



PAULA SANT'ANNA MOREIRA PAIS

**CAPACIDADE DE SUPORTE DE CARGA DE
UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
CULTIVADO COM CAFEIROS SUBMETIDO A
DIFERENTES MANEJOS DE PLANTAS
INVASORAS**

LAVRAS – MG

2011

PAULA SANT'ANNA MOREIRA PAIS

**CAPACIDADE DE SUPORTE DE CARGA DE UM LATOSSOLO
VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM CAFEEIROS
SUBMETIDO A DIFERENTES MANEJOS DE PLANTAS INVASORAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Moacir de Souza Dias Junior

**LAVRAS – MG
2011**

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

Pais, Paula Sant'Anna Moreira.

Capacidade de suporte de carga de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com caféeiros submetido a diferentes manejos de plantas invasoras / Paula Sant'Anna Moreira Pais. – Lavras : UFLA, 2011.

83 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Moacir de Souza Dias Junior.

Bibliografia.

1. Compressão uniaxial. 2. Estrutura do solo. 3. *Coffea arabica* L.
4. Pressão de preconsolidação. 5. Curva de compressão do solo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.43

PAULA SANT'ANNA MOREIRA PAIS

**CAPACIDADE DE SUPORTE DE CARGA DE UM LATOSSOLO
VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM CAFEEIROS
SUBMETIDO A DIFERENTES MANEJOS DE PLANTAS INVASORAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 04 de fevereiro de 2011.

Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães EPAMIG

Dr. Elifas Nunes de Alcântara EPAMIG

Dr. Moacir de Souza Dias Junior
Orientador

**LAVRAS – MG
2011**

Aos meus pais Paulo e Cida pelo amor incondicional, educação e exemplo de vida.

Às minhas irmãs Paloma e Pâmela pela amizade e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao professor Dr. Moacir de Souza Dias Junior, pela orientação, ensinamentos, amizade e confiança, ao longo dos anos de trabalho.

Ao Dr. Paulo Gontijo, pela coorientação, participação da banca examinadora.

Ao Dr. Elifas Nunes de Alcântara, por conceder a área para o estudo, e participação da banca examinadora.

À EMBRAPA/CAFÉ, pela concessão da bolsa.

A todos os professores do DCS/UFLA, pelo conhecimento transmitido, auxílio e contribuição ao trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Física do Solo, Dulce Claret Moraes e Doroteo, pela amizade e dedicação ao trabalho.

À Gislene pela amizade e grandes ensinamentos.

A todos os colegas da pós-graduação, especialmente: Adriana Dias, Bruno Silva Pires, Piero, Carla, Daniela, Bruno Lima Soares, Bárbara, Paula Caruana, Inêz, Maykom, Viviane e Ana Paula Corguinha, pelo agradável convívio.

A todos os funcionários do DCS, principalmente à Dirce, pela amizade apoio e dedicação.

Aos meus pais Paulo e Cida, minhas irmãs Paloma e Pâmela, meu namorado Michel, pela paciência, amor e por sempre estarem ao meu lado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho.

Muito obrigada!

RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café, o segundo produto mais comercializado no mundo. O manejo de plantas invasoras é apontado como um dos principais causadores de compactação do solo em lavouras cafeeiras, devido a grande necessidade de ser realizado. Assim, este estudo foi realizado com os objetivos de: i) 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 e identificar o sistema de manejo de plantas invasoras mais resistente e o mais suscetível a compactação e ii) determinar através do uso dos modelos de capacidade de suporte de carga de uma área referencial qual manejo de plantas invasoras causa maior degradação na estrutura do solo. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental da EPAMIG, situada próxima a comunidade Farias, em Lavras-MG. O solo é um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), de textura argilosa, cultivado com cafeeiros da cultivar Topázio MG 1190, desde 2006. Foram avaliados cinco manejos de controle de plantas invasoras na linha de tráfego (grade de discos, herbicida de pós-emergência, herbicida de pré-emergência, roçadora e trincha) e cinco na entrelinha de plantio, onde não houve tráfego (amendoim forrageiro, braquiária, capina manual, crotalária e soja), em três profundidades: 0-3, 10-13 e 25-28 cm. No primeiro estudo foram desenvolvidos modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para o manejo sem capina (utilizado como referência) e os demais manejos foram avaliados com umidade de campo a fim de quantificar o impacto desses em relação à condição referência. Enquanto no segundo estudo foram desenvolvidos MCSC para todos os manejos de plantas invasoras, no sentido de avaliar quais os manejos mais resistentes e mais suscetíveis à compactação nas profundidades amostradas. No primeiro estudo os manejos que promoveram maior impacto na estrutura do solo foram: na profundidade 0-3 cm, grade de discos e roçadora; na profundidade 10-13 cm, trincha, roçadora e grade de discos e na profundidade 25-28cm, herbicida de pós-emergência e roçadora. No segundo estudo, os manejos de plantas invasoras mais resistentes à compactação foram: na profundidade de 0-3 cm, amendoim forrageiro e crotalária; na profundidade 10-13 cm, amendoim forrageiro e na profundidade 25-28 cm, amendoim forrageiro e grade de discos. Já os manejos mais suscetíveis à compactação foram: na profundidade de 0-3 cm, braquiária; na profundidade 10-13 cm, crotalária e na profundidade 25-28 cm, herbicida de pré-emergência.

Palavras-Chave: Compressão uniaxial. Estrutura do solo. Pressão de preconsolidação. Curva de compressão do solo. *Coffea arabica* L.

ABSTRACT

Brazil is the largest producer and exporter of coffee is the second most traded product in the world. The weed managements is identified as a major cause of soil compaction in coffee fields, because the great need to be performed. This study was conducted with the objectives of: i) to develop models of load-bearing capacity (MCSC) for a Red-Yellow Latossol (Oxisol) cultivated with coffee, due to management, preconsolidation pressure and humidity and to identify the system of weed management more resistant and more susceptible to compaction and ii) determine through the use of models of load-bearing capacity of a reference area which management cause further structure degradation. The study was conducted at the Experimental Farm of EPAMIG, located near the community Farias, in Lavras-MG. The soil is a Red-Yellow Latosol (Oxisol) cultivated with coffee plantation using Topazio MG 1190 coffee variety, since 2006. We evaluated five managements of weed control in the traffic line (harrow, post-emergence herbicide, pre-emergence herbicide, mower and brush), and five between the planting rows, with no traffic (peanut, brachiaria, hand weeding, sunn and soybean), at three depths: 0-3, 10-13 and 25-28 cm. In the first study were developed MCSC to manage without no weeding (used as reference) and other management systems were evaluated with moisture field in order to quantify the impact of these in relation to the reference condition. While in the second study were developed MCSC for all weed managements to evaluate which management systems more resistant and more susceptible to compaction at soil depths. In the first study the weed management that have promoted further structure degradation were: in the 0-3 cm depth, harrow and mower; in the 10-13 cm depth, brush, mower and harrow and in the 25-28 cm depth, post-emergence herbicide and mower. In the second study, the weed managements more resistant to compaction were: in the 0-3 cm depth, peanut and sunn; in the 10-13 cm depth, peanut and in the 25-28 cm depth, peanut and harrow. Already the weed managements most susceptible to compaction were: in the 0-3 cm depth brachiaria; in the 10-13 cm depth, sunn and 25-28 cm depth, pre-emergence herbicide.

Keywords: Uniaxial compression. Soil structure. Preconsolidation pressure. Compression curve of the soil. *Coffea arabica* L.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	A cultura do cafeeiro.....	11
2.2	Compactação do solo.....	13
2.3	Manejo de plantas invasoras.....	18
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
	REFERÊNCIAS.....	21
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	31
	ARTIGO 1 Modelagem da capacidade de suporte de carga de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros submetido a diferentes manejos de plantas invasoras.....	31
	ARTIGO 2 Impactos causados por diferentes manejos de plantas invasoras em um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros.....	61

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

No contexto do comércio internacional o Brasil está situado como o maior produtor e exportador de café, e o segundo maior consumidor do produto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC, 2010). O país detém 30% do mercado mundial de café, sendo que na safra estimada em 2010 alcançou 47,2 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado. O café é produzido em 14 Estados e possui atualmente uma área plantada de 2,3 milhões de hectares empregando direta e indiretamente cerca de 8,4 milhões de trabalhadores. Minas Gerais produziu 24,7 milhões de sacas totalizando 52% da produção brasileira e a Região do Sul de Minas Gerais 50,2% da produção estadual (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010).

Desse modo a cultura cafeeira, devido a sua grande importância na economia do país, necessita de estratégias diferenciadas em todos os seus segmentos para atender às exigências do mercado.

A correta manutenção do cafezal é de extrema importância e representa um dos fatores que mais encarecem o produto final. O cafeeiro, como outras culturas, é muito sensível a infestação e à concorrência de plantas invasoras, principalmente quando estas ultrapassam um determinado estágio de desenvolvimento. Em todas as circunstâncias, o controle é obrigatório e representa um dos maiores encargos com a exploração do cafezal, merecendo, assim, ser enfocado com certo detalhe (SOUZA; ALCÂNTARA; MELLES, 1978).

O desenvolvimento da cafeicultura está relacionado com o uso de máquinas agrícolas que podem causar compactação do solo (DIAS JUNIOR, 2000; DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; LARSON et al., 1989), alterando o meio onde o sistema radicular se desenvolve (GYSI, 2001). Assim, quando os solos são trafegados em condições inadequadas de umidade, as tensões aplicadas à superfície do solo podem ser transmitidas ao longo do perfil, resultando em compactação adicional e degradação de sua estrutura, causando aumento da resistência mecânica do solo, que poderá inibir o desenvolvimento adequado do sistema radicular; isso também pode ocorrer quando é aplicado no solo tensões superiores à sua capacidade de suporte de carga (ARAÚJO JÚNIOR, 2010).

O manejo de plantas invasoras é uma das atividades mais intensivas no cultivo do café e sua constante realização pode influenciar tanto a produtividade quanto causar impacto no ambiente, principalmente se for realizado mecanicamente e em condições de umidades inadequadas.

Entretanto o manejo de plantas invasoras não é realizado apenas com a utilização de métodos que envolvam o tráfego de máquinas, mas pode também ser feito com a utilização de plantas de cobertura. Segundo Wildner (1992) quando o manejo é realizado com plantas de cobertura, além de reduzir a incidência de plantas invasoras, funciona também como cobertura do solo possibilitando, controle da erosão, redução das perdas de nutrientes, atenuação das flutuações de temperatura do solo, o que contribui para minimizar os efeitos da compactação do solo.

Deste modo, é importante saber como o manejo de plantas invasoras afeta a capacidade de suporte de carga (CSC) dos solos e a sua susceptibilidade à compactação, principalmente quando é feito o controle mecânico e em condições inadequadas de umidade do solo.

A fim de alcançar um sistema de produção sustentável, uma das alternativas é adotar tecnologias que preservem o solo que é um dos principais fatores de produção na agricultura, tais tecnologias também evitam aumento de custos, quedas de produtividade, redução de rendas e descapitalização do produtor (ALVIM, 2004).

Desse modo, os objetivos desse trabalho são quantificar, analisar e modelar alterações estruturais de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros submetido a diferentes manejos de plantas invasoras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse tópico serão exploradas algumas informações sobre a cultura do cafeeiro, a influência do manejo de plantas invasoras nesta cultura e a compactação do solo, dando enfoque à compactação causada por manejos de plantas invasoras em lavouras cafeeiras.

2.1 A cultura do cafeeiro

No contexto mundial o mercado do café gera recursos da ordem de 91 bilhões de dólares quando são comercializados as 115 milhões de sacas que são produzidas em média. A atividade ainda envolve meio bilhão de pessoas desde a sua produção até o seu consumo final, o que corresponde a 8% da população mundial. No Brasil, analisando o agronegócio, o setor cafeeiro é o que mais emprega gerando em média 8 milhões de empregos diretos e indiretos neste mercado (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2005).

A cafeicultura se destaca economicamente e socialmente na história do Brasil, desde a época colonial. As primeiras exportações expressivas ocorreram em 1802. Entre 1925 e 1929, o café chegou a contribuir isoladamente com 70% do valor das exportações. A partir da década de 70, a produção ganhou um grande impulso com a conquista das regiões do cerrado (BRASIL, 2010).

A diversificada ocupação geográfica do produto tem possibilitado alcançar maiores patamares no comércio, pois permite a produção de variados tipos de café, ampliando a sua capacidade de atender e fazer frente às mais variadas exigências mundiais quanto a paladares e preços.

O maior produtor e exportador e o segundo maior consumidor de café do mundo é o Brasil e seu consumo continua crescendo. Em 2009 foi de 18,39 milhões de sacas, representando um acréscimo de 4,15% em relação a 2008, o que indica que o país ampliou seu consumo interno de café em 740mil sacas (ABIC, 2010).

De acordo com a análise dos dados referentes a 2009, se Minas Gerais fosse um país, seria o segundo maior exportador de café do mundo, atrás apenas do Brasil e apresentando números à frente do Vietnã, país que ocupa oficialmente a vice-liderança com embarques da ordem de 18,8 milhões de sacas. As exportações mineiras de café somaram 20,5 milhões de sacas, volume que representa 68,0% das exportações brasileiras do produto, avaliadas no Perfil Mundial em 30,0 milhões de sacas (BRASIL, 2007).

A região Sul de Minas Gerais é a maior produtora de café do Estado. A atividade de produção cafeeira é a maior geradora de emprego e fixadora de mão-de-obra no meio rural. A cafeicultura tem posição ímpar na economia dado o número de pessoas que emprega. Estimativas apresentam a atividade como empregadora de quatro milhões na produção e de dez milhões de pessoas, se

considerados outros segmentos, tais como comércio, indústria e serviços (SANTOS, 2005).

Assim, pela análise dos dados anteriores, percebe-se a importância da cultura cafeeira e verifica-se que é imprescindível investimentos em estudos que aperfeiçoem o uso dos solos agriculturáveis, já que este é um dos fatores limitantes para aumento da produção do café, assim como de outras culturas.

2.2 Compactação do Solo

Segundo Marshall (1962) a estrutura do solo é definida como sendo o arranjo de suas partículas e do espaço poroso entre elas, incluindo ainda, o tamanho, a forma e o arranjo dos agregados, formados quando partículas se agrupam em unidades separáveis.

O principal tipo de degradação da estrutura do solo é a compactação, que é resultado de um processo de estresse mecânico, e se caracteriza pelo decréscimo em volume e acréscimo de densidade, através da expulsão do ar dos poros do solo (MAGALHÃES; MOLIN; FAULIN, 2004). A compactação do solo também tem sido definida como a compressão do solo não saturado, durante a qual existe um aumento de sua densidade em consequência da redução do seu volume, resultante da expulsão do ar de seus poros devido ao manejo inadequado (ABID; LAL, 2008; DIAS JUNIOR, 2000; GLAB; KULING, 2008; GUPTA; ALLMARAS, 1987; GUPTA; HADAS; SCHAEFER, 1989).

