais (Tabela 21). Quando o manejo foi realizado na projeção da saia com d) RÇ e HPRÉ na saia do cafeeiro com o SC no centro da entrelinha e) RÇ na saia do cafeeiro e HPRÉ no centro da entrelinha f) RÇ na saia e com HPÓS no centro da entrelinha os modelos de CSC foram iguais indicando uma homogeneização da estrutura quanto a CSC (Tabela 21).

TABELA 21. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] do LVA, para diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha na profundidade de 0–3 cm.

Sistemas de manejo das plantas daninhas na profundidade de 0-3 cm	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Saia (RÇ) e (HPRÉ) e entrelinha (SC) vs saia (RÇ) e entrelinha (HPRÉ)	H	ns	ns
Saia (RÇ) e (HPRÉ) e entrelinha (SC) e saia (RÇ) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (RÇ) e entrelinha (HPÓS)	H	ns	ns
Saia (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS) vs saia (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC)	H	ns	ns
Saia (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS) e saia (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) vs saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ)	H	ns	ns
Saia (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS) e saia (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) e saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (CM)	H	*	**
Saia (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS) e saia (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) e saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (RÇ) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (CM) e entrelinha (HPÓS)	H	ns	**
Saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (CM) vs saia (CM) e entrelinha (HPÓS)	H	*	**
Saia (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS) e saia (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) e saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (RÇ) e (HPRÉ) e entrelinha (SC) e saia (RÇ) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e entrelinha (HPÓS)	H	ns	**
Saia (RÇ) e (HPRÉ) e entrelinha (SC) e saia (RÇ) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e entrelinha (HPÓS) vs saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (CM)	H	**	**
Saia (RÇ) e (HPRÉ) e entrelinha (SC) e saia (RÇ) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e entrelinha (HPÓS) vs saia (CM) e entrelinha (HPÓS)	H	ns	**

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçacarpa; CM: capina manual; e HPÓS: herbicida de pós-emergência; HPRÉ: herbicida de pré-emergência e SC: sem capina.

Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 39). Observa-se, ainda, que estes manejos apresentaram menor CSC do solo para todo o intervalo de umidade, tendo o manejo RÇ sido identificado como o mais susceptível a compactação do solo na saia do cafeeiro na profundidade de 0–3 cm.

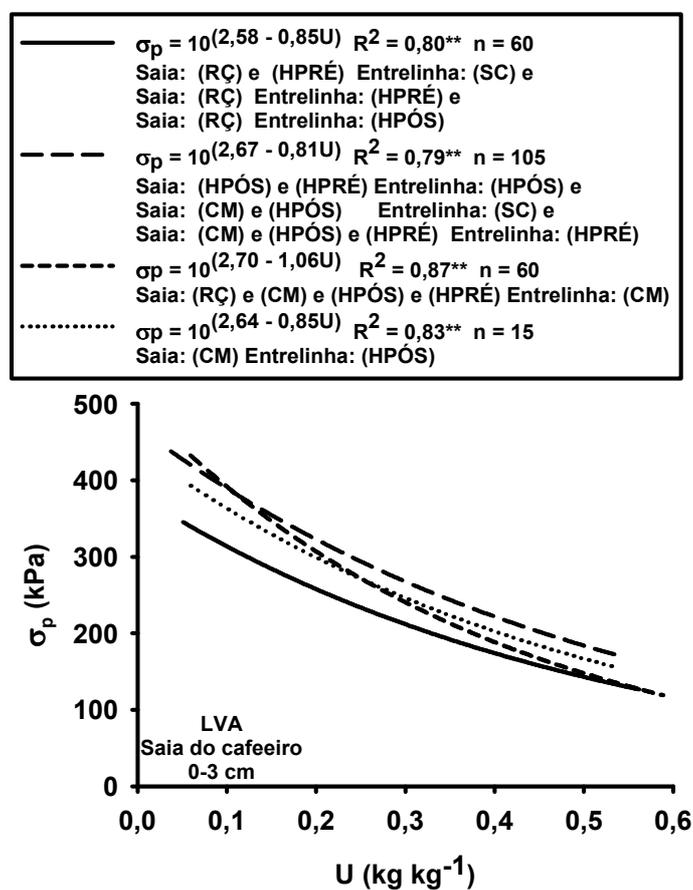


FIGURA 39. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 0-3 cm.

Quando o manejo de plantas daninhas foi realizado com HPÓS e HPRÉ na saia do cafeeiro com o manejo HPÓS no centro da entrelinha, CM e HPÓS na saia do cafeeiro e SC no centro da entrelinha; CM e HPÓS e HPRÉ na saia do cafeeiro e HPRÉ no centro da entrelinha; apresentou maior CSC para umidades maiores que $0,10 \text{ kg kg}^{-1}$ (Figura 39). Estes são, portanto, os manejos mais resistentes à compactação do solo e podem ser os mais restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro.

Os manejos HPÓS, HPRÉ e CM resultaram em maior CSC do LVA na saia do cafeeiro. Os manejos RÇ, CM, HPÓS e HPRÉ na saia do cafeeiro e com o manejo CM centro da entrelinha; CM na saia do cafeeiro com o manejo HPÓS no centro da entrelinha apresentaram comportamento intermediário aos demais sistemas de manejo das plantas daninhas quanto a CSC na profundidade de 0–3 cm.

Para verificar as possíveis alterações ocorridas na região da saia do cafeeiro na profundidade de 10–13 cm, provocadas pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninha, os modelos de CSC foram comparados entre si dentro de cada manejo, no centro da entrelinha (Tabela 22).

Quando o manejo foi realizado na saia do cafeeiro com CM, RÇ e HPÓS e com o manejo SC no centro da entrelinha, os modelos de CSC foram iguais (Tabela 22). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 40).

Quando o manejo foi realizado com HPRÉ na saia do cafeeiro e SC no centro da entrelinha na profundidade de 10–13 cm, apresentou maior CSC para umidades maiores que $0,10 \text{ kg kg}^{-1}$, quando comparado com os manejos CM, RÇ e HPÓS na saia do cafeeiro com o manejo SC no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm (Figura 40).

TABELA 22. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a+bu)}$] do LVA para diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm.

Sistemas de manejo na projeção da saia do cafeeiro na profundidade de 10–13 cm	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha: sem capina (SC)			
CM vs HPÓS	H	ns	ns
CM e HPÓS vs RÇ	H	ns	ns
CM e HPÓS e RÇ vs HPRÉ	NH	**	ns
Centro da entrelinha: capina manual (CM)			
HPÓS vs HPRÉ	H	ns	ns
HPÓS e HPRÉ vs CM	H	ns	ns
HPÓS e HPRÉ e CM vs RÇ	H	**	**
Centro da entrelinha: herbicida de pós-emergência (HPÓS)			
RÇ vs HPÓS	H	ns	ns
RÇ e HPÓS vs CM	H	ns	ns
RÇ e HPÓS e CM vs HPRÉ	H	*	ns
Centro da entrelinha: herbicida de pré-emergência (HPRÉ)			
RÇ vs CM	H	ns	ns
RÇ e CM vs HPÓS	*	ns	ns
RÇ e CM vs HPRÉ	**	ns	ns
HPÓS vs HPRÉ	H	*	ns

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçacarpa; HPRÉ: herbicida de pré-emergência; CM: capina manual e HPÓS: herbicida de pós-emergência.

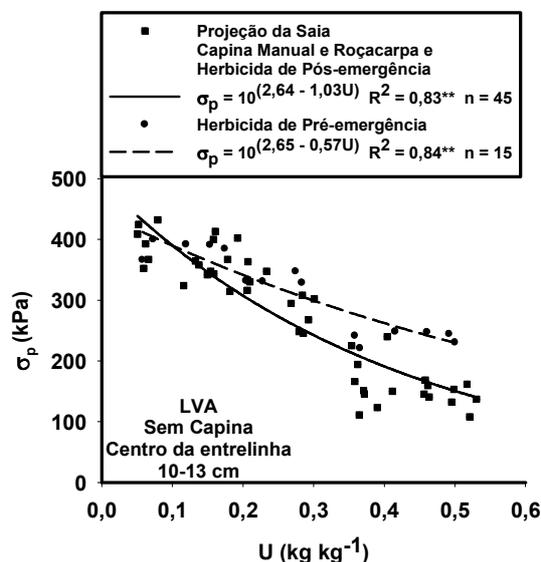


FIGURA 40. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo sem capina (SC) no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm.

Os modelos de CSC para os manejos CM, HPÓS e HPRÉ na saia do cafeeiro e com o manejo CM no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm, foram iguais (Tabela 22). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 41). Observa-se que o manejo RÇ na saia do cafeeiro com o manejo CM no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm apresentou maior CSC para umidades maiores que $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$, quando comparado com os manejos CM, HPÓS e HPRÉ na saia do cafeeiro e com o manejo CM no centro da entrelinha (Figura 41).

Esse resultado pode ser atribuído à maior compactação sob o manejo RÇ na profundidade de 10–13 cm, em virtude da aplicação de pressão pelos componentes do equipamento. Portanto, o manejo RÇ pode ser mais restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro na profundidade de 10–13 cm.