Com a intensa utilização de tecnologias voltadas à mecanização das operações agrícolas, o processo de compactação do solo, causado pelo tráfego, é um fator limitante à obtenção de maior produtividade agrícola (SILVA, 2003).

A compactação do solo tem sido identificada como um dos principais problemas causadores da degradação do solo (DIAS JUNIOR et al., 2007;

PAGLIAI, 2007). Os diferentes usos do solo têm alterado as propriedades físicas e mecânicas do solo (AJAYI et al., 2009b; ARAÚJO JÚNIOR et al., 2008; SEVERIANO et al., 2008), causando compactação e restringindo a penetração de raízes (GYSI, 2001).

A compactação aumenta a densidade do solo e a sua resistência mecânica (GONTIJO et al., 2007), diminui a porosidade total, tamanho e continuidade dos poros (GLAB; KULING, 2008; SERVADIO et al., 2001; SEVERIANO et al., 2008), a absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular (ARVIDSSON, 2001; DÜRR; AUBERTOT, 2000; ISHAQ et al., 2001; LIPIEC et al., 2006), e aumento da capacidade de suporte de carga do solo (ARAÚJO JUNIOR et al., 2008; DIAS JUNIOR et al., 2007; MIRANDA et al., 2003; SILVA et al., 2006), resultando em decréscimo produção (DAUDA; SAMARI, 2002), aumento da erosão e da energia necessária para o preparo do solo (CANILLAS; SALOKHE, 2002).

O processo de compactação é influenciado por fatores externos (LEBERT; HORN, 1991) destacando-se o tipo, a intensidade e frequência de carga aplicada pelas máquinas agrícolas, como carga por eixo, área de contato do rodado com o solo, pressão de inflação dos pneus (CASTRO NETO, 2001) e por fatores internos destacando-se a história de tensão (DIAS JUNIOR, 1994; DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; REINERT, 1990), umidade do solo (DIAS JUNIOR, 1994; SILVA et al., 2000), textura, estrutura e densidade inicial do solo (DIAS JUNIOR, 1994; GUPTA; HADAS; SCHAEFER, 1989; LARSON; GUPTA; USECHE, 1980; SILVA et al., 2000) e teor de carbono do solo (ASSOULINE; TAVARES-FILHO; TESSIER, 1997; ETANA; COMIA; HAKANSON, 1997; SOANE, 1990).

A preservação da estrutura do solo está relacionada com a sua capacidade de suporte de carga e suas alterações podem ser identificadas através da curva de compressão do solo (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; LARSON et al., 1989; LARSON; GUPTA; USECHE, 1980). Esta curva representa graficamente a relação entre o logaritmo da pressão aplicada e alguma propriedade relacionada com o arranjo das partículas do solo, sendo o parâmetro mais frequentemente utilizado a densidade do solo (CASAGRANDE, 1936; DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; HOLTZ; KOVACS, 1981; KONDO, 1998).

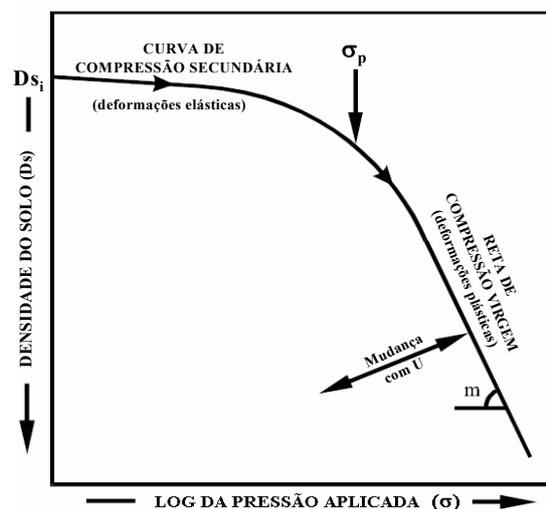


Gráfico 1 Curva de compressão do solo quando este já sofreu pressões prévias
Fonte: Dias Junior e Pierce (1996)

Para avaliar a capacidade de suporte de carga de solos parcialmente saturados, o ensaio de compressão uniaxial tem sido utilizado para obter a pressão de pré-consolidação (σ_p) a partir da curva de compressão do solo (DIAS JUNIOR, 1994; KONDO, 1998, 2003; LIMA, 2004; MIRANDA, 2001; SILVA, 2003).

Quando o solo não sofreu nenhuma pressão prévia, a relação entre σ_p e umidade é linear e a aplicação de qualquer pressão resultará em deformação não recuperável (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; GUPTA; ALLMARAS, 1987; LARSON; GUPTA; USECHE, 1980; LEBERT; HORN, 1991), 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 determinara a formação de duas regiões distintas na curva de compressão do solo: a curva de compressão secundária e a curva de compressão virgem (Gráfico 1) (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; HORN, 2004; HORN; LEBERT, 1994; KONDO, 2003; LEBERT; HORN, 1991).

A pressão de preconsolidação (σ_p) é uma medida da resistência mecânica dos solos a qual é resultado de processos pedogenéticos, efeitos antropogênicos ou das condições hidráulicas específicas do local (HORN; VOSSBRINK; BECKER, 2004).

A pressão de preconsolidação tem sido utilizada como indicador da capacidade de suporte de carga e da resistência mecânica do solo, para estimar quantitativamente o risco de compactação do solo (ALAKUKKU et al., 2003) em uma condição específica, num dado conteúdo de água ou potencial de água (BERLI et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2003; PENG et al., 2004). Quando a pressão de preconsolidação é expressa em função dos diferentes conteúdos de água ou potencial matricial, essa relação é conhecida como modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) (AJAYI et al., 2009a, 2009b; ARAÚJO JÚNIOR et al., 2008; BERLI et al., 2003; DIAS JUNIOR, 1994; DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; HORN; VOSSBRINK; BECKER, 2004; KONDO; DIAS JUNIOR, 1999; OLIVEIRA et al., 2003; PENG et al., 2004).

A capacidade de suporte de carga (CSC) é definida como a capacidade da estrutura do solo em resistir tensões induzidas pelo tráfego de máquinas ou pisoteio animal sem mudanças no arranjo tridimensional das partículas constituintes do solo (ALAKUKKU et al., 2003). Quando as tensões aplicadas aos solos excederem sua CSC, a estrutura do solo será alterada e a compactação adicional ocorrerá (AKKER; SOANE, 2005; DIAS JUNIOR, 2000; DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; HORN; VOSSBRINK; BECKER, 2004; LEBERT; BÖKEN; GLANTE, 2007).

O modelo de capacidade de suporte de carga (MCSC) desenvolvido por Dias Junior (1994), indica um prognóstico da pressão máxima que o solo pode suportar para diferentes umidades sem sofrer compactação adicional, ou seja, degradação da estrutura do solo.

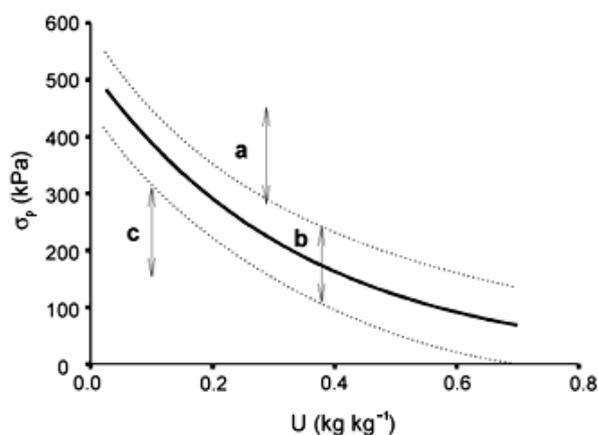


Gráfico 2 Modelo de capacidade de suporte de carga, subdividido em três regiões

Fonte: Dias Junior et al. (2005)

De acordo com Dias Junior et al. (2005) o MCSC é subdividido em três regiões (Gráfico 2), a região a (onde ocorreu compactação adicional), a região b

(onde não ocorreu compactação adicional, mas há tendência de ocorrer) e a região c (onde não ocorreu compactação adicional).

Esses MCSC são importantes porque indicam a máxima pressão que o solo suportará em diferentes umidades sem que haja compactação adicional. Assim esses MCSC podem ser usados como subsídio para decidir sobre executar ou não uma operação motomecanizada ou ainda se deve ou não trafegar em uma determinada área (KONDO, 2003).

2.3 Manejo de plantas invasoras

O manejo de plantas invasoras 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 (ALCÂNTARA, 1997; FARIA et al., 1998).

Vários aspectos devem ser considerados na escolha do manejo de plantas invasoras, havendo necessidade de elaborar um plano menos impactante ao sistema solo-água-planta (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 (ARAÚJO JÚNIOR, 2007).

Os métodos de manejo de plantas invasoras podem ser divididos em: métodos manuais, métodos mecânicos, com a utilização de implementos agrícolas e métodos químicos, que demandam a utilização de herbicidas (ARAÚJO JÚNIOR, 2007).

A capina, ou método manual, deve ser empregada quando a declividade ou o sistema de plantio da lavoura não permitem mecanização. Este método deixou de ser economicamente viável (LORENZI, 2006; SOUZA; MELLES, 1986), em áreas extensas ocupadas pela cafeicultura.

As capinas mecânicas, como a utilização de roçadora e a roçacarpa, assumem grande importância com a escassez da mão-de-obra e seu consequente custo. Além disso, o uso de roçadoras proporciona bom controle da erosão, devido a pequena movimentação do solo e a cobertura permanente (SOUZA; MELLES, 1986). Outro aspecto positivo da roçada e 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).

Outro tipo de manejo de plantas invasoras 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, 2000).

Assim, o entendimento de como os diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras afetam a CSC, bem como a resistência à compactação do solo, torna-se essencial para adaptar o manejo de lavouras cafeeiras de forma condizente já que a CSC reflete a resistência do solo à compactação bem como a resistência imposta ao sistema radicular dos cafeeiros (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2008; SANTOS, 2006).

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para que se tenha um sistema produtivo sustentável é importante que seja feito um monitoramento dos atributos físicos e mecânicos do solo, visando redução da degradação estrutural.

Desse modo, estudos que identificam e quantificam os efeitos causados pelos diferentes manejos de plantas invasoras na estrutura do Latossolo Vermelho-Amarelo, são importantes ferramentas para adaptar o manejo de forma condizente, tendo em vista o desenvolvimento de uma cafeicultura sustentável.

REFERÊNCIAS

ABID, M.; LAL, R. Tillage and drainage impact on soil quality: I., aggregate stability, carbon and nitrogen pools. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 100, n. 1/2, p. 89-98, July/Aug. 2008.

AJAYI, A. E. et al. Relation of strength and mineralogical attributes in Brazilian latosols. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, n. 1, p. 14-18, Jan. 2009a.

_____. Strength attributes and compaction susceptibility of Brazilian Latosols. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 122-127, Sept. 2009b.

AKKER, J. J. H. van den; SOANE, B. Compaction. In: HILLEL, D. et al. (Ed.). **Encyclopedia of soils in the environment**. New York: Academic, 2005. p. 285-293.

ALAKUKKU, L. et al. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1/2, p. 145-160, Oct. 2003.

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. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

ALCÂNTARA, E. N. de; 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, MG, v. 24, n. 4, p. 711-721, out./dez. 2000.

ALVIM, M. I. S. A. Competitividade da produção de café na região do cerrado de Minas Gerais. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS REGIONAIS, 3., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: PUC Minas, 2004. p. 78-83.

ARAÚJO JÚNIOR, C. F. **Capacidade de suporte de carga de um Latossolo após três décadas de diferentes manejos de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira**. 2010. 143 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ARAÚJO JÚNIOR, 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, 2007.

ARAÚJO JÚNIOR, C. F. et al. Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejos de plantas invasoras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 25-32, jan./fev. 2008.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Indicadores da indústria de café no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 16 out. 2010.

ASSOULINE, S.; TAVARES-FILHO, J.; TESSIER, D. Effect of compaction on soil physical and hydraulic properties: experimental results and modeling. **Soil Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 62, p. 390-398, Mar./Apr. 1997.

BERLI, M. et al. Modelling compaction of agricultural subsoils by tracked heavy construction machinery under various moisture conditions in Switzerland. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1/2, p. 57-66, Oct. 2003.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Desenvolvimento. **Estimativa da safra de café janeiro 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 8 out. 2010.

_____. **Fundo de defesa da economia cafeeira relatório de atividades 2007**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 26 set. 2010.

- CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2, p. 221-230, May 2002.
- CASAGRANDE, A. The determination of the pré-consolidation load its practical significance. In: CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 1., 1936, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: MA Harvard University, 1936. p. 60-64.
- CASTRO NETO, P. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos e metodologia para determinação de parâmetros físicos do solo relacionado a dias trabalháveis com máquinas agrícolas**. 2001. 155 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café: safra 2010 terceira estimativa**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/aceso>>. Acesso em: 5 out. 2010.
- DAUDA, A.; SAMARI, A. Cowpea yield response to soil compaction under tractor on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigeria. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 68, n. 1, p. 17-22, Oct. 2002.
- 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, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 55-94.
- _____. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114 f. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) - Michigan State University, East Lansing, 1994.
- DIAS JUNIOR, M. de S. et al. Soil compaction due to forest harvest operations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 257-264, fev. 2007.
- _____. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to *Eucalyptus* harvest operations. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 248-255, 2005.
- DIAS JUNIOR, M. 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.

DÜRR, C.; AUBERTOT, J. N. Emergence of seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) as affected by size, roughness and position of aggregates in the seedbed. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 219, n. 1/2, p. 211-220, Mar. 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A importância do café nosso de todos os dias**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias>>. Acesso em: 15 out. 2010.

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

FARIA, J. C. et al. Effects of weed control on physical and micropedological properties of brazilian Ultisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 3, p. 731-741, jul./set. 1998.

GLAB, T.; KULING, B. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 99, n. 2, p. 169-178, June 2008.

GONTIJO, I. et al. Planejamento amostral da pressão de preconsolidação de um Latossolo Vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1245-1254, nov./dez. 2007.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. In: STEWART, B. A. (Ed.). **Advances in soil science**. New York: Springer-Verlag, 1987. p. 65-100.

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

GYSI, M. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic in Switzerland: field data and a critical state soil mechanics model approach. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 61, n. 3/4, p. 133-142, Sept. 2001.

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

HORN, R. Time dependence of soil mechanical properties and pore functions for arable soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 4, p. 1131-1137, July/Aug. 2004.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactibility and compressibility. In: SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. van. (Ed.). **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 45-69.

HORN, R.; VOSSBRINK, J.; BECKER, S. Modern forestry vehicles and their impacts on soil physical properties. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, n. 2, p. 207-219, Dec. 2004.

ISHAQ, M. et al. Subsoil compaction effects on crop in Punjab, Pakistan: II., root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 60, n. 3/4, p. 153-161, July 2001.

KONDO, M. K. **Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos**. 1998. 95 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

_____. **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, 2003.

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

LARSON, W. E. et al. **Mechanics and related processes in structured agricultural soils**. Netherlands: Kluwer Academic, 1989. 273 p. (Nato Applied Science, 172).

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 soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, n. 2/3, p. 275-286, Feb. 1991.

LIMA, C. L. R. de. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. 2004. 49 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004.

LIPIEC, J. et al. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 89, n. 2, p. 210-220, Sept. 2006.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 6. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2006. 362 p.

MAGALHÃES, R. P.; MOLIN, J. P.; FAULIN, G. D. C. Estudo da espacialidade do índice de cone em função do local amostrado em uma lavoura de café (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 4., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. p. 1-7.

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

MIRANDA, E. E. V. **Avaliação da sustentabilidade da estrutura de um Latossolo sob cultivo de cafeeiro na região dos Cerrados**. 2001. 57 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MIRANDA, E. E. V. et al. Efeito do manejo e do tráfego nos modelos de sustentabilidade da estrutura de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, p. 1506-1515, dez. 2003. Edição especial.

OLIVEIRA, G. C. de et al. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, fev. 2003.

PAGLIAI, M. **Soil structure**. Trieste: College on Soil Physics; International Centre for Theoretical Physics, 2007. 27 p.

PENG, X. H. et al. Mechanisms of soil vulnerability to compaction of homogenized and recompacted Ultisols. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, n. 2, p. 125-137, Apr. 2004.

REINERT, D. J. **Soil structural form and stability induced by tillage in a typic hapludalf**. 1990. 128 f. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) - Michigan State University, East Lansing, 1990.

SANTOS, G. A. **Capacidade de suporte de carga de um Latossolo cultivado com cafeeiros sob métodos associados de controle de plantas daninhas**. 2006. 103 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SANTOS, M. N. **Métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro e seus efeitos na agregação e em frações da matéria orgânica do solo**. 2005. 64 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SERVADIO, P. et al. Effects on some clay soil qualities following the passage of rubber-tracked and wheeled tractors in central Italy. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 61, n. 3/4, p. 143-155, Sept. 2001.

SEVERIANO, E. C. et al. Pressão de preconsoidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais de um Latossolo e de um Cambissolo sob cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1419-1427, jul./ago. 2008.

SILVA, A. R. **Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos impactos causados pelas operações mecanizadas na estrutura de um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros**. 2003. 39 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SILVA, A. R. et al. 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, V. R. et al. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho Escuro e de um Podzólico Vermelho Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 239-249, abr./jun. 2000.

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

SOUZA, I. F.; ALCÂNTARA, E. N.; MELLES, C. C. A. Controle de ervas daninhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, n. 44, p. 56-66, 1978.

SOUZA, I. F.; MELLES, C. do C. A. Controle de plantas daninhas. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 401-409.

WILDNER, L. P. Utilização de espécies de verão para adubação verde, cobertura e recuperação do solo em Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., 1992, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: AEACM, 1992. p. 144-160.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1 MODELAGEM DA CAPACIDADE DE SUPORTE DE CARGA DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM CAFEIROS SUBMETIDO A DIFERENTES MANEJOS DE PLANTAS INVASORAS ⁽¹⁾

Normas da Revista Brasileira de Ciência do Solo (versão preliminar)

Paula Sant'Anna Moreira Pais⁽²⁾, Moacir de Souza Dias Junior⁽³⁾, Gislene Aparecida dos Santos⁽⁴⁾, Adriana Cristina Dias⁽⁵⁾, Paulo Tácito Gontijo Guimarães⁽⁶⁾ e Elifas Nunes de Alcântara⁽⁷⁾

RESUMO

O conhecimento dos níveis de pressão aplicados aos solos pelos diferentes manejos de plantas invasoras é importante para adaptar o manejo de lavouras

⁽¹⁾ Parte da dissertação da primeira autora.

⁽²⁾ Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras –UFLA. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG. E-mail: paulaufla@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. Email: msouzadj@ufla.br

⁽⁴⁾ Bolsista de Pós-doutorado - PNPd/CAPES - Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e da Água - DSER - CCA/UFPB. CEP 58.397.000, Areia/PB . E-mail: gisantosolos@yahoo.com.br

⁽⁵⁾ Mestranda em Ciência do Solo, UFLA. E-mail: drikinha.ufla@gmail.com.

⁽⁶⁾ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. Campus UFLA, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras -MG. E-mail: paulotgg@epamig.ufla.br

⁽⁷⁾ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. Campus UFLA, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras -MG. E-mail: paulotgg@epamig.ufla.br

cafeeiras de forma sustentável. Os objetivos deste estudo foram: 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 e, identificar o sistema de manejo de plantas invasoras mais resistente e o mais suscetível a compactação. O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, situada próxima a comunidade Farias, em Lavras-MG. O solo é um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) cultivado desde 2006 com cafeeiros da cultivar Topázio MG 1190. Foram avaliados cinco manejos de controle de plantas invasoras na linha de tráfego (grade de discos, herbicida de pós-emergência, herbicida de pré-emergência, roçadora e trincha) e cinco na entrelinha de plantio, onde não houve tráfego (amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), braquiária (*Brachiaria decumbens*), capina manual, crotalária (*Crotalaria juncea*) e soja (*Glicine Max* (L.)Merr), em três profundidades: 0-3, 10-13 e 25-28 cm. Os manejos de plantas invasoras mais resistentes à compactação foram: na profundidade de 0-3 cm, amendoim forrageiro e crotalária; na profundidade 10-13 cm, amendoim forrageiro e na profundidade 25-28 cm, amendoim forrageiro e grade de discos. Já os manejos mais suscetíveis à compactação foram: na profundidade de 0-3 cm, braquiária; na profundidade 10-13 cm, crotalária e na profundidade 25-28 cm, herbicida de pré-emergência.

Termos de indexação: cafeicultura, compactação do solo, sustentabilidade, pressão de preconsolidação, estrutura do solo.

SUMMARY: LOAD BEARING CAPACITY OF A RED-YELLOW LATOSOL CULTIVATE WITH COFFEE PLANTS SUBJECTED TO DIFFERENT WEED MANAGERMENTS

The knowledge of the levels of pressure applied to the soil by different weed managements is important to adapt the management of coffee plantations in a sustainable manner. The objectives of this study were to develop models of load-bearing capacity (MCSC) for a Red-Yellow Latosol (Oxisol) cultivated with coffee, due to management, preconsolidation pressure and humidity and to identify the system of weed management more resistant and more susceptible to compaction. The study was conducted at the Experimental Farm of EPAMIG, located near the community Farias, in Lavras-MG. The soil is a Red-Yellow Latosol (LVA) cultivated with coffee plantation using Topazio MG 1190 coffee variety, since 2006. We evaluated five managements of weed control in the traffic line (harrow, post-emergence herbicide, pre-emergence herbicide, mower and brush), and five between the planting rows, with no traffic (peanut (*Arachis pintoii*), braquiaria (*Brachiaria decumbens*), hand weeding, sunn (*Crotalaria juncea*) and soybean (*Glicine Max* (L.)Merr), at three depths: 0-3, 10-13 and 25-28 cm. The weed management more resistant to compaction were: in the 0-3 cm depth, peanut and sunn; in the 10-13 cm depth, peanut and in the 25-28 cm depth, peanut and harrow. Already the weed managements more susceptible to compaction were: in the 0-3 cm depth, braquiaria; in the 10-13 cm depth, sunn and in the 25-28 cm depth, pre-emergence herbicide.

Index Terms: coffee culture, soil compaction, sustainability, preconsolidation pressure, soil structure.

INTRODUÇÃO

A importância da cultura cafeeira para a economia brasileira é indiscutível principalmente pelas divisas internacionais que ela proporciona, além de absorver um grande número de mão-de-obra. Em virtude do tempo de exploração, bem como a forma como é explorada, esta cultura do café permitiu grandes avanços tecnológicos de exploração para otimizar o seu produto final, principalmente se for observado o número de países que entraram no mercado nas últimas décadas, o que obrigou o produtor brasileiro a também ter um produto final de qualidade, embora ainda com um custo final elevado (Marino, 2002).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café, e o segundo maior consumidor do produto (MAPA, 2007), e seu consumo continua crescendo. Em 2009 foi de 18,39 milhões de sacas, representando um acréscimo de 4,15% em relação a 2008, o que indica que o país ampliou seu consumo interno de café em 740mil sacas (ABIC, 2009).

Minas Gerais é maior exportador nacional de café, e a análise dos dados referentes a 2009 nos permite concluir que, se Minas Gerais fosse um país, seria o segundo maior exportador de café do mundo, atrás apenas do Brasil e apresentando números à frente do Vietnã, país que ocupa oficialmente a vice-liderança com embarques da ordem de 18,8 milhões de sacas. As exportações mineiras de café somaram 20,5 milhões de sacas, volume que representa 68,0% das exportações brasileiras do produto, avaliadas no Perfil Mundial em 30,0 milhões de sacas. (MAPA, 2010).

Para que o produtor brasileiro alcançasse esse patamar, ele foi obrigado a adotar novas tecnologias, melhorando a qualidade do seu produto final (Marino, 2002). Mas adotar essas inovações tem um custo final elevado.

O cafeeiro é muito sensível a infestação e à concorrência de plantas invasoras, principalmente quando estas ultrapassam um determinado estágio de desenvolvimento. Em todas as circunstâncias, o controle é obrigatório e representa um dos maiores encargos com a exploração do cafezal, merecendo, assim, ser focado com certo detalhe (Souza et al., 1978).

Devido a essa sensibilidade do cafeeiro à infestação de plantas invasoras, uma das práticas efetuadas com maior frequência na cafeicultura é o manejo de plantas invasoras (Santos et al., 2009).

Normalmente, o manejo de plantas invasoras na cultura do cafeeiro está relacionado com o uso de maquinários agrícolas que podem causar compactação do solo (Larson et al., 1989; Dias Junior & Pierce, 1996; Dias Junior, 2000), principalmente quando realizado em umidades inadequadas, alterando o meio onde o sistema radicular se desenvolve (Gysi, 2001) e promovendo degradação da estrutura do solo devido à compactação causando redução na produção das culturas e um aumento no escoamento superficial de água e da erosão (Araujo Junior, 2007).

Vários aspectos devem ser considerados na escolha do manejo de plantas invasoras, necessitando portanto, elaborar um plano menos impactante ao sistema solo-água-planta (Santos et al., 2009), uma vez que o manejo de plantas invasoras não pode ser analisado somente a partir de observações pontuais de um processo de competição por água e luz entre as plantas invasoras e a cultura principal (Faria et al., 1998).

Assim, torna-se essencial entender como os diferentes manejos de plantas invasoras afetam a capacidade de suporte de carga dos solos, e em consequência a sua resistência à compactação do solo, para adaptar o manejo de plantas invasoras das lavouras cafeeiras de forma condizente visando maior

longevidade da lavoura, e uma maior produtividade sem causar degradação da estrutura dos solos (Santos, 2006; Araujo-Junior et al., 2008).

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) identificar o sistema de manejo de plantas invasoras mais resistente e o mais suscetível a compactação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), situada próximo a comunidade Farias, localizada no município de Lavras, MG.

O clima é do tipo Cwa, conforme a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual está em torno de 19,3°C, tendo, no mês mais quente e no mês mais frio, temperaturas médias de 22,1°C e 15,8°C, respectivamente. A precipitação anual média é de 1.530mm, a evaporação total do ano igual a 1.343mm e a umidade relativa média anual de 76% (BRASIL, 1992).

O solo da área em estudo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) textura argilosa (Embrapa 2006) (Tabela 1).

Tabela 1 Caracterização física do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA).

Profundidade	Argila	Areia	Silte	Dp
cm	g kg⁻¹			Mg kg⁻¹
0-3	59	11	30	2,54
10-13	60	13	27	2,54
25-28	59	9	32	2,54

O estudo foi realizado em uma lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.) implantada em 2006, com a cultivar Topázio MG 1190.

De acordo com o histórico, a área, antes da instalação do experimento, era composta por uma vegetação natural de campo limpo, com presença de alguns arbustos de cerrado.

Para a instalação do experimento, foi feita uma limpeza na área utilizando um trator de esteira e, posteriormente foi feita uma gradagem com um trator traçado, na profundidade de 30 cm.

Foram avaliados dez manejos de plantas invasoras sendo cinco realizados através do controle mecânico; grade de discos a 15 cm de profundidade (GD), herbicida de pós-emergência (HPós), herbicida de pré-emergência (HPré), roçadora (RÇ) e trincha (TC), sendo as amostras indeformadas coletadas nas linhas de tráfego e cinco manejos através de plantas e portanto, sem tráfego de máquinas; amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*)(AF), braquiária (*Brachiaria decumbens*) (BD), capina manual (CM), crotalaria (*Crotalaria juncea*)(CR) e soja (*Glicine max* (L.) Merr.)(SJ), sendo as amostras indeformadas coletadas nas entrelinhas de plantio do cafeeiro.

Para o manejo com grade de discos foi utilizada uma grade com 16 discos dispostos em V e massa aproximada de 262 kg. A trincha utilizada no experimento foi a TRITTON 1300 RB, com massa aproximada de 570 kg. E para o manejo de plantas invasoras com roçadora foi utilizada uma Kamaq KDD 230 ECO Cruiser, de massa aproximada em 560 kg.

Todas as operações de controle mecânico foram efetuadas sempre que se observava 90% da área coberta pelas plantas invasoras e/ou essas apresentavam cerca de 0,45m de altura (Alcântara & Ferreira, 2000; Araujo-Junior, et. al., 2008; Alcântara et al., 2009). Desde a implantação da lavoura os manejos utilizados nas entrelinhas foram os mesmos e o número médio de operações

adotadas para controle satisfatório das plantas invasoras, durante os anos, variou de acordo com o sistema de manejo adotado. Assim, o número médio de operações necessárias para o controle das plantas daninhas, durante cada ano, variou conforme o método: CM (5), GD (3), RÇ (5), TC (5), HPré (2) e HPós (3 operações/ano).

As operações de controle mecânico de plantas invasoras nas entrelinhas, foram realizadas com um trator Massey Ferguson 292, (massa aproximada de 5.000 kg) e o controle das invasoras na linha foi sempre feito com a aplicação de herbicida após uma limpeza (trilha) feita com enxada.