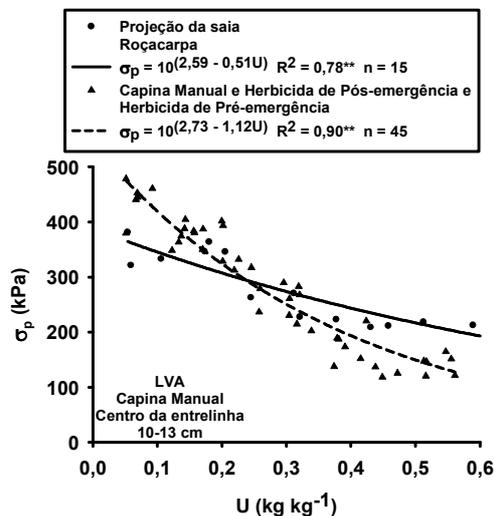


FIGURA 41. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo sem capina (SC) no centro da entrelinha na profundidade de 10–13 cm.

Quando o manejo foi realizado com RÇ, CM e HPÓS na saia do cafeeiro com o manejo HPÓS no centro da entrelinha, os modelos de CSC foram iguais (Tabela 22), apresentando uma mesma CSC. Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 42).

Observa-se uma maior CSC para umidades maiores que $0,15 \text{ kg kg}^{-1}$, para o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro com o HPÓS no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm (Figura 42). A diferença significativa entre os modelos de CSC para o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro indica que o manejo com HPRÉ está alterando as pressões de preconsolidação e, conseqüentemente, a CSC. Para a profundidade de 10–13 cm, quando o manejo foi realizado com RÇ e CM com o manejo HPRÉ no centro da entrelinha os modelos de CSC foram iguais (Tabela 22). Assim sendo uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 43).

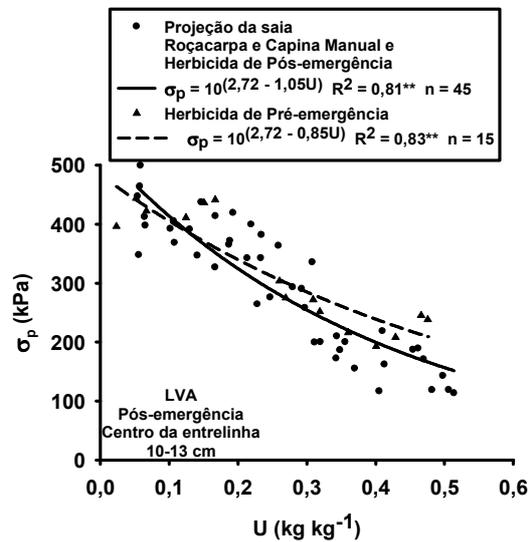


FIGURA 42. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm.

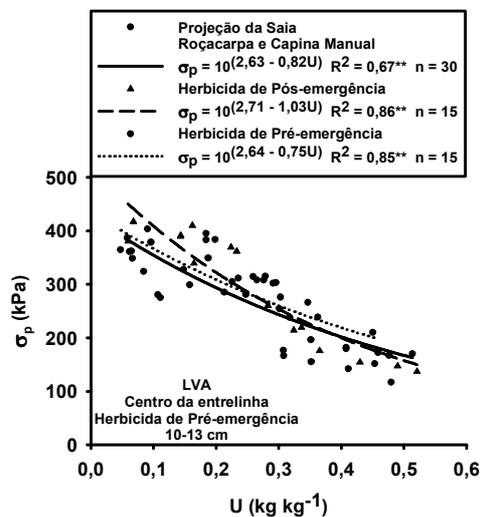


FIGURA 43. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm.

No gráfico da Figura 44, encontram-se os modelos de CSC para os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia, com os diferentes sistemas de manejo no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm. Observa-se que a CSC do LVA na profundidade de 10–13 cm, submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas decresce na seguinte ordem, de forma geral: projeção da saia (HPRÉ) e no centro da entrelinha (HPÓS)>projeção da saia (HPRÉ) e no centro da entrelinha (SC)>projeção da saia (RÇ) e no centro da entrelinha (CM)>projeção da saia (HPRÉ) e no centro da entrelinha (HPRÉ)>projeção da saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e no centro da entrelinha (CM)>projeção da saia (RÇ) e (HPÓS) e (CM) e no centro da entrelinha (HPÓS)>projeção da saia (RÇ) e (CM) e no centro da entrelinha (HPRÉ)>projeção da saia (HPÓS) e no centro da entrelinha (HPRÉ)>projeção da saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e no centro da entrelinha (SC). Portanto, constatou-se maior CSC do LVA para umidades menores que $0,30 \text{ kg kg}^{-1}$, para o manejo HPÓS na saia do cafeeiro e com o manejo HPRÉ no centro da entrelinha. Em umidades maiores do que $0,30 \text{ kg kg}^{-1}$, a maior CSC foi para o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro e HPRÉ no centro da entrelinha (Figura 44). Os manejos RÇ e CM na saia do cafeeiro e como o manejo HPRÉ no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm evidenciaram a menor CSC para umidades menores que $0,40 \text{ kg kg}^{-1}$ (Figura 44).

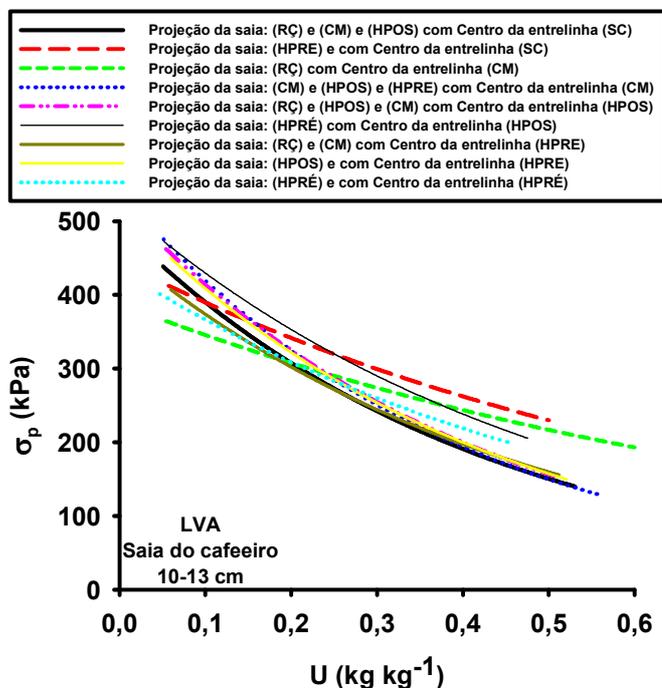


FIGURA 44. Modelos de CSC dos diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm.

Na Tabela 23 encontra-se o teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas na saia do cafeeiro, para verificar as possíveis alterações ocorridas na profundidade de 10–13 cm.

Quando o manejo foi realizado com: a) RÇ, CM e HPÓS na saia do cafeeiro e com o manejo SC no centro da entrelinha, b) CM, HPÓS e HPRÉ na saia do cafeeiro e com o manejo CM no centro da entrelinha, c) RÇ, HPÓS e CM na saia do cafeeiro e HPÓS no centro da entrelinha, d) RÇ, CM e HPÓS na saia do cafeeiro e com o manejo HPRÉ no centro da entrelinha os modelos de CSC foram iguais (Tabela 23).

TABELA 23. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a+bu)}$] do LVA para diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 10–13 cm.

Sistemas de manejo das plantas daninhas na profundidade de 10-13 cm	F	F	
		Coefic. angular, b	Coef. linear a
Saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÈ) e entrelinha (CM) vs saia (RÇ) e (HPÓS) e (CM) e entrelinha (HPRÉ)	H	ns	ns
Saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÈ) e entrelinha (CM) e saia (RÇ) e (HPÓS) e (CM) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (HPÓS) e entrelinha (HPRÉ)	H	ns	ns
Saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÈ) e entrelinha (CM) e saia (RÇ) e (HPÓS) e (CM) e entrelinha (HPRÉ) e saia (HPÓS) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (RÇ) e (CM) e entrelinha (HPRÉ)	H	ns	ns
Saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÈ) e entrelinha (CM) e saia (RÇ) e (HPÓS) e (CM) entrelinha (HPRÉ) e saia (HPÓS) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e (CM) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC)	H	ns	ns
Saia (HPRÈ) e entrelinha (SC) vs saia (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS)	H	ns	ns
Saia (HPRÈ) e entrelinha (SC) e saia (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS) vs saia (RÇ) e entrelinha (CM)	H	*	ns
Saia (HPRÈ) e entrelinha (SC) e saia (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS) vs saia (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ)	H	ns	**
Saia (RÇ) e entrelinha (CM) vs saia (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ)	H	**	ns
Saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÈ) e entrelinha (CM) e saia (RÇ) e (HPÓS) e (CM) e entrelinha (HPRÉ) e saia (HPÓS) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e (CM) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) vs saia (HPRÈ) e entrelinha (SC) e saia (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS)	NH	**	**
Saia (CM) e (HPÓS) e (HPRÈ) e entrelinha (CM) e saia (RÇ) e (HPÓS) e (CM) e entrelinha (HPRÉ) e saia (HPÓS) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e (CM) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) vs saia (RÇ) e entrelinha (CM)	NH	**	**

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçacarpa; CM: capina manual; e HPÓS: herbicida de pós-emergência; HPRÉ: herbicida de pré-emergência e SC: sem capina.