A amostragem foi realizada em janeiro de 2010. Nesse período, foram coletadas aleatoriamente, nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, 10 amostras indeformadas por profundidade, totalizando 300 amostras (10 amostras x 3 profundidades x 10 tratamentos). As amostras indeformadas foram coletadas utilizando um amostrador de Uhland com anel volumétrico de 6,40 cm de diâmetro interno por 2,54 cm de altura. Essas profundidades de amostragem foram adotadas em razão de a maior influência dos sistemas de manejo de plantas invasoras no solo ocorrer até 30 cm (Alcântara & Ferreira, 2000; Araujo-Junior et al., 2008).

Depois de coletadas, as amostras indeformadas foram embaladas em filme plástico e parafinadas para preservação da estrutura do solo e da umidade natural.

No excedente de solo das amostras indeformadas das partes superiores e inferiores dos anéis, foram realizadas as análises granulométrica, pelo método da pipeta (Day, 1965) e densidade de partículas, pelo método do pincômetro (Blake & Hartge, 1986).

Para obtenção dos modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC), as amostras indeformadas foram saturadas e submetidas a diferentes tensões com

o auxílio de uma unidade de sucção (tensões 2, 4, 6, 10 kPa) e do extrator de Richards (nas tensões 33, 100, 500 e 1.500 kPa), para obtenção de diferentes umidades volumétricas. Depois que as amostras entraram em equilíbrio, foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial, de acordo com Bowles (1986) modificado por Dias Junior (1994).

No ensaio de compressão uniaxial foram utilizados consolidômetros da marca Board Longyer, cuja aplicação das pressões se faz através da utilização de ar comprimido. As pressões aplicadas às amostras foram as seguintes: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600 KPa. Estas foram aplicadas às amostras até que 90% de sua deformação máxima fosse alcançada (Taylor, 1948; Holtz & Kovacs, 1981).

Após a realização dos ensaios, as pressões de preconsolidação foram determinadas de acordo com Dias Junior & Pierce (1995) a partir da curva de compressão do solo. Estas pressões de preconsolidação foram plotadas em função das umidades volumétricas usando o software Sigma Plot 10.0 (2006).

A seguir equações matemáticas foram ajustadas aos dados obtendo-se os modelos de capacidade de suporte de carga de acordo com Dias Junior (1994), os quais são expressos pela equação $\sigma_p = 10^{(a+b \theta)}$, em que σ_p é a pressão de preconsolidação, θ a umidade volumétrica do solo, e “a” e “b” os coeficientes de ajuste da regressão.

Para os modelos de capacidade de suporte de carga as análises de regressão foram realizadas com o uso do software Sigma Plot 10.0 (Jandel Scientific) e as comparações das regressões foram feitas utilizando o procedimento descrito em Snedecor & Cochran (1989).

RESULTADOS

Os coeficientes dos MCSC [$\sigma_p = 10^{(a + b\theta)}$] ajustados para as camadas do LVA nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, sob diferentes manejos de plantas invasoras, estão apresentados nas figuras 1 a 5. Os valores de “a” (coeficiente linear da regressão linearizada) variaram de 2,68 a 3,83, e os de “b” (coeficiente angular da regressão linearizada), entre -1,03 e -3,80. Os coeficientes de determinação (R^2) foram todos significativos a 1 % pelo teste t-Student e variaram de 0,80 a 0,97.

Para verificar as possíveis alterações da estrutura do LVA causadas pelos diferentes manejos das plantas invasoras, os MCSC foram comparados nas diferentes profundidades dentro de cada condição de manejo (Tabela 2).

Os MCSC para os manejos AF, BD e SJ foram homogêneos nas profundidades 0-3 e 10-13, segundo o teste de Snedecor & Cochran (1989) (Tabela 2). Portanto, para cada manejo, novas equações foram obtidas, considerando todos os valores de $\sigma_p \times \theta$ (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5). Comparando-se os MCSC obtidos para as profundidades 0-3 e 10-13 cm com o modelo para 25-28 cm para os manejos mencionados, eles foram estatisticamente diferentes (Tabela 2). Já para os manejos CM, CR, GD, HPós, HPré, RÇ e TC, os MCSC foram estatisticamente diferentes para as profundidades 0-3, 10-13 e 25-28 cm (Tabela 2).

Tabela 2 Teste de significância⁽¹⁾ entre os modelos de capacidade de suporte de carga [$\sigma_p = 10^{(a + b\theta)}$] de um Latossolo Vermelho-Amarelo para as diferentes manejos de plantas invasoras.

Manejo de plantas invasoras	Camada (cm)	F	F	
			Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Amendoim Forrageiro (AF)	0-3 vs 10-13	H	ns	ns
Amendoim Forrageiro (AF)	0-3 e 10-13 vs 25-28	H	ns	**
<i>Brachiaria decumbens</i> (BD)	0-3 vs 10-13	H	ns	ns
<i>Brachiaria decumbens</i> (BD)	0-3 e 10-13 vs 25-28	H	ns	*
Capina Manual (CM)	0-3 vs 10-13	H	**	**
Capina Manual (CM)	0-3 vs 25-28	H	ns	**
Capina Manual (CM)	10-13 vs 25-28	H	ns	**
Crotalaria (CR)	0-3 vs 10-13	H	ns	**
Crotalaria (CR)	0-3 vs 25-28	H	ns	**
Crotalaria (CR)	10-13 vs 25-28	H	ns	**
Grade de Discos (GD)	0-3 vs 10-13	H	ns	**
Grade de Discos (GD)	0-3 vs 25-28	H	**	**
Grade de Discos (GD)	10-13 vs 25-28	H	**	ns
Herbicida de Pós-emergência (HPós)	0-3 vs 10-13	H	**	**
Herbicida de Pós-emergência (HPós)	0-3 vs 25-28	H	ns	**
Herbicida de Pós-emergência (HPós)	10-13 vs 25-28	H	ns	**
Herbicida de Pré-emergência (HPré)	0-3 vs 10-13	H	**	**
Herbicida de Pré-emergência (HPré)	0-3 vs 25-28	H	ns	**
Herbicida de Pré-emergência (HPré)	10-13 vs 25-28	H	ns	**
Roçadora(RÇ)	0-3 vs 10-13	NH	**	ns
Roçadora (RÇ)	0-3 vs 25-28	H	ns	**
Roçadora (RÇ)	10-13 vs 25-28	H	**	**
Soja (SJ)	0-3 vs 10-13	H	ns	ns
Soja (SJ)	0-3 e 10-13 vs 25-28	H	ns	**
Trincha (TC)	0-3 vs 10-13	H	**	**
Trincha (TC)	0-3 vs 25-28	H	**	**
Trincha (TC)	10-13 vs 25-28	H	ns	**

⁽¹⁾ Snedecor & Cochran (1989). H: homogêneo; NH: não-homogêneo; **, * e ns: significativos a 1 e 5 % e não-significativo, respectivamente.

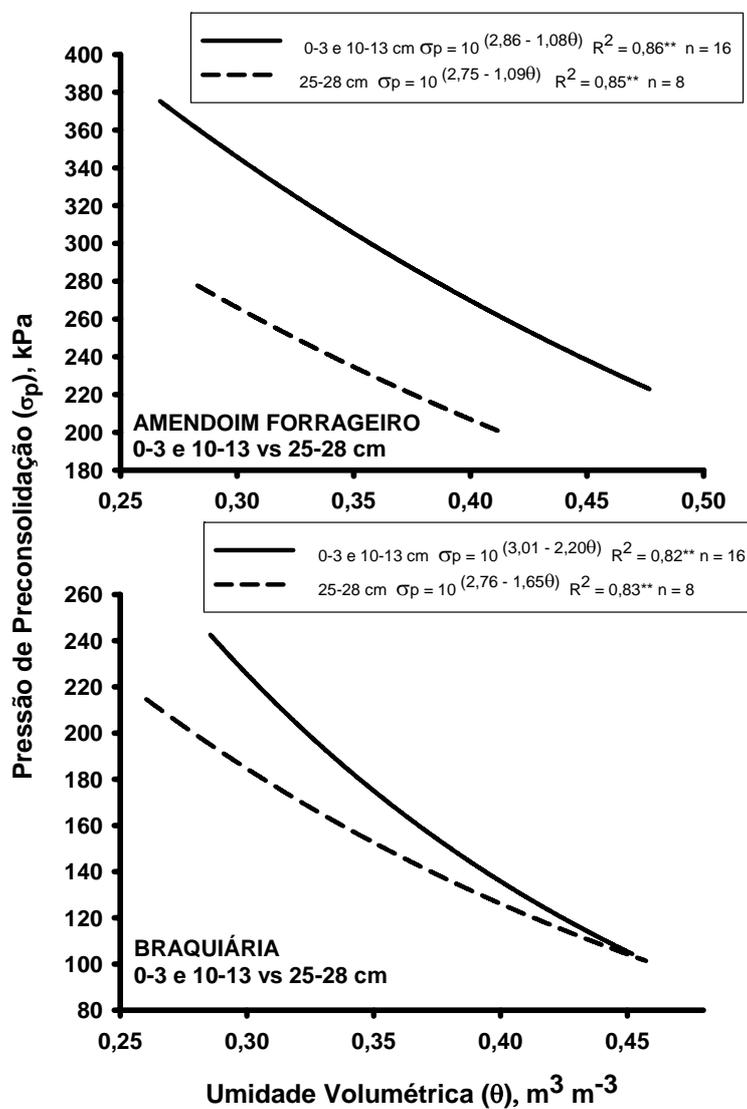


Figura 1 Modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para os manejos com amendoim forrageiro (AF) e braquiária (BD), para as profundidades 0-3, 10-13 e 25-28 cm.

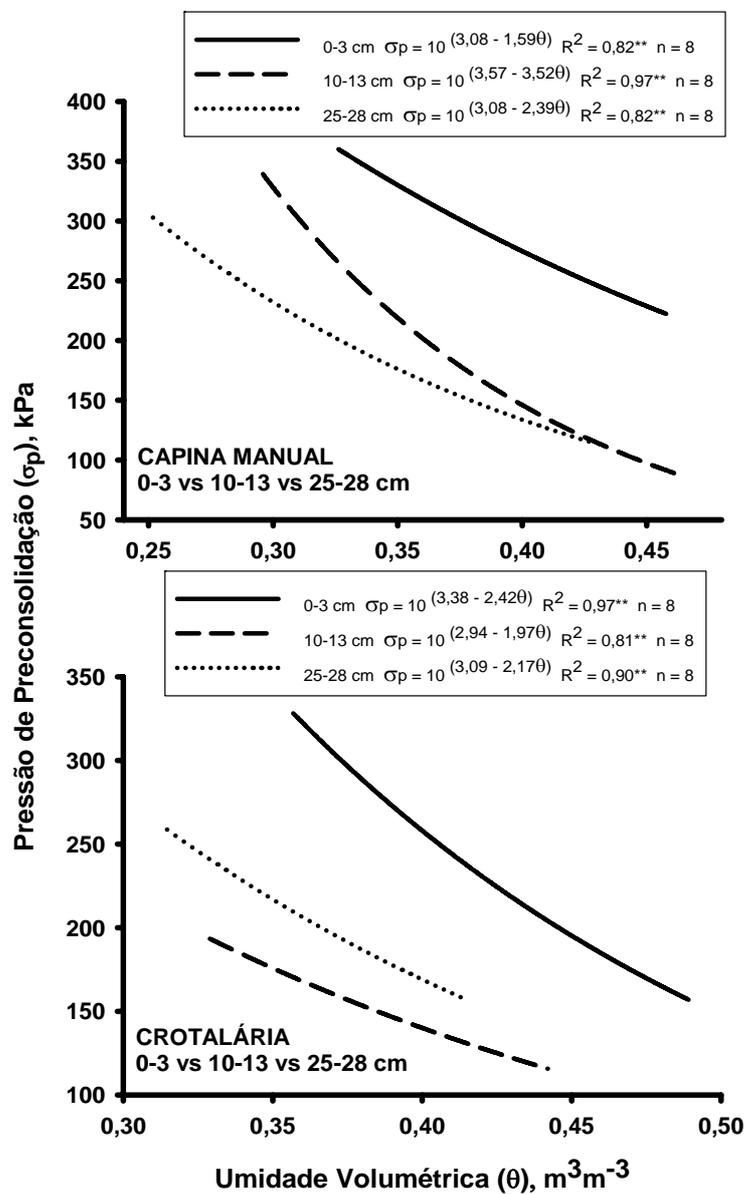


Figura 2 Modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para os manejos com capina manual (CM) e crotalária (CR), para as profundidades 0-3, 10-13 e 25-28 cm.

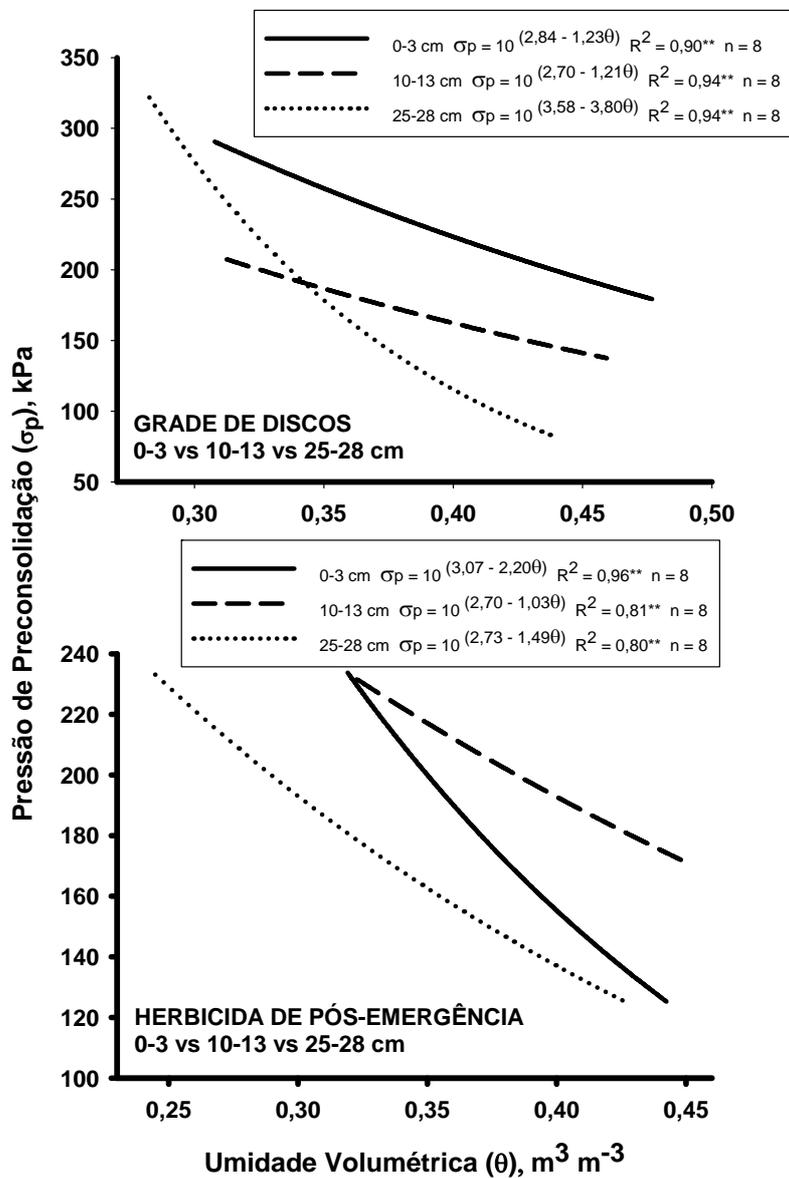


Figura 3 Modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para os manejos com grade de discos (GD) e herbicida de pós-emergência (HPós), para as profundidades 0-3, 10-13 e 25-28 cm.

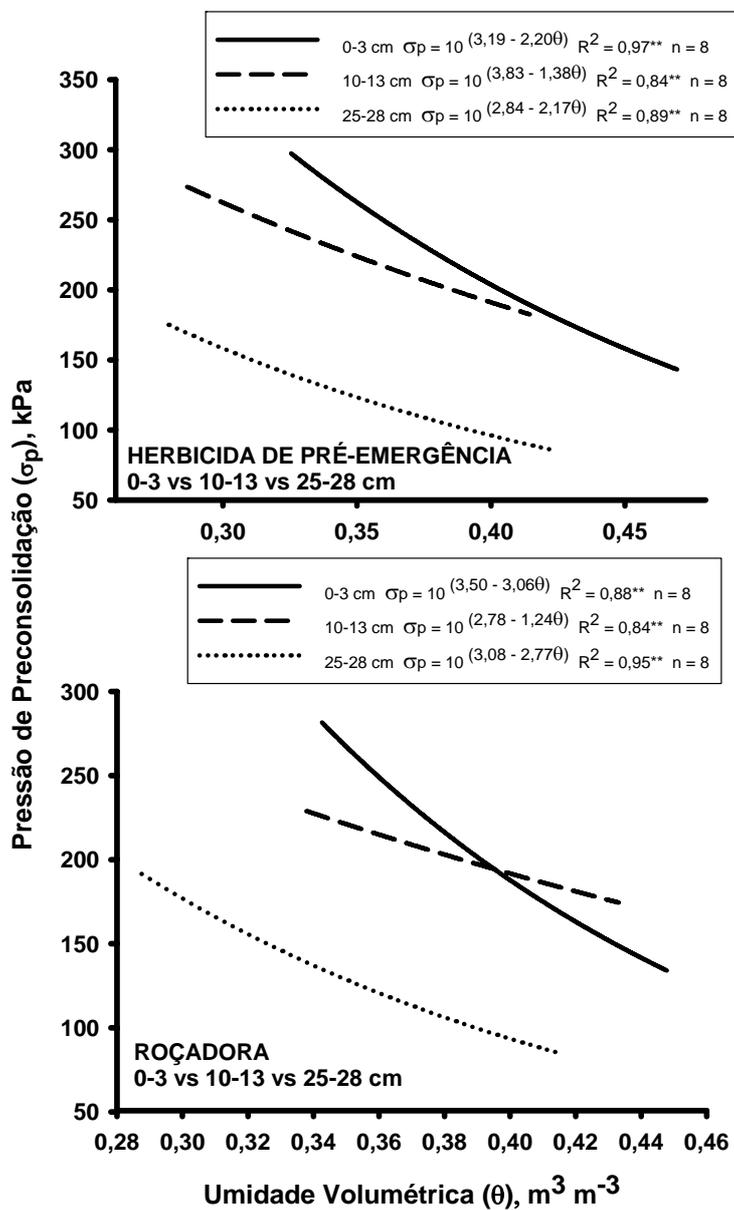


Figura 4 Modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para os manejos com herbicida de pré-emergência (HPré) e roçadora (RÇ), para as profundidades 0-3, 10-13 e 25-28 cm.

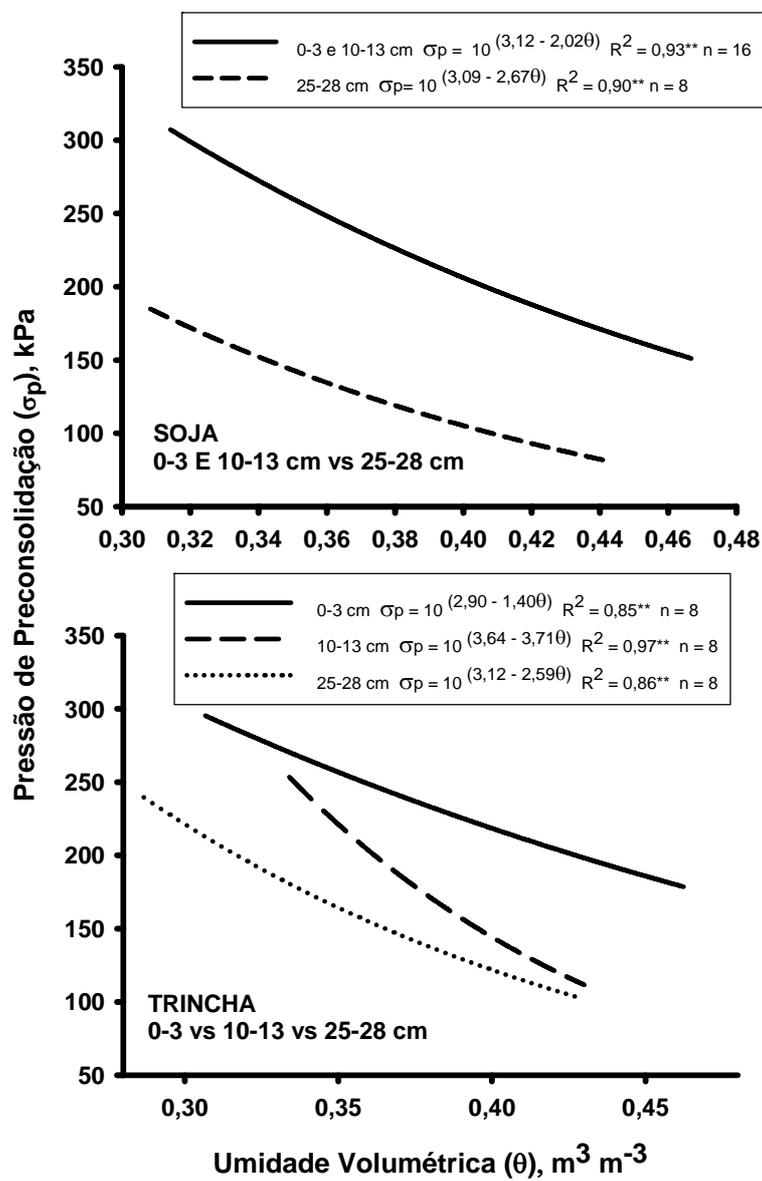


Figura 5 Modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para os manejos com soja (SJ) e trincha (TC), para as profundidades 0-3, 10-13 e 25-28 cm.

A profundidade 0-3 cm (Figura 1, 2, 3, 4 e 5) para todos os manejos exceto os manejos com HPós e RÇ (para umidades maiores do que $0,39 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$) apresentou maior CSC do que as profundidades 10-13 e 25-28 cm, evidenciando uma maior resistência mecânica desta profundidade causada pelo tráfego de máquinas nos manejos com GD, HPré e TC. Já nos com AF, BD, CM, CR e SJ que não ocorreu tráfego de máquinas para manejo de plantas invasoras, esta maior CSC da profundidade 0-3cm, pode ser devido ao tráfego da adubadora.

A profundidade 25-28 cm (Figuras 1, 2, 3, 4, 5) apresentou em todos os manejos, menor CSC, exceto como o manejo utilizando a crotalaria (CR) (figura 2) que pode ser resultado de um manejo não adequado do solo, no qual o sistema radicular da crotalaria não obteve um bom desenvolvimento e, com isso não foi eficiente em melhorar a estrutura do solo nesta profundidade, discordando de resultados obtidos por Osorio & Secco (2007) e Foloni et al. (2006).

A profundidade 10-13 cm, apresentou maior CSC em relação às profundidades 0-3 e 10-13 cm apenas para o manejo com HPós (Figura 3), evidenciando uma maior resistência mecânica desta profundidade causada pelo tráfego de máquinas. A cobertura morta proporcionada pelo manejo com HPÓS atua protegendo a superfície do solo e a tensão provocada pelo tráfego é transmitida para a profundidade 10-13 cm, aumentando a resistência mecânica desta profundidade e, conseqüentemente a sua CSC.

Para verificar possíveis alterações na CSC do LVA, provocadas pelos diferentes manejos de plantas invasoras, na profundidade 0-3 cm, os modelos de CSC foram comparados (Tabela 3).

Tabela 3 Teste de significância⁽¹⁾ entre os modelos de capacidade de suporte de carga [$\sigma_p = 10^{(a + b\theta)}$] de um Latossolo Vermelho-Amarelo para as diferentes manejos de plantas invasoras na profundidade 0-3 cm.

Manejo de plantas invasoras	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
AF (0-3 e 10-13 cm) vs CM (0-3 cm)	H	ns	ns
AF (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 cm) vs BD (0-3 e 10-13cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 cm) vs CR (0-3 cm)	H	**	ns
AF (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 cm) vs GD (0-3 cm)	H	ns	**
AF (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 cm) vs HPós (0-3 cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 cm) vs HPré (0-3 cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 cm) vs RÇ (0-3 cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 cm) vs SJ (0-3 e 10-13cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) e CM (0-3 cm) vs TC (0-3 cm)	H	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) vs CR (0-3 cm)	NH	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) vs GD (0-3 cm)	NH	*	**
BD (0-3 e 10-13 cm) vs HPós (0-3 cm)	NH	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) vs HPré (0-3 cm)	NH	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) vs RÇ (0-3 cm)	H	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) vs SJ (0-3 e 10-13 cm)	NH	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) vs TC (0-3 cm)	H	ns	**
CR (0-3 cm) vs GD (0-3 cm)	H	**	*
CR (0-3 cm) vs HPós (0-3 cm)	H	ns	**
CR (0-3 cm) vs HPré (0-3 cm)	H	ns	**
CR (0-3 cm) vs RÇ(0-3 cm)	H	*	**
CR (0-3 cm) vs SJ (0-3 e 10-13 cm)	H	ns	**
CR (0-3 cm) vs TC (0-3 cm)	H	*	**
GD (0-3 cm) vs TC (0-3 cm)	H	ns	ns
GD (0-3 cm) e TC (0-3 cm) vs HPós (0-3cm)	H	*	**
GD (0-3 cm) e TC (0-3 cm) vs HPré (0-3cm)	H	**	ns
GD (0-3 cm) e TC (0-3 cm) vs RÇ (0-3cm)	H	**	**
GD (0-3 cm) e TC (0-3 cm) vs SJ (0-3cm)	NH	**	ns
HPós (0-3cm) vs HPré (0-3cm)	H	ns	**
HPós (0-3cm) vs RÇ (0-3cm)	H	ns	**
HPós (0-3cm) vs SJ (0-3 e 10-13cm)	H	ns	**
HPré (0-3 cm) vs SJ (0-3 e 10-13 cm)	H	ns	ns
HPré (0-3 cm) e SJ (0-3 e 10-13 cm) vs RÇ (0-3cm)	H	*	**

⁽¹⁾ Snedecor & Cochran (1989). H: homogêneo; NH: não-homogêneo; **, * e ns: significativos a 1 e 5 % e não-significativo, respectivamente.

Comparando-se os MCSC na profundidade 0-3 cm, verifica-se que os manejos com AF e CM, os manejos com GD e TC e os manejos com HPré e SJ, não foram estatisticamente diferentes, segundo o teste de Snedecor & Cochran (1989) (Tabela 3). Portanto, para cada grupo de manejos, novas equações foram obtidas, considerando todos os valores de $\sigma_p \times \theta$, obtendo-se um único modelo para AF e CM, outro para GD e TCH, e outro para HPré e SJ (Figura 6). Comparando-se esses modelos entre si e com os modelos dos manejos utilizando a BD, aCR, o HPós e a RÇ, na profundidade 0-3 cm, eles foram estatisticamente diferentes (Tabela 3).

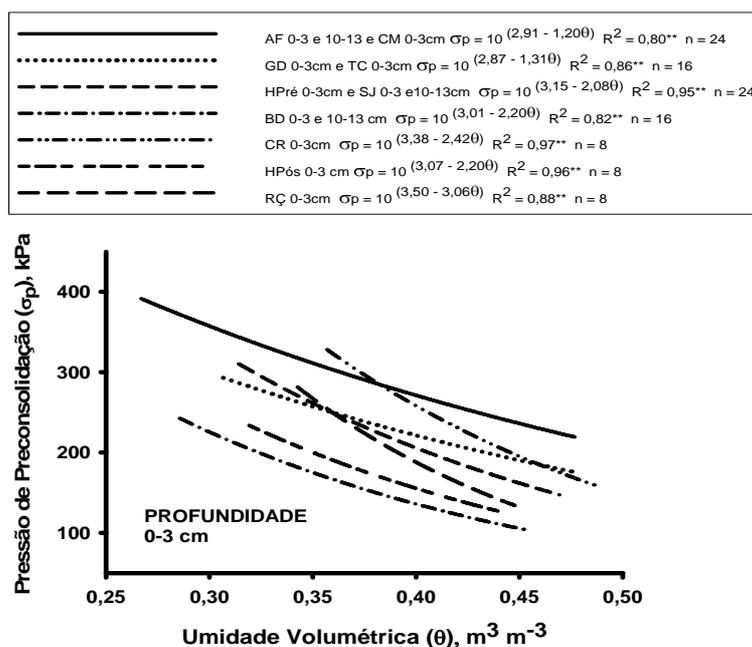


Figura 6 Modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para os diferentes manejos de plantas invasoras na profundidade 0-3 cm.

Na profundidade 0-3 cm (Figura 6), os manejos de plantas invasoras realizados com AF e CM, apresentaram em geral maior CSC. Essa maior CSC

para o manejo com AF pode ter sido devido a uma cobertura não homogênea do solo pelas plantas do amendoim forrageiro o que promoveu de acordo com Araujo-Junior et al. (2008) maior exposição do solo ao impacto direto das gotas de chuva e aos ciclos de secagem e umedecimento, proporcionando o aparecimento de crostas as quais além de aumentarem a pressão de preconsolidação devido a sua resistência mecânica ainda são impermeáveis à água o que potencializa o escoamento superficial e a erosão do solo.