Os modelos de CSC para os manejos: e) HPRÉ na saia do cafeeiro e com o manejo SC no centro da entrelinha, f) HPRÉ na saia do cafeeiro e com o manejo HPÓS (Tabela 23). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 45).

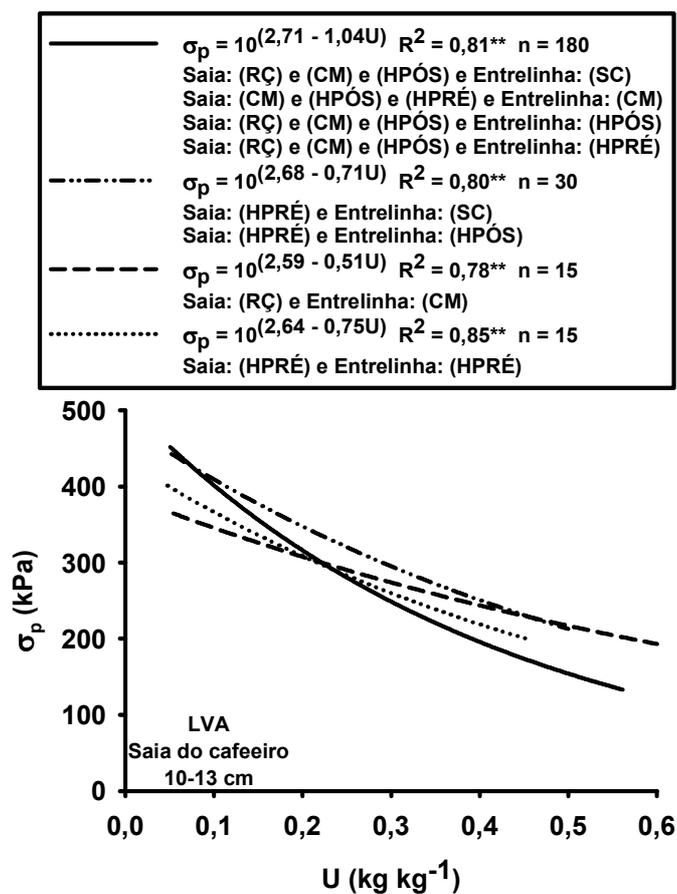


FIGURA 45. Modelos de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha na profundidade de 10-13 cm.

Observa-se uma maior CSC para todo o intervalo de umidade, quando foi utilizado o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro com o manejo SC no centro da

entrelinha, HPRÉ na saia do cafeeiro com o manejo HPÓS no centro da entrelinha (Figura 45), na profundidade de 10–13 cm. Portanto, sendo o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro o mais resistentes a compactação. Já os manejos RÇ, CM e HPÓS foram os mais susceptíveis a compactação na projeção da saia na profundidade de 10–13 cm (Figura 45). Para verificar as possíveis alterações ocorridas na saia do cafeeiro na profundidade de 25–28 cm, provocadas pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninha, os modelos de CSC foram comparados entre si, dentro de cada manejo no centro da entrelinha (Tabela 24).

TABELA 24. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a + bU)}$] do LVA para diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm.

Sistemas de manejo na projeção da saia do cafeeiro na profundidade de 25–28 cm	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Centro da entrelinha : sem capina (SC)			
CM vs HPÓS	H	ns	ns
RÇ vs HPRÉ	H	ns	ns
CM e HPÓS e RÇ vs HPRÉ	H	ns	**
Centro da entrelinha : capina manual (CM)			
RÇ vs HPRÉ	H	ns	ns
RÇ e HPRÉ vs CM	H	ns	ns
RÇ e HPRÉ e CM vs HPÓS	NH	ns	**
Centro da entrelinha : herbicida de pós-emergência (HPÓS)			
RÇ vs CM	H	ns	ns
HPRÉ vs HPÓS	H	ns	**
RÇ e CM vs HPÓS	NH	**	**
RÇ e CM vs HPRÉ	H	**	**
Centro da entrelinha : herbicida de pré-emergência (HPRÉ)			
RÇ vs HPRÉ	H	ns	ns
RÇ e HPRÉ vs HPÓS	H	ns	ns
RÇ e HPRÉ e HPÓS vs CM	H	ns	ns

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçacarpa; HPRÉ: herbicida de pré-emergência; CM: capina manual e HPÓS: herbicida de pós-emergência.

Observa-se que os modelos de CSC do LVA, quando o manejo na saia do cafeeiro foi realizado com CM e HPÓS, RÇ e HPRÉ e com o manejo SC foram iguais (Tabela 24). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, para cada conjunto de dados, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 46).

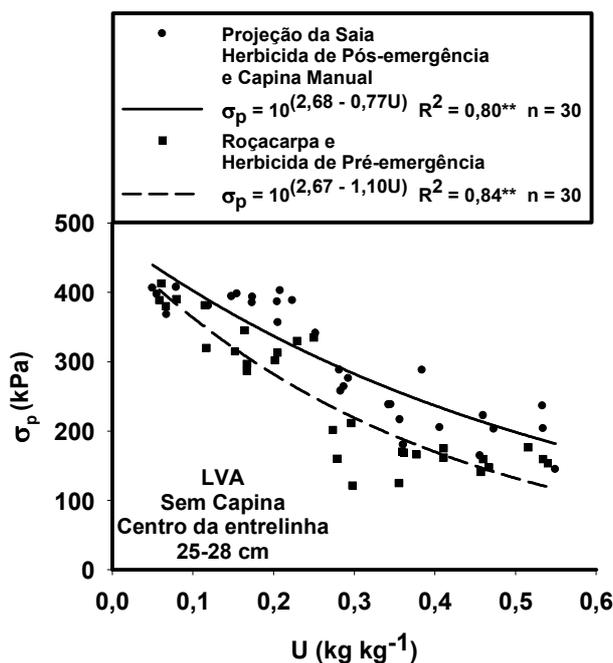


FIGURA 46. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo sem capina (SC) no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm.

O modelo de CSC para os manejos RÇ e HPRÉ, na profundidade de 25–28 cm, apresentaram menor CSC para todo intervalo de umidade (Figura 46), sendo mais susceptível à compactação. Já os manejos HPÓS e CM apresentam maior CSC, portanto, mais resistentes à compactação e podem ser mais restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular. Este resultado pode ser atribuído ao crescimento radicular das plantas daninhas que favorecem a

infiltração e a aeração do solo (Bertoni e Lombardi Neto, 1999; Ronchi et al., 2001), favorecendo os ciclos de umedecimento e secagem que alteram os valores da pressão de preconsolidação (Horn & Lebert, 1994), consequentemente, a CSC. Os manejos HPRÉ e RÇ tendem a reduzir os ciclos de umedecimento e secagem, em virtude do entupimento dos poros e maior compactação na camadas 10–13 cm.

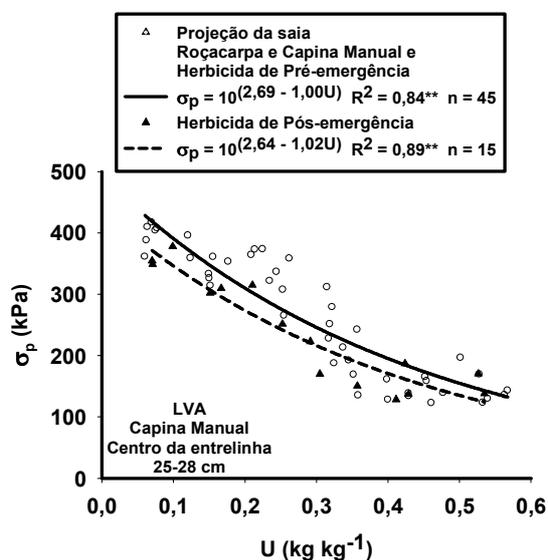


FIGURA 47. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo capina manual (CM) no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm.

Quando o manejo foi realizado na projeção da saia com RÇ, CM, HPRÉ e com o manejo CM no centro da entrelinha, os modelos de CSC foram iguais (Tabela 24). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 47).

O manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) na saia do cafeeiro com o manejo capina manual (CM) no centro da entrelinha apresentou menor CSC para todo intervalo de umidade, sendo o manejo mais susceptível à compactação, na profundidade de 25–28 cm.

Quando o manejo foi realizado na projeção da saia com RÇ, CM e com o manejo HPÓS, no centro da entrelinha os modelos de CSC foram iguais (Tabela 24). Assim sendo, uma nova equação foi ajustada considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 47).

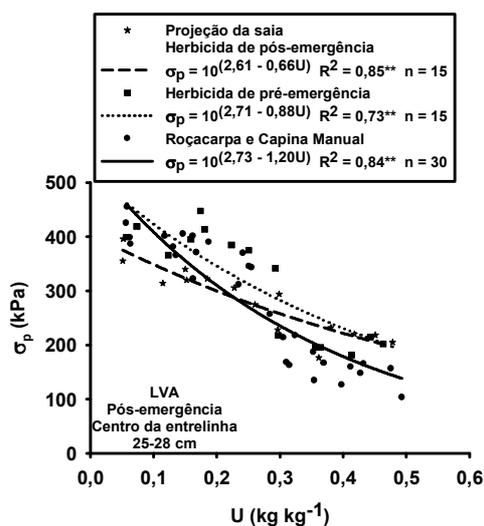


FIGURA 48. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm.

Observa-se que o manejo HPRÉ na saia do cafeeiro com o manejo HPÓS no centro da entrelinha, na profundidade 25–28 cm, alterou as pressões de pré-consolidação, conseqüentemente, a CSC (Figura 48). Observa-se que as diferenças estatísticas foram no coeficiente “b” (Tabela 24), dos modelos de

CSC, para os manejos HPRÉ e HPÓS na saia do cafeeiro com o manejo HPÓS no centro da entrelinha em relação aos manejos RÇ e CM na projeção da saia e com o manejo HPÓS no centro da entrelinha na profundidade de 10–13 cm. O coeficiente “b” descreve a influência de propriedades do solo tal como matéria orgânica (Peng et al., 2004).

O manejo HPRÉ na saia do cafeeiro apresenta maior CSC para todo intervalo de umidade. Quando o manejo foi realizado na saia do cafeeiro com os manejos RÇ e CM e com o manejo HPÓS no centro da entrelinha, apresentou maior CSC do que o manejo HPÓS na saia do cafeeiro com o manejo HPÓS no centro da entrelinha, para umidades menores que $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$ (Figura 48).

Quando o manejo foi realizado na saia do cafeeiro com a RÇ, CM, HPÓS e HPRÉ com o manejo HPRÉ no centro da entrelinha os modelos de CSC foram iguais (Tabela 24). Assim sendo uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 49). A não significância entre os modelos de CSC dos diferentes sistemas de manejo na projeção da saia e HPRÉ no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm, indica que os manejos não alteraram as pressões de preconsolidação.

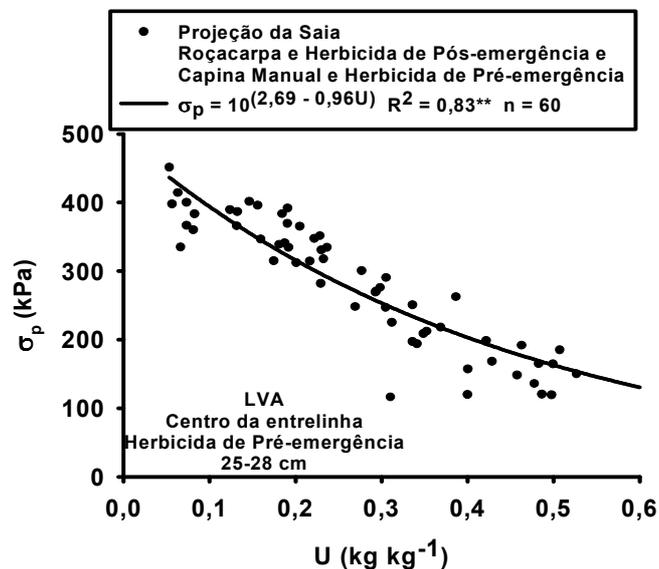


FIGURA 49. Modelo de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com o manejo Herbicida de Pré-emergência (HPRÉ) no centro da entrelinha na profundidade de 25–28 cm.

No gráfico da Figura 50, encontram-se os modelos de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e com os diferentes manejos no centro da entrelinha da profundidade de 25–28 cm. Observa-se que a CSC do LVA na profundidade 25–28 cm submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas decresce na seguinte ordem de forma geral: projeção da saia (HPRÉ) e centro da entrelinha (HPÓS)>projeção da saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e centro da entrelinha (SC)>projeção da saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e centro da entrelinha (HPRÉ)>projeção da saia (RÇ) e (CM) e (HPRÉ) e centro da entrelinha (CM)>projeção da saia (HPÓS) e centro da entrelinha (HPÓS)>projeção da saia (RÇ) e (CM) e centro da entrelinha (HPÓS)>projeção da saia (HPRÉ) e centro da entrelinha (SC)>projeção da saia (HPÓS) e centro da entrelinha (CM). Portanto, o manejo HPRÉ com HPÓS no centro da entrelinha apresentou maior CSC em todo o intervalo de umidade, conseqüentemente,

maior resistência à compactação. Por outro lado, o manejo HPÓS na projeção da saia com CM no centro da entrelinha, apresentou menor CSC em todo o intervalo de umidade estudado, sendo, portanto, o manejo mais susceptível à compactação na profundidade de 25–28 cm.

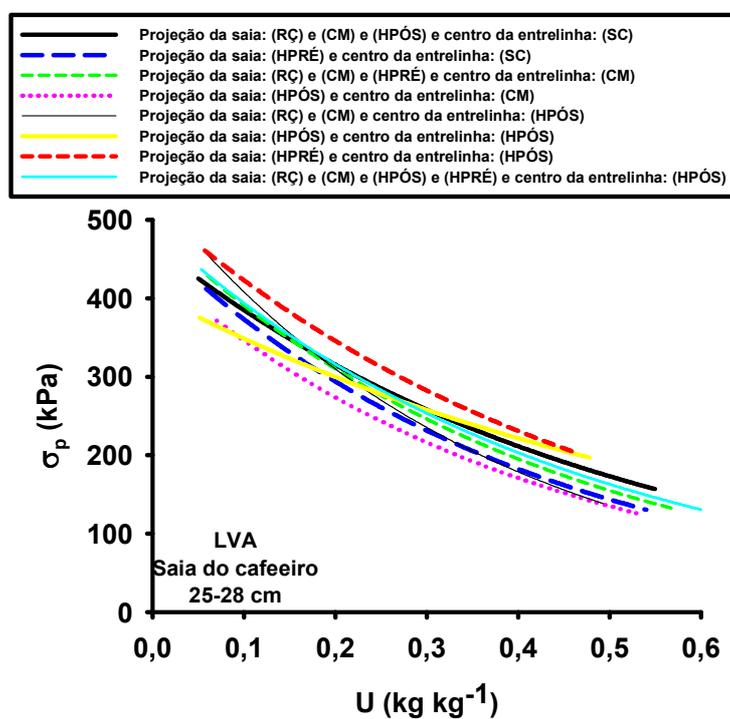


FIGURA 50. Modelos de CSC dos diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm.

Na Tabela 25, é apresentado o teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os diferentes sistema de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm.

TABELA 25. Teste de significância descrito por Snedecor & Cochran (1989) entre os modelos de CSC [$\sigma_p = 10^{(a+bu)}$] do LVA para diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm.

Sistemas de manejo das plantas daninhas na profundidade de 25–28 cm	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) vs saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ)	H	ns	ns
Saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) e saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ) vs saia (RÇ) e (CM) e (HPRÉ) e entrelinha (CM)	H	ns	ns
Saia (HPRÉ) e entrelinha (SC) vs saia (HPÓS) e entrelinha (CM)	H	ns	ns
Saia (HPRÉ) e entrelinha (SC) e saia (HPÓS) e entrelinha (CM) vs saia (RÇ) e (CM) e entrelinha (HPÓS)	H	ns	ns
Saia (HPRÉ) e entrelinha (SC) e saia (HPÓS) e entrelinha (CM) e saia (RÇ) e (CM) e entrelinha (HPÓS) vs saia (HPÓS) e entrelinha (HPÓS)	H	*	*
Saia (HPRÉ) e entrelinha (SC) e saia (HPÓS) e entrelinha (CM) e saia (RÇ) e (CM) e entrelinha (HPÓS) vs saia (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS)	H	ns	**
Saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) e saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ) saia (RÇ) e (CM) e (HPRÉ) e entrelinha (CM) vs saia (HPRÉ) e entrelinha (SC) e saia (HPÓS) e entrelinha (CM) e saia (RÇ) e (CM) e entrelinha (HPÓS)	NH	**	ns
Saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) e saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e (CM) e (HPRÉ) e entrelinha (CM) vs saia (HPÓS) e entrelinha (HPÓS)	NH	*	ns
Saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e entrelinha (SC) e saia (RÇ) e (CM) e (HPÓS) e (HPRÉ) e entrelinha (HPRÉ) e saia (RÇ) e (CM) e (HPRÉ) e entrelinha (CM) vs saia (HPRÉ) e entrelinha (HPÓS)	H	ns	*

F: testa a homogeneidade dos dados; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo; RÇ: roçacarpa; CM: capina manual; e HPÓS: herbicida de pós-emergência; HPRÉ: herbicida de pré-emergência e SC: sem capina.