Quando se utilizou a CM, a maior CSC pode ser resultado da formação do encrostamento superficial, devido à cobertura parcial do solo com uma limitada proteção contra o impacto das gotas de chuva (Faria et al., 1998; Araujo Junior, 2010), principalmente se o manejo for realizado constantemente.

O manejo de plantas invasoras mais suscetível à compactação, na profundidade 0-3 cm, foi o realizado com BD. A menor CSC pode ser justificada pelo fato de que o sistema radicular das plantas provoca desarranjos no solo ao penetrar camadas com alta resistência mecânica e, ao sofrer decomposição, deixa canais (“bioporos”) que contribuem para a infiltração de água e difusão de gases, melhorando a qualidade física da estrutura do solo para as culturas subseqüentes (Bennie, 1996; Foloni et al., 2006), diminuindo assim, a CSC. Os demais manejos CM, HPré, SJ, HPós e RÇ, obtiveram comportamento intermediário, quanto à CSC.

Para verificar possíveis alterações na CSC do LVA, provocadas pelos diferentes manejos de plantas invasoras, na profundidade 10-13 cm, os modelos de CSC foram comparados (Tabela 4).

Tabela 4 Teste de significância⁽¹⁾ entre os modelos de capacidade de suporte de carga [$\sigma_p = 10^{(a + b\theta)}$] de um Latossolo Vermelho-Amarelo para as diferentes manejos de plantas invasoras na profundidade 10-13 cm.

Manejo de plantas invasoras	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
AF (0-3 e 10-13 cm) vs CM (10-13 cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) vs CR (10-13 cm)	H	*	**
AF (0-3 e 10-13 cm) vs TC (10-13 cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) vs HPré (10-13 cm)	H	ns	**
AF (0-3 e 10-13 cm) vs HPós (10-13 cm)	H	ns	**
AF (0-3 e 10-13 cm) vs SJ (0-3 e 10-13cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) vs BD (0-3 e 10-13cm)	H	**	**
AF (0-3 e 10-13 cm) vs GD (10-13 cm)	H	ns	**
AF (0-3 e 10-13 cm) vs RÇ (10-13 cm)	H	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) vs CR (10-13 cm)	H	ns	ns
BD (0-3 e 10-13 cm) e CR (10-13 cm) vs CM (10-13cm)	H	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) e CR (10-13 cm) vs GD (10-13cm)	NH	*	*
BD (0-3 e 10-13 cm) e CR (10-13 cm) vs HPós (10-13cm)	H	*	**
BD (0-3 e 10-13 cm) e CR (10-13 cm) vs HPré (10-13cm)	H	*	**
BD (0-3 e 10-13 cm) e CR (10-13 cm) vs RÇ (10-13cm)	NH	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) e CR (10-13 cm) vs SJ (0-3 e 10-13cm)	H	ns	**
BD (0-3 e 10-13 cm) e CR (10-13 cm) vs TC (10-13cm)	NH	*	**
CM (10-13 cm) vs TC (10-13 cm)	H	ns	ns
CM (10-13 cm) e TC (10-13 cm) vs GD (10-13 cm)	H	**	ns
CM (10-13 cm) e TC (10-13 cm) vs HPós (10-13 cm)	H	**	ns
CM (10-13 cm) e TC (10-13 cm) vs HPré (10-13 cm)	H	**	ns
CM (10-13 cm) e TC (10-13 cm) vs RÇ (10-13 cm)	H	**	*
CM (10-13 cm) e TC (10-13 cm) vs SJ (0-3 e 10-13 cm)	H	**	**
GD (10-13 cm) vs HPós (10-13 cm)	H	ns	**
GD (10-13 cm) vs HPré (10-13 cm)	H	ns	**
GD (10-13 cm) vs RÇ (10-13 cm)	H	ns	**
GD (10-13 cm) vs SJ (0-3 e 10-13 cm)	H	**	**
HPós (10-13 cm) vs HPré (10-13 cm)	H	ns	ns
HPós (10-13 cm) e HPré (10-13 cm) vs RÇ (10-13 cm)	H	ns	ns
HPós (10-13 cm) e HPré (10-13 cm) e RÇ (10-13 cm) vs SJ (0-3 e 10-13 cm)	H	**	**

¹⁾ Snedecor & Cochran (1989). H: homogêneo; NH: não-homogêneo; **, * e ns: significativos a 1 e 5 % e não-significativo, respectivamente.

Comparando-se os MCSC na profundidade 10-13 cm, verificamos que os manejos com BD e CR, os manejos com CM e TC e os manejos com HPós, HPré e RÇ, não foram estatisticamente diferentes, segundo o teste de Snedecor & Cochran (1989) (Tabela 3). Portanto, para cada grupo de manejos, novas equações foram obtidas, considerando todos os valores de $\sigma_p \times \theta$, obtendo-se um único modelo para BD e CR, outro para CM e TC, e outro para HPós, HPré e RÇ (Figura 7). Comparando-se esses modelos entre si e com os modelos dos manejos utilizando a AF, a GD e a SJ, na profundidade 0-3 cm, eles foram estatisticamente diferentes (Tabela 4).

Na profundidade 10-13 cm (Figura 7), o manejo de plantas invasoras realizado com AF apresentou maior CSC em todas as umidades. O que pode ser resultado de um preparo não eficiente que restringiu o crescimento do sistema radicular do AF, o qual não apresentou um desenvolvimento satisfatório contrastando com trabalhos obtidos por Perin et al. (2002) e Perin et al. (2000).

Os manejos realizados com BD e CR, em geral foram mais suscetíveis a compactação. O que como exposto anteriormente, reafirma que o sistema radicular atua melhorando a estrutura do solo diminuindo com isso a sua CSC e conseqüente resistência mecânica. Os demais manejos CM, GD, HPós, HPré, RÇ, SJ e TC, obtiveram comportamento intermediário quanto à CSC.

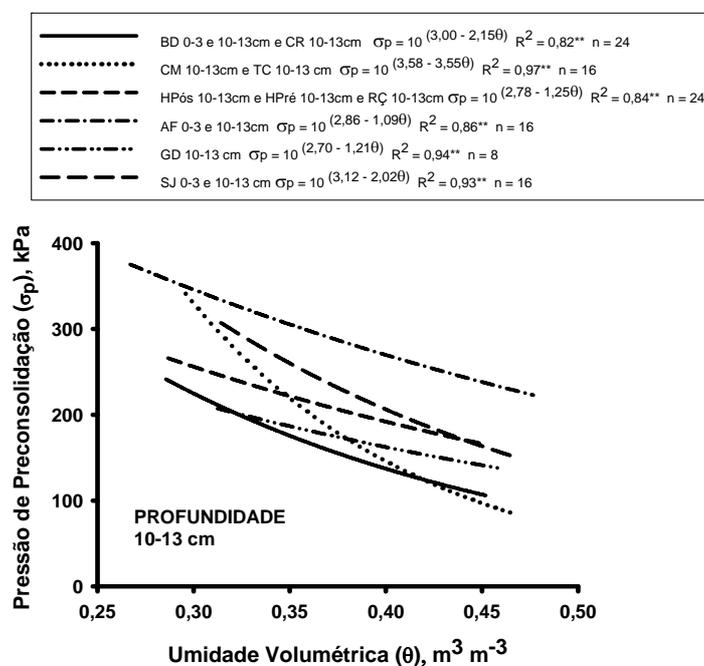


Figura 7 Modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para os diferentes manejos de plantas invasoras na profundidade 10-13 cm.

Para verificar possíveis alterações na CSC do LVA, provocadas pelos diferentes manejos de plantas invasoras, na profundidade 25-28 cm, os modelos de CSC foram comparados (Tabela 5).

Comparando-se os MCSC para a profundidade 25-28 cm, observa-se que os manejos realizados com BD, HPós e SJ, e os manejos com CM e TC não foram estatisticamente diferentes, segundo o teste de Snedecor & Cochran(1989)(Tabela 5). Desse modo, novas equações foram obtidas, considerando todos os valores de $\sigma_p \times \theta$, obtendo-se um único modelo para os manejos com BD, HPós e SJ e outro para CM e TC (Figura 8). Comparando-se esses modelos entre si e com os modelos dos manejos utilizando AF, CR, GD, HPré e RÇ, eles foram estatisticamente diferentes (Tabela 5).

Tabela 5 Teste de significância⁽¹⁾ entre os modelos de capacidade de suporte de carga [$\sigma_p = 10^{(a + b\theta)}$] de um Latossolo Vermelho-Amarelo para as diferentes manejos de plantas invasoras na profundidade 25-28 cm

Manejo de plantas invasoras	F	F	
		Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
AF (25-28 cm) vs CM (25-28 cm)	H	*	**
AF (25-28 cm) vs CR (25-28 cm)	H	**	*
AF (25-28 cm) vs TC (25-28 cm)	H	**	**
AF (25-28 cm) vs HPré (25-28 cm)	H	*	**
AF (25-28 cm) vs HPós (25-28 cm)	H	ns	**
AF (25-28 cm) vs SJ (25-28 cm)	H	*	**
AF (25-28 cm) vs BD (25-28 cm)	H	ns	**
AF (25-28 cm) vs GD (25-28 cm)	H	**	*
AF (25-28 cm) vs RÇ (25-28 cm)	H	**	**
BD (25-28 cm) vs HPós (25-28 cm)	H	ns	ns
BD (25-28 cm) e HPós (25-28 cm) vs SJ (25-28 cm)	H	ns	ns
BD (25-28 cm) e HPós (25-28 cm) e SJ (25-28 cm) vs CM (25-28)	H	ns	*
BD (25-28 cm) e HPós (25-28 cm) e SJ (25-28 cm) vs CR (25-28)	H	ns	**
BD (25-28 cm) e HPós (25-28 cm) e SJ (25-28 cm) vs GD (25-28)	H	**	ns
BD (25-28 cm) e HPós (25-28 cm) e SJ (25-28 cm) vs HPré (25-28)	H	ns	**
BD (25-28 cm) e HPós (25-28 cm) e SJ (25-28 cm) vs RÇ (25-28)	H	*	**
BD (25-28 cm) e HPós (25-28 cm) e SJ (25-28 cm) vs TC (25-28)	H	*	ns
CM (25-28 cm) vs TC (25-28 cm)	H	ns	ns
CM (25-28 cm) e TC (25-28 cm) vs CR (25-28 cm)	NH	ns	**
CM (25-28 cm) e TC (25-28 cm) vs GD (25-28 cm)	H	**	ns
CM (25-28 cm) e TC (25-28 cm) vs HPré (25-28 cm)	H	ns	**
CM (25-28 cm) e TC (25-28 cm) vs RÇ (25-28 cm)	H	ns	**
CR (25-28 cm) vs GD (25-28 cm)	H	**	**
CR (25-28 cm) vs HPré (25-28 cm)	H	ns	**
GD (25-28 cm) vs HPré (25-28 cm)	H	**	**
GD (25-28 cm) vs RÇ (25-28 cm)	H	*	**
HPré (25-28 cm) vs RÇ (25-28 cm)	H	*	ns

⁽¹⁾ Snedecor & Cochran (1989). H: homogêneo; NH: não-homogêneo; **, * e ns: significativos a 1 e 5 % e não-significativo, respectivamente.

—	BD 25-28 cm e HPós 25-28 cm e SJ 25-28 cm $\sigma_p = 10$ (2,80 - 1,75 θ) $R^2 = 0,80^{**}$ n = 24
.....	CM 25-28 cm e TC 25-28 cm $\sigma_p = 10$ (3,12 - 2,56 θ) $R^2 = 0,84^{**}$ n = 16
- - - - -	AF 25-28 cm $\sigma_p = 10$ (2,75 - 1,09 θ) $R^2 = 0,85^{**}$ n = 8
- · - · - ·	CR 25-28 cm $\sigma_p = 10$ (3,09 - 2,17 θ) $R^2 = 0,90^{**}$ n = 8
- · - - - -	GD 25-28 cm $\sigma_p = 10$ (3,58 - 3,80 θ) $R^2 = 0,94^{**}$ n = 8
- - - - -	HPré 25-28 cm $\sigma_p = 10$ (2,85 - 2,17 θ) $R^2 = 0,89^{**}$ n = 8
- · - · - ·	RÇ 25-28 cm $\sigma_p = 10$ (3,08 - 2,77 θ) $R^2 = 0,89^{**}$ n = 8

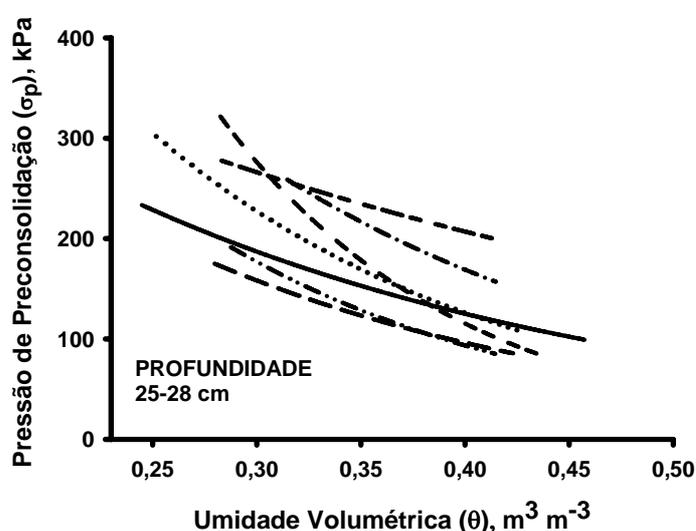


Figura 8 Modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) para os diferentes manejos de plantas invasoras na profundidade 25-28 cm.

Na profundidade 25-28 cm (Figura 8), o manejo de plantas invasoras realizado com AF apresentou em geral maior CSC. O resultado, assim como ocorreu com este manejo na profundidade 10-13 cm, pode ser justificado por um preparo não eficiente onde houve a restrição do crescimento do sistema radicular do AF que, com isso não obteve um bom desempenho na recuperação da estrutura do solo.

Os manejo de plantas invasoras mais suscetível à compactação na profundidade 25-28cm foi o realizado com HPré (Figura 8). Esta menor CSC foi devido a maior umidade nesta camada devido ao processo de selamento que ocorre na superfície do solo mantendo as camadas subsuperficiais mais úmidas, corroborando com resultados de Araujo-Junior et al. (2008). Os manejos de plantas invasoras com BD, CM, CR,GD, HPós, SJ e TC, obtiveram comportamento intermediário em relação à CSC.