Quando o manejo de plantas daninhas foi realizado na projeção da saia com: a) RÇ, CM e HPÓS e centro da entrelinha SC, b) projeção da saia RÇ, CM, HPÓS e HPRÉ com o manejo HPRÉ no centro da entrelinha, c) projeção da saia RÇ, CM e HPRÉ com o manejo CM no centro da entrelinha, os modelos de CSC do LVA foram iguais (Tabela 25).

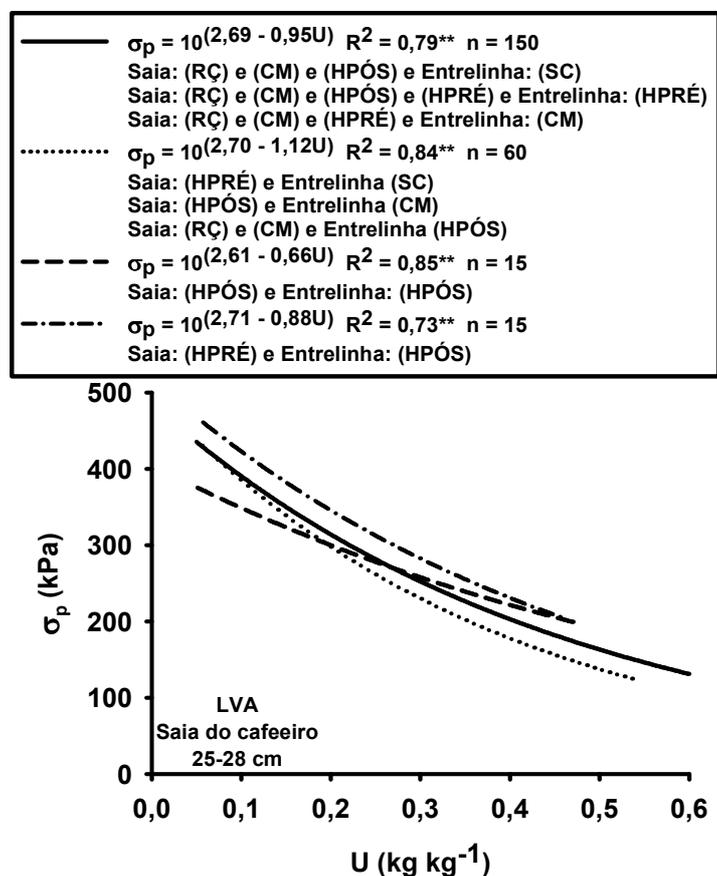


FIGURA 51. Modelos de CSC para os diferentes sistemas de manejo na saia do cafeeiro e no centro da entrelinha, na profundidade de 25–28 cm.

Os manejos d) na projeção da saia HPRÉ com o manejo SC no centro da entrelinha, e) projeção da saia HPÓS e centro da entrelinha CM, f) projeção da saia RÇ e CM e centro da entrelinha HPÓS foram iguais (Tabela 25). Assim sendo uma nova equação foi ajustada, considerando todos os valores de σ_p e U (Figura 51).

Observa-se uma maior CSC do LVA na profundidade 25–28 cm para todo intervalo de umidade considerado para o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) na projeção da saia com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da entrelinha (Figura 51).

A menor CSC do LVA, na profundidade de 25–28 cm, foi quando o manejo foi realizado na projeção da saia com HPRÉ com o manejo SC no centro da entrelinha, HPÓS na projeção da saia e CM no centro da entrelinha, RÇ e CM na projeção da saia e HPÓS no centro da entrelinha para umidades maiores que $0,20 \text{ kg kg}^{-1}$. Para umidades menores que $0,20 \text{ kg kg}^{-1}$, a menor CSC do LVA na profundidade de 25–28 cm foi obtida quando o manejo de plantas daninhas foi realizado na projeção da saia com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) e com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da entrelinha (Figura 51).

4.2.10 Densidade do solo, matéria orgânica, atributos de crescimento e produção dos cafeeiros

Os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas não afetaram significativamente ($P > 0,05$) o acúmulo de matéria orgânica na saia do cafeeiro. Em contrapartida, as profundidades afetaram significativamente o acúmulo de matéria orgânica (Tabela 26). Portanto, as diferenças na capacidade de suporte de carga do solo (CSC) entre os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas não podem ser atribuídas à matéria orgânica. A não significância para o acúmulo de matéria orgânica entre os diferentes sistemas de manejo deve-se à

recente implantação do experimento, o que contribuiu para não observar diferenças significativas nos teores de matéria orgânica na saia do cafeeiro. Entretanto, as diferenças nos modelos de CSC devem-se principalmente as particularidades inerentes a cada manejo e também à resistência intrínseca do solo (Horn & Lebert, 1994; Miranda et al., 2003; Peng et al., 2004).

TABELA 26. Valores médios de matéria orgânica do Latossolo Vermelho-Amarelo de Patrocínio, MG, em três profundidades, na saia do cafeeiro.

PROFUNDIDADES	M.O.¹ (dag kg⁻¹)
0–3 cm	3,6a
10–13 cm	3,3b
25–28 cm	2,6c
C.V.	6,71%

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Após a constatação da normalidade dos erros, segundo o teste de Shapiro-Wilk ($W = 0,97$; $Pr < W = 0,14$), as médias do teor de matéria orgânica em profundidade foram comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Tabela 26).

Observa-se que os valores de matéria orgânica seguiram uma ordem decrescente de acúmulo com o aumento da profundidade (Tabela 26). As diferenças encontradas no teor de matéria orgânica entre as profundidades podem influenciar no comportamento do modelo de CSC, principalmente no coeficiente angular “b”, que descreve a influência de propriedades do solo, tais como textura e matéria orgânica na resistência do solo (Peng et al., 2004). O teor de matéria orgânica também é caracterizado como um dos fatores

responsáveis pela manutenção da qualidade física do solo e influencia a resposta dos solos à compactação (Lebert & Horn, 1994; Dias Junior et al., 1999; Singh & Malhi, 2006; Silva, 2006).

Segundo Soane (1991), existem vários mecanismos pelos quais a matéria orgânica influencia a capacidade de suporte de carga dos solos, tais como: força de união entre partículas e entre agregados, elasticidade, efeito de diluição, efeito das cargas elétricas e efeito na fricção. Dentre esses mecanismos, a estabilidade dos agregados é o fator determinante na susceptibilidade do solo à compactação (Richart et al., 2005).

Os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas e as diferentes profundidades afetaram significativamente ($P > 0,05$) Ds_i e $Ds\sigma_p$ para a projeção da saia do cafeeiro. Após a constatação da normalidade dos erros da Ds_i e $Ds\sigma_p$, segundo o teste de Shapiro-Wilk ($W = 0,98$; $Pr < W = 0,11$ e $W = 0,98$; $Pr < W = 0,051$), as médias da Ds_i e $Ds\sigma_p$ foram comparadas e o resultado da análise de variância encontra-se nas Tabelas 27 e 28.

TABELA 27. Médias da densidade do solo Ds_i ($Mg\ m^{-3}$), densidade do solo na pressão de preconsolidação ($Ds\sigma_p$) e variação dessas densidades, para as profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm do LVA cultivado com cafeeiro, na saia do cafeeiro.

Profundidades	Ds_i	$Ds\sigma_p$	$\Delta\%$
	Mg m ⁻³		
0—3 cm	0,96 b	1,06 a	11
10—13 cm	0,96 b	1,07 a	11
25—28 cm	0,94 a	1,04 a	13
C.V. (%)	3,29	3,21	22,12

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 28. Médias da densidade do solo D_{si} (Mg m^{-3}), densidade do solo na pressão de preconsolidação ($D_{s\sigma_p}$) e variação dessas densidades para os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas do LVA cultivado com cafeeiro, na saia do cafeeiro.

Sistemas de manejo das plantas daninhas	D_{si} ————— Mg m^{-3} —————	$D_{s\sigma_p}$ ————— Mg m^{-3} —————	$\Delta\%$
Roçacarpa	0,93 a	1,04 a	12
Capina manual	0,96 ab	1,06 ab	11
Herbicida de pós-emergência	0,96 ab	1,07 b	12
Herbicida de pré-emergência	0,97 b	1,08 b	12
C. V. (%)	3,81	3,59	23,16

As médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os menores valores D_{si} foram encontrados para a profundidade de 25–28 cm. A D_{si} , para as profundidades de 0–3 cm e 10–13 cm, não apresentou diferenças significativas entre si. A variável $D_{s\sigma_p}$ em todas as profundidades não foram diferentes estatisticamente (Tabela 27).

A D_{si} do manejo HPRÉ na saia do cafeeiro foi superior a densidade inicial para o manejo RÇ. Os manejos CM e HPÓS não diferiram estatisticamente entre si e foram iguais entre os manejos RÇ e HPRÉ (Tabela 28). Os valores encontrados para a densidade inicial (D_{si}) dos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas (Tabela 28) estão abaixo dos valores considerados como críticos para o desenvolvimento de mudas (Carvalho & Silveira, 1989) e de ótima fertilidade física para lavouras cafeeiras (Romero & Romero, 2002).

A pequena amplitude observada para os valores de D_{si} na saia do cafeeiro (Figura 52) não pode ser apontada como responsável pelos diferentes comportamentos observados nos modelos de capacidade de suporte de carga, já que a resistência do solo à compactação depende também do arranjo das

partículas simples do agregado (Horn & Lebert, 1994). A maior frequência de observações para o atributo densidade do solo encontra-se nas classes de 0,92–0,94 Mg m⁻³ (18%) e 0,94–0,96 Mg m⁻³ (17%) valores abaixo dos considerados críticos para o desenvolvimento de cafeeiros (Carvalho & Silveira, 1989; Romero & Romero, 2002).

Como ressaltado anteriormente, existe a necessidade de se determinar um valor de D_s acima do qual o solo submetido a diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas está compactado e a pressão de preconsolidação é um indicador da qualidade estrutural e da capacidade de suporte de carga do solo (Kondo & Dias Junior, 1999a,b; Dias Junior, 2000; Imhoff et al., 2001; Kondo, 2003; Peng et al., 2004; Dias Junior et al., 2005).

Sugere-se que este valor seja determinado pelo valor da $D_s\sigma_p$ (Silva, 2006), como mostrado nas Tabelas 27 e 28. Portanto, com base nestes resultados sugere-se uma equação para estimar a D_s acima do qual o LVA submetido a diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, está compactado conforme a seguinte equação: $D_s\sigma_p = 1,12 \times D_{si}$. A variação dos valores de $D_s\sigma_p$ em relação a D_{si} estão acima dos encontrados por Silva, (2006), para diferentes Latossolos cultivados com eucalipto.

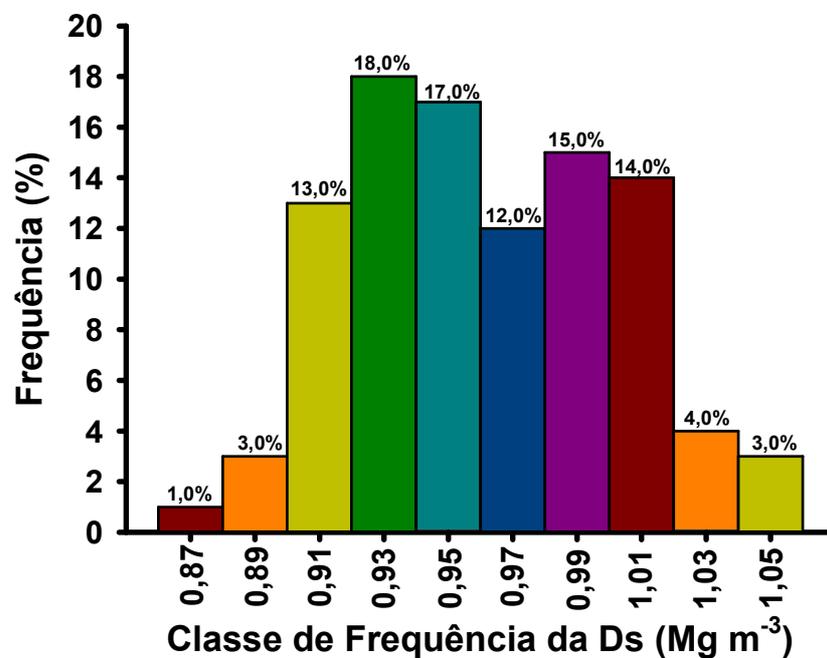


FIGURA 52. Distribuição de frequência para Ds_i , para a saia do cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas.

Os atributos de crescimento (altura das plantas, diâmetro de copa e diâmetro de caule) e produção dos cafeeiros, para os anos de 2000, 2002 e 2004, submetidos a diferentes sistemas de manejo aplicados à saia do cafeeiro encontram-se na Tabela 29.

TABELA 29. Atributos de crescimento e produção de cafeeiros submetidos a diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas na saia do cafeeiro, sob um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), localizado no município de Patrocínio-MG para os anos de 2000, 2002 e 2004.

Sistemas de manejo das plantas daninhas - "Saia do Cafeeiro"	Altura da planta (cm)			Ø copa (cm)			Ø caule (cm)			Produção (sacas/ha)	
	2000	2002	2004	2000	2002	2004	2000	2002	2004	2001/2002	2003/2004
Roçacarpa	58,9 b	134,1 d	176,0 b	71,3 b	121,8 b	155,7 a	1,8 b	3,7 c	4,6 b	33,7 c	39,2 b
Herb. de pós-emergência	64,6 a	141,5 a	184,8 a	72,2 b	124,5 b	159,1 a	2,0 a	3,9 a	4,8 a	40,2 a	44,9 b
Herb. de pré-emergência	62,6 a	138,9 b	185,6 a	78,8 a	130,5 a	160,5 a	1,8 b	3,9 b	4,7 b	35,6 b	52,3 a
Capina manual	59,6 b	137,6 c	180,2 b	74,2 b	125,8 b	156,9 a	1,8 b	3,8 c	4,9 a	35,9 b	40,9 b
C.V. (%)	10,1	4,3	7,8	12,2	5,8	6,5	11,1	5,8	7,2	20,5	24,9

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dr. Elifas Nunes Alcântara

Observa-se, pelos dados da Tabela 29, os dados de altura do ano 2000 que as plantas submetidas aos sistemas de manejo HPÓS e HPRÉ tiveram maior desenvolvimento inicial do que os cafeeiros submetidos aos manejos RÇ e CM. Para o ano 2002, os cafeeiros submetidos ao manejo HPÓS superaram todos os demais sistemas de manejo. Os demais seguiram a seguinte ordem decrescente: HPRÉ>CM>RÇ. Já para o ano de 2004, o comportamento foi semelhante ao observado no primeiro ano de avaliação; os sistemas de manejo HPÓS e HPRÉ tiveram maior crescimento do que os cafeeiros submetidos aos manejos RÇ e CM.

Para o atributo de crescimento diâmetro de copa, o manejo HPRÉ superou os demais sistemas de manejo, os quais não diferiram entre si, nos anos de 2000 e 2002. No ano de 2004, os diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas não influenciaram o atributo de crescimento diâmetro de copa.

O diâmetro de caule dos cafeeiros submetidos ao sistema de manejo HPÓS superou os demais sistemas de manejo das plantas daninhas nos anos de 2000 e 2002. Os sistemas de manejo HPRÉ, RÇ e CM não apresentaram diferenças significativas entre si, para o atributo de crescimento diâmetro de caule para o ano de 2000. Para o ano de 2002 os cafeeiros submetidos ao sistema de manejo HPRÉ superaram os cafeeiros submetidos aos manejos RÇ e CM os quais não diferiram entre si. Para o ano de 2004, os cafeeiros submetidos aos sistemas de manejo CM e HPÓS superaram os cafeeiros submetidos aos sistemas de manejo RÇ e HPRÉ, que foram iguais entre si.

A análise de variância revela que as produções dos cafeeiros foram afetadas pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas. Observa-se, pelos dados da tabela 29, que, para o ano 2002, os cafeeiros submetidos aos sistemas de manejo apresentaram a seguinte ordem em produção: HPÓS>HPRÉ=CM>RÇ. Para o ano de 2004, os cafeeiros submetidos ao manejo HPRÉ

superaram os demais sistemas de manejo de plantas daninhas, os quais foram iguais ente si.

De maneira geral, o melhor desenvolvimento dos cafeeiros e a maior produção foram obtidos com o uso de HPRÉ e HPÓS na saia do cafeeiro. Ressalta-se, ainda, que é impossível justificar as produções obtidas somente com base na resistência mecânica do solo, pois observou-se que a combinação de manejos na saia com a combinação de manejos no centro das entrelinhas influenciou diferencialmente a resistência mecânica do solo na saia do cafeeiro além do número de variáveis edafoclimáticas que determinam a produção de culturas perenes como o cafeeiro. Entretanto, ressalta-se que os sistemas de manejo que apresentaram maior CSC apresentaram maior produção nos anos de 2002 e 2004, o que pode ser atribuído ao melhor arranjo dos poros e maior retenção de água e com conseqüência maior produção.

Outro aspecto que vale salientar é que no manejo com herbicida de pós-emergência (HPÓS) a água e conduzida a maiores profundidades e pode ser armazenada por maiores períodos (Faria et al., 1998) e no herbicida de pré-emergência (HPRÉ) em virtude do selamento superficial e aumento da resistência mecânica, no centro da entrelinha a infiltração de água ocorre principalmente na linha do cafeeiro, com isso ocorre há redistribuição de água ao longo do perfil o que contribui para a redução do déficit hídrico nos períodos secos do ano. Decorrente, disto, acredita-se que a maior resistência mecânica observada nos manejos herbicida de pós-emergência e herbicida de pré-emergência não apresente dano para o crescimento adequado dos cafeeiros.

5.0 – CONCLUSÕES

Nos manejos avaliados, para as condições em que este trabalho foi desenvolvido, recomenda-se como manejo ideal a utilização de herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da entrelinha com os manejos herbicida de pré-emergência (HPRÉ) e herbicida de pós-emergência (HPÓS) na saia do cafeeiro.