CONCLUSÕES

Na profundidade de 0-3 cm os manejos de plantas invasoras mais resistentes à compactação foram os realizados com AF e CM, enquanto o manejo com BD, foi o que mostrou-se mais suscetível à compactação.

Na profundidade 10-13 cm o manejo de plantas invasoras realizado com AF, foi o mais resistente à compactação, enquanto os mais suscetíveis foram os manejos com BD e CR.

Na profundidade 25-28 cm novamente o manejo com AF foi o mais resistente à compactação e o manejo com HPré foi o mais suscetível.

LITERATURA CITADA

ALCÂNTARA, E.N. & FERREIRA, M.M. Efeito de métodos de controle de plantas invasoras na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. R. Bras. Ci. Solo, 24:711-721, 2000.

ALCÂNTARA, E. N.; NÓBREGA, J. C. A.; FERREIRA, M. M. Métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro afetam os atributos químicos do solo. Ci. Rural, 39:749-757, 2009.

- ARAÚJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M. S. GUIMARÃES, P. T. C.; PIRES, B. S. Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejo de Plantas invasoras. R. Bras. Ci. Solo, 32:23-32, 2008.
- ARAÚJO JUNIOR, C. F. Capacidade de suporte de carga de um Latossolo após três décadas de diferentes manejos de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira. Universidade Federal de Lavras, 2010. 143p. (Tese Doutorado).
- 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. Universidade Federal de Lavras, 2007. 132p. (Dissertação Mestrado).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. Indicadores da indústria de café no Brasil – 2009. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 16 de out. 2010.
- BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A. & KAFKAFI, U., eds. Plant roots. 2.ed. New York, M. Dekker, 1996. p.453-470.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America-American Society of Agronomy, 1986. Part 1. p.377-382. (Agronomy Monograph, 9).
- BOWLES, J.E. Engineering properties of soils and their measurements. 3.ed. New York, McGraw Hill, 1986. 218p.

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normais climatológicas 1961-1990. Brasília, MARA, 1992. 84 p.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part I. p.545-567. (Agronomy Monograph, 9).
- DIAS JUNIOR, M. S. Compactação do Solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; SHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, UFV, 2000. p. 55-94.
- DIAS JUNIOR, M. S. Compression of the soils under long-term tillage and Wheel traffic. Michigan State University, East Lansing. 114p. 1994. (Tese de Doutorado).
- DIAS JUNIOR, M. S. & PIERCE, F.J. Revisão de literatura. O processo de compactação do solo e sua modelagem. R. Bras. Ci. Solo, 20:175-182, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- 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. R. Bras. Ci. Solo, 22:731-741, 1998.
- FOLONI, J. S. S.; LIMA, S. L. & BÜLL, L.T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. R. Bras. Ci. Solo, 30:49-57, 2006.
- GYSI, M. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. Soil Till. Res. 61:133-142, 2001.

- HOLLAND, J.M. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103:1-25, 2004.
- HOLTZ, R. D.; KOVACS, W. D. An introduction to geotechnical engineering. New Jersey, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1981. 733 p.
- LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W. B.; GUPTA, S. C. Mechanics and related processes in structured agricultural soils. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1989. 273 p. (NATO Applied Science, 172).
- MARINO, L. K. Expansão desordenada da cultura cafeeira. In: ANUÁRIO da Agricultura Brasileira. São Paulo, Consultoria & Comércio, 2002. p. 210-214.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E DESENVOLVIMENTO. Estimativa da safra de café janeiro 2010. 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em: 8 out. 2010.
- OSORIO, S. E. B. & SECCO, D. Influência de espécies recuperadoras no espaço poroso de um Latossolo argiloso sob sistema de plantio direto. 2007. Disponível em: <http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Agronomia/influencia_de_especies_recuperadoras_no_espaco_poroso_de_um_latossolo_argiloso_sob_sistema_de_plantio_direto.pdf> Acesso em 23 dez. 2010.
- PERIN, A.; GUERRA, J. G. M. & TEIXEIRA, M. G.; PEREIRA, M. G. & A. FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:713-720, 2002.
- PERIN, A.; GUERRA, J. G. M. & TEIXEIRA, M. G. Efeito da morfologia radicular de leguminosas herbáceas perenes na umidade de um Argissolo. *Seropédica*, EMBRAPA Agrobiologia, 2000. 8p. (Comunicado Técnico, 44).

- REINERT, D.J. Soil structural form and stability induced by tillage in a typic hapludalf. Michigan State University, 1990. 128p. (Tese Doutorado).
- SANTOS, G. A. Capacidade de suporte de carga de um Latossolo cultivado com cafeeiros sob métodos associados de controle de plantas daninhas. Universidade Federal de Lavras, MG. 2006. 103p. (Tese Doutorado).
- SIGMA PLOT, Scientific Graphing Software. Versão 10.0, San Rafael, Jandel Corporation, 2006.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. Statical methods. 8ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. 1989.
- SOUZA, I.F.: ALCÂNTARA, E.N.; MELLES, C. C. A. XI – Controle de ervas daninhas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 4: 56-66, 1978.
- TAYLOR, D. W. Fundamentals of soil mechanics. New York: J. Wiley, 1948. 770 p.

ARTIGO 2 IMPACTOS CAUSADOS POR DIFERENTES MANEJOS DE PLANTAS INVASORAS EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM CAFEEIROS⁽¹⁾

Normas da Revista Brasileira de Ciência do Solo (versão preliminar)

Paula Sant'Anna Moreira Pais⁽²⁾, Moacir de Souza Dias Junior⁽³⁾, Gislene Aparecida dos Santos⁽⁴⁾, Adriana Cristina Dias⁽⁵⁾, Paulo Tácito Gontijo Guimarães⁽⁶⁾ e Elifas Nunes de Alcântara⁽⁷⁾

RESUMO

O manejo de plantas invasoras é considerado como uma das principais atividades que promovem degradação da estrutura do solo em lavouras cafeeiras, devido à compactação do solo causada pelas operações de controle de plantas invasoras. Os objetivos deste estudo foram: desenvolver modelos de capacidade de suporte de carga para um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes manejos de plantas invasoras e determinar através do uso destes

⁽¹⁾ Parte da Dissertação da primeira autora.

⁽²⁾ Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras –UFLA. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG. E-mail: paulaufla@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. Email: msouzadj@ufla.br

⁽⁴⁾ Bolsista de Pós-doutorado - PNPd/CAPES - Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e da Água - DSER - CCA/UFPB. CEP 58.397.000, Areia/PB . E-mail: gisantosolos@yahoo.com.br

⁽⁵⁾ Mestranda em Ciência do Solo, UFLA. E-mail: drikinha.ufla@gmail.com.

⁽⁶⁾ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. Campus UFLA, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras-MG. E-mail: paulotgg@epamig.ufla.br

⁽⁷⁾ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. Campus UFLA, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras-MG. E-mail: elifas@epamig.ufla.br

modelos qual o manejo de plantas invasoras causa maior degradação na estrutura do solo. O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, situada próxima a comunidade Farias, no município de Lavras-MG. O solo é um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) cultivado desde 2006 com cafeeiros da cultivar Topázio MG 1190. Foram avaliados cinco manejos de controle de plantas invasoras na linha de tráfego (grade de discos, herbicida de pós-emergência, herbicida de pré-emergência, roçadora e trincha) e cinco na entrelinha de plantio, onde não houve tráfego (amendoim forrageiro, braquiária, capina manual, crotalária e soja), em três profundidades: 0-3, 10-13 e 25-28 cm. Os manejos que promoveram maior degradação da estrutura do solo foram: na profundidade 0-3 cm, grade de discos e roçadora; na profundidade 10-13 cm, trincha, roçadora e grade de discos e na profundidade 25-28cm, herbicida de pós-emergência e roçadora.

Termos de indexação: compactação, sustentabilidade, pressão de preconsolidação, capacidade de suporte de carga, *Coffea arabica* L.

SUMMARY: IMPACTS CAUSED BY DIFFERENT WEED MANagements ON A RED-YELLOW LATOSOL CULTIVATE WITH COFFEE PLANTS

The weed management is considered one of the main activities that promote soil structure degradation in coffee crops, due to soil compaction caused by the operations of the weed control. The objectives of this study were: to develop models of load-bearing capacity for an Red-Yellow Latosol (Oxisol) submitted to different weed managements, and to determine through the use of these models which weed management system cause further structure degradation.

The study was conducted at the Experimental Farm of EPAMIG, located near the community Farias, in Lavras-MG. The soil is a Red-Yellow Latosol (LVA) cultivated with coffee plantation using Topazio MG 1190 coffee variety, since 2006. We evaluated five managements of weed control in the traffic line (harrow, post-emergence herbicide, pre-emergence herbicide, mower and brush), and five between the planting rows, with no traffic (peanut, brachiaria, hand weeding, sunn and soybean), at three depths: 0-3, 10-13 and 25-28 cm. The management of weed control that have promoted further structure degradation were: in the 0-3 cm depth, harrow and mower, in the 10-13 cm depth, brush, mower and harrow and in the 25-28 cm depth, post-emergence herbicide and mower.

Index Terms: compaction, sustainability, preconsolidation pressure, load bearing capacity, *Coffea arabica* L.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor do produto (ABIC, 2010), detém cerca de 30% do mercado mundial de café, e uma safra estimada para 2010 de 47,2 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado. A área plantada atualmente é de 2,3 milhões de hectares e o setor emprega direta e indiretamente cerca de 8,4 milhões de trabalhadores. Minas Gerais produziu 24,7 milhões de sacas totalizando 52% da produção brasileira e a região Sul de Minas Gerais produziu 50,2% da produção estadual (CONAB, 2010).

Para a obtenção desta produção, o produtor brasileiro é obrigado a adotar inovações tecnológicas para reduzir custos e melhorar a qualidade de seu produto final. Este custo final elevado (Marino, 2002) pode constituir uma desvantagem quando comparado ao custo de produção de outros países que entraram no mercado do café nas últimas décadas.

Um dos fatores que ajudam a encarecer o produto final está relacionado à correta manutenção do cafezal. O cafeeiro, como outras culturas, é muito sensível a infestação e à concorrência de plantas invasoras, principalmente quando estas ultrapassam um determinado estágio de desenvolvimento. Em todas as circunstâncias, o controle é obrigatório e representa um dos maiores encargos na exploração do cafezal, merecendo, assim, estudos adicionais (Souza et al., 1978).

O manejo de plantas invasoras na cultura do cafeeiro está relacionado ao uso de máquinas agrícolas que em geral podem causar compactação do solo (Larson et al., 1989; Dias Junior & Pierce, 1996; Dias Junior, 2000), e alteração do meio onde o sistema radicular se desenvolve (Gysi, 2001), promovendo em consequência uma degradação na estrutura do solo, uma redução na produção das culturas e um aumento do escoamento superficial de água e da erosão (Araújo Junior, 2007).

O manejo de plantas invasoras pode ser feito através de métodos que usam plantas de cobertura e através de métodos mecânicos que envolvem o uso de máquinas. De acordo com Wildner (1992), o manejo de plantas invasoras realizado através de plantas de cobertura além de reduzir a incidência de plantas invasoras, funciona também como uma cobertura do solo, possibilitando, além do controle da erosão, a redução das perdas de nutrientes, a atenuação das flutuações da temperatura do solo e uma minimização dos efeitos da compactação do solo.

Para Bennie (1996), o sistema radicular provoca desarranjos no solo ao penetrar camadas com alta resistência mecânica e, ao sofrer decomposição, deixa canais (“bioporos”) que contribuem para a infiltração de água e difusão de gases, melhorando a qualidade física do solo. Além disso, o crescimento radicular pode também incrementar a matéria orgânica ao longo do perfil do solo, a qual promove a estabilização dos agregados, reduzindo a susceptibilidade do solo à compactação (Roth et al., 1992) e amenizando a impedância mecânica do solo (Dexter, 1991). Portanto, manter a cobertura pelo maior tempo possível é fundamental no manejo racional do solo.

Já o manejo de plantas invasoras através de métodos mecânicos é considerado como uma das principais atividades que promovem degradação da estrutura do solo, devido à compactação do solo causada pelas operações de controle de plantas invasoras. Deste modo, é importante entender como o manejo de plantas invasoras afeta a capacidade de suporte de carga dos solos e a sua susceptibilidade à compactação, principalmente quando o controle de plantas invasoras é feito mecanicamente e em condições inadequadas de umidade do solo, para adaptá-lo de forma condizente visando maior longevidade e uma maior produtividade da lavoura cafeeira sem causar degradação da estrutura dos solos (Santos, 2006; Araujo Junior et al., 2008).

Os objetivos deste estudo foram: desenvolver modelos de capacidade de suporte de carga para um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras, e determinar através do uso destes modelos qual sistema de manejo de plantas invasoras causa maior degradação da estrutura do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área da Fazenda Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), localizada próximo a comunidade Farias, no município de Lavras, MG.

O clima é do tipo Cwa, conforme a classificação climática de Köeppen. A temperatura média anual está em torno de 19,3°C, tendo, no mês mais quente e no mês mais frio, temperaturas médias de 22,1°C e 15,8°C, respectivamente. A precipitação anual é de 1.530mm, a evaporação total do ano igual a 1.343mm e a umidade relativa média anual de 76% (BRASIL, 1992).

O solo da área em estudo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) textura argilosa (Embrapa 2006) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização física do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA).

Profundidade	Argila	Areia	Silte	Dp
cm	-----g kg ⁻¹ -----			Mg kg ⁻¹
0-3	59	11	30	2,54
10-13	60	13	27	2,54
25-28	59	9	32	2,54

O estudo foi realizado em uma lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.) implantada em 2006, com a cultivar Topázio MG 1190.

De acordo com o histórico, a área, antes da instalação do experimento, era formada por vegetação natural de campo limpo, com presença de alguns arbustos de cerrado.

Para a instalação do experimento, foi feita uma limpeza na área utilizando um trator de esteira e, posteriormente foi feita uma gradagem com um trator traçado na profundidade de 30 cm.

Foram avaliados dez manejos de plantas invasoras sendo cinco realizados através do controle mecânico; grade de discos a 15 cm de profundidade (GD), herbicida de pós-emergência (HPós), herbicida de pré-emergência (HPré), roçadora (RÇ) e trincha (TC), sendo as amostras indeformadas coletadas nas linhas de tráfego e cinco manejos através de plantas de cobertura e portanto, sem tráfego de máquinas; amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) (AF), braquiária (*Brachiaria decumbens*) (BD), capina manual (CM), crotalária (*Crotalaria juncea*) (CR) e soja (*Glicine Max* (L.) Merr.) (SJ), sendo as amostras indeformadas coletadas nas entrelinhas de plantio.