Os modelos de capacidade de suporte de carga que relacionam a pressão de preconsolidação (σ_p) e umidade (U) foram mais sensíveis do que a densidade do solo em detectar as alterações estruturais causadas pelos diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas.

Para o centro da entrelinha, o sistema de manejo mais susceptível à compactação do solo foi com o herbicida de pré-emergência (HPRÉ) na profundidade de 25–28 cm, e no outro extremo como sistema mais resistente à compactação do solo, o herbicida de pré-emergência (HPRÉ) na profundidade de 0–3 cm. Os sistemas de manejo sem capina (SC) 0–3, 10–13, 25–28 cm; herbicida de pós-emergência (HPÓS) 0–3, 10–13, 25–28 cm; capina manual (CM) 0–3 e 25–28 cm e herbicida de pré-emergência (HPRÉ) 10–13 cm preservaram a qualidade estrutural do LVA.

O manejo roçacarpa (RÇ) na projeção da saia foi identificado como o mais susceptível à compactação na profundidade de 0–3 cm e o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) e herbicida de pré-emergência (HPRÉ) como os mais resistentes. Para a profundidade de 10–13 cm na projeção da saia o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) foi o mais resistente à compactação e os manejos roçacarpa (RÇ) e capina manual (CM) e herbicida de pós-emergência (HPÓS) os mais susceptíveis a compactação. Já na profundidade de 25–28 cm, o manejo herbicida de pré-emergência (HPRÉ) na projeção da saia do cafeeiro com o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) no centro da

entrelinha foi o mais resistente à compactação e o manejo herbicida de pós-emergência (HPÓS) na projeção da saia do cafeeiro e centro da entrelinha capina manual (CM) como o mais susceptível.

Como alternativa para a determinação da densidade do solo relacionando-a com pressão de preconsolidação encontrou-se uma equação geral tanto para o centro das entrelinhas como para a saia dos cafeeiros submetidos a diferentes sistemas de manejo das plantas daninhas nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, para determinar a D_s acima do qual o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) deste estudo, está compactado conforme a seguinte equação: $D_s\sigma_p = 1,12 \times D_{si}$.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGASSI, M.; MORIN, J.; SHAINBERG, I. Effect of raindrop impact energy and water salinity on infiltration rates of sodic soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, n. 1, p. 186-190, Jan./Feb. 1985.

AGRIANUAL, 2006 - **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2006. 158 p.

ALCÂNTARA, E. N. de. **Efeito de Diferentes Métodos de Controle de Plantas Daninhas na Cultura do Cafeeiro (*Coffea arabica L.*) Sobre a Qualidade de um Latossolo Roxo Distrófico**. 1997. 133 p. (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas sobre a produção de cafeeiros instalados em Latossolo Roxo distrófico. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 54-61, jan/mar. 2000a.

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica L.*) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 711-721, out./dez. 2000b.

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M.; MERCER, J. R. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na produção de cafeeiro cultivado em um Latossolo Distroférico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL: WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro-BA. **Anais...** Brasília-DF, 2003. p. 281-292.

ALAKUKKU, L.; WEISSKOPF.; CHAMEN, W. C. T.; TIJINK, F. G. J.; VAN DER LINDEN, J. P.; PIRES, S.; SOMMER, C.; SPOOR, G. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review. Part I - Machine/soil interactions. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1/2, p. 145-160, Oct. 2003.

ARAÚJO JUNIOR, C. F. **Avaliação da Sustentabilidade da Estrutura de um Latossolo Amarelo Submetido a Diferentes Manejos Utilizados em Lavouras Cafeeiras**. 2004. 22 p. Monografia de Conclusão do Curso de Agronomia - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ARVIDSSON, J. Influence of Soil Texture and Organic Matter Content, on Bulk Density, Air Content, Compression Index and Crop Yield in Field and Laboratory Compression Experiments. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 49, n. 1/2, p. 159-170, Nov. 1998.

ARVIDSSON, J. Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvestes in southern Sweden I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 60, n. 1/2, p. 67-78, June 2001.

ASSIS, R. L. de; LANÇAS, K. P. Avaliação da compressibilidade de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 507-514, maio/jun. 2005a.

ASSIS, R. L. de.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 515-522, maio/jun. 2005b.

ASSOULINE, S.; TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Effect of compaction on soil physical and hydraulic properties: experimental results and modeling. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 61, n. 2, p. 390-398, Mar./Apr. 1997.

- BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agrônômicos**. Arapongas-PR: Midas, 2003. 208 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo, 1999. 355 p.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 581-588, jun. 2004.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. da; ROQUE, C. G. & FERRAZ, M. V. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo na produtividade de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 575-580, jun. 2004.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison, ASA/SSSA. 1986a. pt. 1. p. 363-375.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Partycle density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1. 2 nd ed. Madisson: ASA, 1986b. p. 377-382. (ASA. Agronomy Monography, 9).
- BSCA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Lista de Verificação Sistemas de Gestão Sócio-Ambiental**. Anexo RA 0552. 04 ver. 01. 2003.
- BOWLES, J. E. **Engineering properties of soils and their measurements**. Third edition. McGraw-Hill, 1986. 218 p
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba-SP, 1997. 132 p.
- CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2, p. 221-230, May 2002.
- CASAGRANDE, A. The determination of the pre-consolidation load and its practical significance. In: CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 1936, Cambridge. **Proceedings**. . . Cambridge: MA Harvard University, 1936. v. 3, p. 60-64.

ÇARMAN, K. Compaction characteristics of towed wheels on clay loam in a soil bin. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 37-43, Apr. 2002.

CARVALHO, C. H. S. de; FROTA, G. B.; SOUZA, T.; FERREIRA, R. A. Distribuição do sistema radicular de cafeeiros cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo na região do Sul de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 29., 2003, Araxá-MG. **Trabalhos Apresentados...** Araxá, MG, 2003. p. 38-39.

CARVALHO, C. H. S. de; SILVEIRA, J. S. M. Efeito da densidade do solo no crescimento do sistema radicular de mudas de café Conillon (*Coffea canephora*) formadas por estacas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., 1989, Maringá-PR. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1989. p. 178-180.

CHAMEN, W. C. T.; ALAKUKKU, L.; PIRES, S.; SOMMER, C.; SPOOR, G.; TIJINK, F.; WEISSKOPF, P. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction. Part 2. Equipment and field practices. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1/2, p. 161-174, Oct. 2003.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. **Características físico-hídricas e disponibilidade de água no solo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2002. 8 p. (Circular Técnica, n. 21).

DAUDA, A.; SAMARI, A. Cowpea yield response to soil compaction under tractor traffic on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 68, n. 1, p. 17-22, Oct. 2002.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. et. al. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. n. 1, Part I. p. 545-567. (ASA. Monography of Agronomy, 9)

DIAS JUNIOR, M. de S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 55-94.

DIAS JUNIOR, M. de S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114 p. Tese (Doutorado) - Michigan State University, East Lansing.

DIAS JUNIOR, M. de S.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; SILVA, A. R.; FERREIRA, D. F. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos

solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 23, n. 4, p. 371-380, out./dez. 1999.

DIAS JUNIOR, M. de S.; LEITE, F. P.; LASMAR JUNIOR, E.; ARAUJO JUNIOR, C. F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to *Eucalyptus* harvest operations. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v. 62, n. 3, p. 248-255, May/June. 2005.

DIAS JUNIOR, M. de S.; PIERCE, F. J. Revisão de Literatura. O processo de compactação do solo e sua Modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 175-182, jan./mar. 1996.

DIAS JUNIOR, M. de S.; PIERCE, F. J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from Soil compression curves. **Soil Technology**, Lansing, v. 8, n. 2, p. 139-151, Nov. 1995.

DIAS JUNIOR, M. de S.; STANISLAU, W. T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 23, n. 1, p. 45-51, Jan./Mar. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

ETANA, A.; COMIA, R. A.; HÅKANSSON, I. Effects of uniaxial stress on the physical properties of four Swedish soils. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v. 44, n. 1/2, p. 13-21, Dec. 1997.

FARIA, J. C.; SHAEFER, C. E. R.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M. Effects of weed control on physical and micropedological properties of brazilian Ultisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 731-741, jul./set. 1998.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE

INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais. . .** São Carlos, SP: UFSCAR, 2000. p. 255-258.

FERRERO, A.; USOWICZ, B. LIPIEC, J. Effects of tractor traffic on spatial variability of soil strength and water content in grass covered and cultivated sloping vineyard. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, n. 2, p. 127-138, Dec. 2005.

FLOWERS, M. D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 48, n. 1/2, p. 21-35, Sept. 1998.

GUPTA, S. C.; HADAS, A. SCHAFFER, R. L. Modeling soil mechanical behavior during compaction. In: LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W. B.; GUPTA, S. C. (Ed.). **Mechanical and related process in structured agricultural soils**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1989. p. 137-152

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to asses the susceptibility of soils to excessive compaction. **Advances Soil Science**, New York, v. 6, p. 65-100, 1987.

HILLEL, D. **Soil and water, physical principles and process**. New York: Academic Press, 1971. 288 p.

HOLTZ, R. D.; KOVACS, W. D. **An introduction to geotechnical engineering**. Englewood, Cliffs: Prentice-Hall, 1981. 733 p.

HORN, R. Compressibility of arable land. **Catena**, Amsterdam, v. 11, p. 53-71, 1988. Supplement.

HORN, R. Time Dependence of Soil Mechanical Properties and Pore Functions for Arable Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 1131-1137, July/Aug. 2004.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactibility and compressibility. In: SOANE, B. D.; Van OUWERKERK, C. (Ed.). **Soil compaction in crop production**. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 1994. p. 45-69. (Development in Agricultural Engineerig, v. 11).

IMHOFF, S. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos vermelhos**. 2002. 94 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 11-18, jan. 2001.

KLUTE, A. **Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils**. Madison: Americam Society of Agronomy, 1986. p. 253-261. (Monograph, 9),

KONDO, M. K. **Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos**. 1998. 105 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

KONDO, M. K. **Variabilidade espacial do comportamento compressivo do solo e mapas de trafegabilidade na cultura do cafeeiro irrigado**. 2003. 166 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 211-218, abr./jun. 1999a.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Efeito do manejo e da umidade no comportamento compressivo de três Latossolos, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 497-506, jul./set. 1999b.

KURACHI, S. A. H.; SILVEIRA, G. M. da. **Compactação do solo em cafezal provocada por diferentes métodos de cultivo**. Campinas-SP, 1984. 28 p. (IAC- Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas).

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 6, p. 1127-1132, Nov./Dec. 1980.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECHE, R. A. Compression of agricultural soil from eight soil orders. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 3, p. 450-457, May/June 1980.

LEBERT, M.; HORN, R. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, n. 2/3, p. 575-286, Feb. 1991.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop reductions. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p. 277-294, 1985.

LIMA, C. L. R. de; SILVA, A. P.; LIMA, IMHOFF, S.; LIMA, H. V. & LEÃO, T. P. Heterogeneidade da compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 409-414, maio/jun. 2004.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas:** plantio direto e convencional. 5. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2000.

MACEDO, J. Os solos da região dos Cerrados. In: ALVARES, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1996. p. 135-155.

MARSHALL, T. J. The nature, development and significance of soil structure. In: NEALE, G. J. (Ed.). **Transactions of joint meeting of commissions IV e V (ISSS)**. Palmerston North, New Zeland, 1962. p. 243-257.

MARQUES, J. Q. A. **Conservação do solo em cafezal**. São Paulo: Superintendência dos Serviços da Café, 1950. 234 p. (Boletim).

MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, A. S. de; LOPES, L. da C.; VELLAME, L. M.; Análise estatística exploratória e variabilidade da densidade do solo em um perfil de Latossolo Amarelo Coeso dos tabuleiros costeiros da Bahia. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 199-205, mar./abr. 2006.

MESQUITA, M. da G. B. de F. MORAES, S. O.; CORRENTE, J. E. Caracterização estatística de variáveis físicas do solo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá-PR, v. 25, n. 1, p. 35-44, jan./jun. 2003.

MIRANDA, E. E. V.; DIAS JUNIOR, M. de S.; GUIMARÃES, P. T. G.; PINTO, J. A. O.; ARAUJO JUNIOR, C. F.; LASMAR JUNIOR, E. Efeito do Manejo e do Tráfego nos Modelos de Sustentabilidade da Estrutura de Um Latossolo Vermelho Cultivado Com Cafeeiros. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1506-1515, 2003a. Edição Especial.

MIRANDA, E. E. V.; DIAS JUNIOR, M. de S.; GUIMARÃES, P. T. G.; PINTO, J. A. O.; LASMAR JUNIOR, E.; ARAUJO JUNIOR, C. F. Modelos de sustentabilidade da estrutura de um Latossolo Vermelho cultivado com

cafeeiros. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1546-1553, 2003b. Edição Especial.

OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JUNIOR, M. de S. RESCK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico Argiloso sob Diferentes Sistemas de Uso e Manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 38, n. 2, p. 291-299, fev. 2003.

PENG, X. H.; HORN, R. ZHANG, B. ZAHO, Q. G. Mechanisms of soil vulnerability to compaction of homogenized and recompact Ultisols. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, n. 2, p. 125-137, Apr. 2004.

PYTKA, J. Load effect upon soil stress and deformation state in structured and disturbed sandy loam for two tillage treatments. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 59, n. 1/2, p. 13-25, Apr. 2001.

PROCHNOW, D.; DECHEN, S. C. F.; DE MARIA, I. C. de; CASTRO, O. M. de. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 91-98, jan./fev. 2005.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 21 p. (Boletim Técnico, 81).

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividades e fatores que o influenciam**. Belo Horizonte-MG: EPAMIG, 2000. 80 p. (EPAMIG. Série Documentos, 37).

RESENDE, M.; SANTANA, D. P. Uso das relações K_i e K_r na estimativa da mineralogia para classificação de Latossolos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. **Anais. . .** Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS/SBCS, 1988. p. 225-232.

RIBEIRO, B. T. **Energia cinética de gotas de chuva simulada e energia ultra-sônica na desagregação de um Cambissolo**. 2006. 65 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RICHARDT, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul. . set. 2005.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina, 2005. 592 p.

ROMERO, A. P.; ROMERO, J. C. P. Café sustentável em Ouro Fino - MG Projeto Cem Na 3ª Via. In: WORKSHOP RELAÇÃO ENTRE NUTRIÇÃO DE PLANTAS E INCIDÊNCIA DE DOENÇAS, 2002, Piracicaba-SP. 1CD-ROM.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. da; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa-MG: Suprema, 2001, 94 p.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; LAGE, G. Procedimento padrão para medida da potência liberada pelo aparelho ultra-som. Comunicação. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 300-306, jan. /mar. 2000.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; FERREIRA, F. P. Parâmetros de Compressibilidade de um Latossolo Influenciados pelo Estado Inicial de Compactação e Grau de Saturação em Água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 1CD-ROM.

SIGMA PLOT, **Scientific Graphing Software**. Versão 8. 0. San Rafael: Jandel Corporation, 2002. Não paginado.

SILVA, A. R. **Modelagem e quantificação da compactação de Latossolos cultivados com Eucalipto**. 2006. 85 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, A. R.; DIAS JUNIOR, M. de S.; GUIMARÃES, P. T. G.; ARAUJO JUNIOR, C. F. Modelagem da Capacidade de Suporte de Carga e Quantificação dos Efeitos das Operações Mecanizadas em um Latossolo Amarelo Cultivado com Cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 207-216, jan./fev. 2006.

SILVA, C. L. da; KATO, E. Efeito de Selamento Superficial na Condutividade Hidráulica Saturada da Superfície de um Solo Sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 32, n. 2, p. 213-220, fev. 1997.

SILVA, E. M. da; MALVINO, S. S. A. B. Análise climática do município de Patrocínio (MG). **Caminhos da geografia**, Uberlândia-MG, v. 10, n. 16, p. 93-108, out. 2005. Disponível em: <www.ig.ugu.br/revista/caminhos.html>.

SILVA, R. B.; DIAS JUNIOR, M. de S.; SILVA, F. A. M. & FOLE, S. M. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 211-218, out. 2003.

SILVA, R. B.; LIMA, J. M.; DIAS JUNIOR, M. de S.; SILVA, F. A. M. Influência da Adição de Fósforo no Índice de Compressão e Parâmetros de Consistência de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 261-268, abr./jun. 2001.

SILVEIRA, G. M. da; KURACHI, S. A. H.; FUJIWARA, M. Métodos mecânicos e químico no controle de ervas daninhas em cafezal. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 173-178, 1985.

SINGH, B.; MALHI, S. S. Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soil in a cool temperate environment. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 85, n. 1/2, p. 143-153, Jan. 2006.

SMITH, C. W.; JOHNSTON, M. A.; LORENTZ, S. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. I. The effects of soil type, water content and applied pressure on uni-axial compaction. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 41, n. 3/4, p. 53-73, Nov. 1997.

SNEDECOR, G. W.; COCHARAN, W. G. **Statistical methods**. 8. ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1989.

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, n. 1/2, p. 179-201, Apr. 1990.

SOANE, B. D.; VAN OUWERKERK, C. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 660 p.

SOMMER, C. Management of the arable layer to avoid subsoil compaction. In: WORKSHOP OF THE CONCERTED ACTION ON SUBSOIL COMPACTION, 3., 2000, Uppsala, Sweden. **Proceedings**. . . Uppsala, Sweden: Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, 2000. p. 173-177. Report 100.

SOUZA, I. F.; MELLES, C. do C. A. Controle de plantas daninhas. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do Cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba-SP: Potafos, 1986. p. 401-409.

TAYLOR, D. W. **Fundamentals of soil mechanics**. New York: John Wiley, 1948. 770 p.

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

VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLAKE, C. A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.) **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980.