Para o manejo de plantas invasoras realizado com grade de discos foi utilizada uma grade com 16 discos dispostos em V e massa aproximada de 262 kg. A trincha utilizada no experimento foi a TRITTON 1300 RB, com massa aproximada de 570 kg. E para o manejo de plantas invasoras com roçadora foi utilizada uma Kamaq KDD 230 ECO Cruiser, de massa aproximada em 560 kg.

Todas as operações de controle mecânico foram efetuadas sempre que se observava 90% da área coberta pelas plantas invasoras e/ou essas apresentavam cerca de 0,45cm de altura (Alcântara & Ferreira, 2000; Araujo-Junior, et. al., 2008; Alcântara et al., 2009). Desde a implantação da lavoura os manejos utilizados nas entrelinhas foram os mesmos e o número médio de operações adotadas para controle satisfatório das plantas invasoras, durante os anos, variou de acordo com o sistema de manejo adotado. Assim, o número médio de operações necessárias para o controle das plantas daninhas, durante cada ano, variou conforme o método: CM (5), GD (3), RÇ (5), TC (5), HPré (2) e HPós (3 operações/ano).

As operações de controle mecânico de plantas invasoras nas entrelinhas, foram realizadas com um trator Massey Ferguson 292, (massa aproximada de 5.000 kg).

As amostragens foram realizadas em julho de 2009 e janeiro de 2010 e consistiu de duas etapas. A primeira para gerar os modelos de capacidade de suporte de carga (MCSC) e a segunda para avaliar os impactos dos sistemas de manejos de plantas invasoras sobre a estrutura do solo.

O manejo de plantas invasoras Sem Capina (SC), foi utilizado como referência por o ser o manejo que mais preservou a condição original do solo após o preparo para a implantação da lavoura cafeeira. Neste manejo foram coletadas aleatoriamente na entrelinha das plantas, 60 amostras indeformadas (20 amostras x 3 profundidades) utilizando um amostrador de Uhland, com anel volumétrico de 6,40 cm de diâmetro interno por 2,54 cm de altura, as quais foram usadas para gerar o modelo de capacidade suporte de carga, utilizado como referência. Para os manejos de plantas invasoras (GD, HPós, HPré, RÇ, TC, AF, BD, CM, CR e SJ), foram coletadas aleatoriamente 36 amostras indeformadas por manejo (12 amostras x 3 profundidades x 10 manejos), totalizando 360 amostras para quantificar os impactos destes manejos de plantas invasoras na estrutura do LVA.

As profundidades de amostragem foram 0-3, 10-13 e 25-28 cm, em virtude da maior influência dos sistemas de manejo de plantas invasoras no solo, ocorrer até 30 cm (Alcântara & Ferreira, 2000; Araujo-Junior, et. al., 2008).

Depois de coletadas, as amostras indeformadas foram embaladas em filme plástico e parafinadas para preservação da estrutura do solo e da umidade natural.

Para obtenção dos MCSC, no manejo de plantas invasoras SC, as amostras indeformadas com diferentes umidades volumétricas (0,07 a 0,46 cm cm⁻³) foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial, de acordo com Bowles (1986) modificado por Dias Junior (1994). Para obtenção das diferentes

umidades, as amostras indeformadas foram inicialmente saturadas e, a seguir, secas ao ar no laboratório até se obter a umidade desejada.

Em seguida, foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial utilizando-se um consolidômetro da marca Board Longyer. As pressões aplicadas às amostras foram as seguintes: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600 KPa. Estas foram aplicadas às amostras até que 90% de sua deformação máxima fosse alcançada (Taylor, 1948; Holtz & Kovacs, 1981).

Após a realização dos ensaios, as pressões de preconsolidação (σ_p) foram determinadas de acordo com Dias Junior & Pierce (1995) a partir da curva de compressão do solo. Estas pressões de preconsolidação (eixo das ordenadas) foram representadas em função da umidade volumétrica (eixo das abscissas) usando o software Sigma Plot 10.0 (2006).

A seguir equações matemáticas foram ajustadas, utilizando o software Sigma Plot 10.0 (Jandel Scientific), obtendo-se os modelos de capacidade de suporte de carga de acordo com Dias Junior (1994), os quais são expressos pela equação $\sigma_p = 10^{(a+b \theta)}$, em que σ_p é a pressão de preconsolidação, θ a umidade volumétrica do solo, e “a” e “b” os coeficientes de ajuste da regressão.

Os modelos de capacidade de suporte de carga das diferentes profundidades para o manejo SC foram comparados utilizando o procedimento descrito em Snedecor & Cochran (1989).

Para quantificar os impactos dos manejos de plantas invasoras sobre a estrutura do LVA, as amostras indeformadas coletadas nos manejos AF, BD, CM, CR, GD, HPós, HPré, RÇ, SJ e TC com a umidade de campo foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial, conforme descrito anteriormente, determinando-se a seguir a pressão de preconsolidação de acordo com Dias Junior & Pierce (1995).

A seguir as pressões de preconsolidação e as umidades volumétricas de campo foram representadas nos modelos de CSC do manejo de plantas invasoras SC e classificadas de acordo com os critérios propostos por Dias Junior et al. (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos de capacidade de suporte de carga do LVA estão apresentados na figura 1. Os valores dos parâmetros estimados “a” e “b” do modelo de capacidade de suporte de carga [$\sigma_p = 10^{(a + b\theta)}$], nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, variaram de 2,69 a 2,77 e de -0,99 a -1,31, respectivamente (Figura 1). Os coeficientes de determinação (R^2) variaram de 0,93 a 0,94, sendo todos significativos a 1 % (Figura 1).

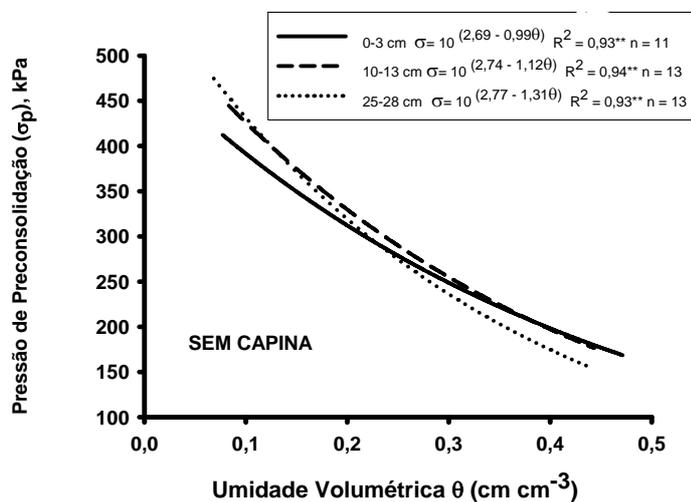


Figura 1. Modelos da capacidade de suporte de carga do Latossolo Vermelho-Amarelo das profundidades de 0-3 e 10-13 e 25-28cm.

Os MCSC para as profundidades de 0-3 e 10-13 cm não foram estatisticamente diferentes (Tabela 2). Assim uma nova equação foi ajustada considerando todos os valores de σ_p e θ , obtendo-se assim, um único modelo de capacidade de suporte de carga para as profundidades 0-3 e 10-13 cm.

Tabela 2. Comparação dos modelos de capacidade de suporte de carga [$\sigma_p = 10^{(a-b\theta)}$], nas profundidades 0-3 x 10-13cm e 0-3 e 10-13 x 25-28cm para o Latossolo Vermelho-Amarelo de acordo com o procedimento descrito em Snedecor e Cochran (1989).

Classe de solo	Profundidade	F	F	
			Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
LVA	0-3 x 10-13cm	Homogêneo	ns	ns
LVA	0-3 e 10-13 x 25-28cm	Não Homogêneo	**	ns

ns: não significativo; ** : significativo ao nível de 1%.

O MCSC das profundidades 0-3 e 10-13 cm e o modelo de CSC da profundidade 25-28 cm, foram não homogêneos e devido a isso essas profundidades apresentaram capacidade de suporte de carga diferentes (Figura 2).

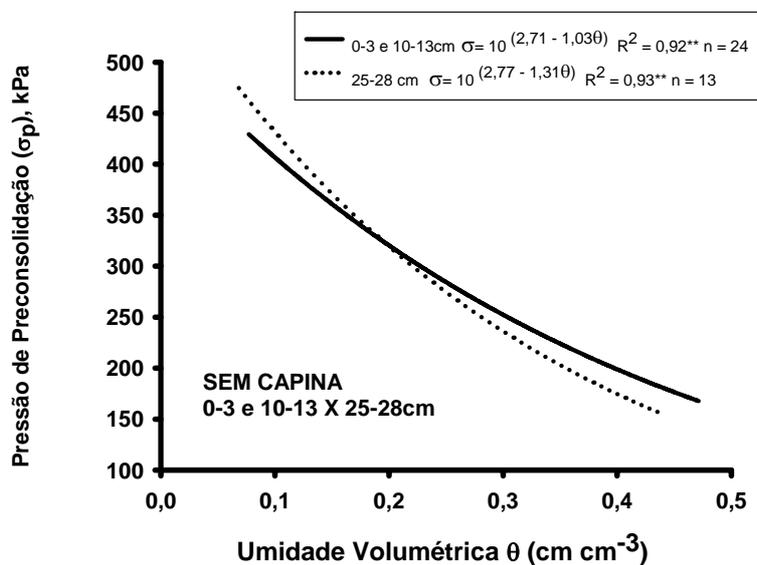


Figura 2. Modelos de capacidade de suporte de carga do Latossolo Vermelho-Amarelo das profundidades de 0-3 e 10-13cm e 25-28cm.

Para analisar os efeitos das operações de manejos de plantas invasoras sobre a estrutura do solo, nas figuras 3 e 4, consideram-se três regiões: uma situada acima do limite de confiança superior, considerada como sendo a região na qual a compactação do solo já ocorreu; outra situada entre os limites de confiança, considerada uma região na qual existe tendência de ocorrer a compactação, e uma situada abaixo do limite de confiança inferior, considerada uma região na qual não existe compactação do solo (Dias Junior et al. 2005).

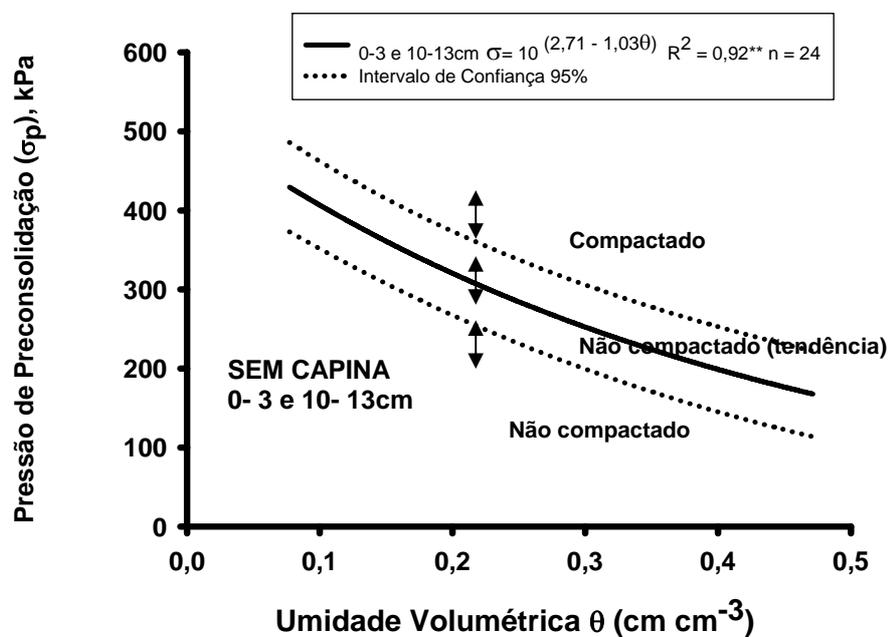


Figura 3. Modelo de capacidade de suporte de carga do Latossolo Vermelho-Amarelo das profundidades de 0-3 e 10-13 cm com os intervalos de confiança a 95% e usados conforme critérios sugeridos por Dias Junior et al. (2005) para quantificar ao impactos dos manejos de planta invasoras sobre a estrutura do LVA .

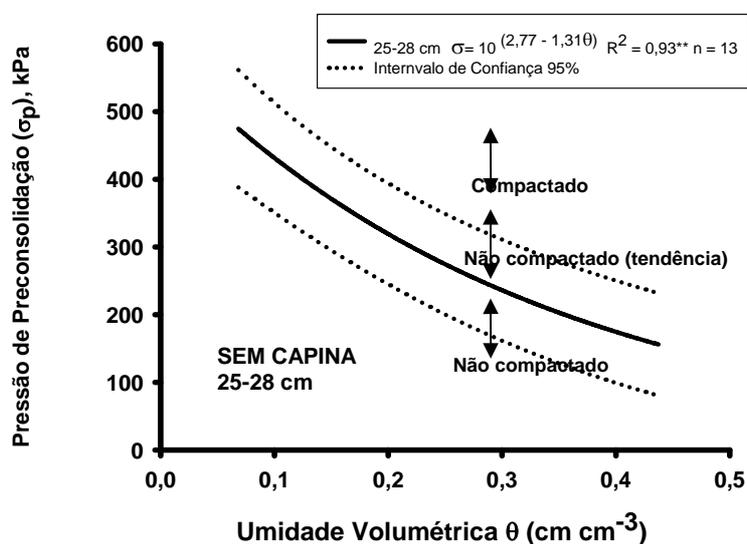


Figura 4. Modelo de capacidade de suporte de carga do Latossolo Vermelho-Amarelo da profundidade de 25-28 cm com os intervalos de confiança a 95% e usados conforme critérios sugeridos por Dias Junior et al. (2005) para quantificar os impactos dos manejos de planta invasoras sobre a estrutura do LVA.

Na profundidade 0-3 cm os manejos de plantas invasoras que mais degradaram a estrutura do LVA de acordo com os critérios propostos por Dias Junior et al. (2005) foram, em ordem decrescente $GD > R\check{C} > AF > TC$ (Tabela 3).

Tabela 3. Quantificação dos impactos causados pelos manejos de controle de plantas invasoras sobre a estrutura do LVA nas profundidades 0-3, 10-13 e 25-28 cm.

	QM	GD	HPós	RÇ	TC	AF	BD	CR	HPré	SJ
0-3 cm										
Compactado (%)	8	73	0	58	25	42	0	0	8	0
Não compactado (tendência) (%)	75	27	92	42	33	58	58	25	25	42
Não compactado (%)	17	0	8	0	42	0	42	75	67	58
10-13 cm										
Compactado (%)	58	73	67	83	75	0	0	0	0	0
Não compactado (tendência) (%)	42	9	25	0	25	100	33	33	17	17
Não compactado (%)	0	18	8	17	0	0	67	67	83	83
25-28 cm										
Compactado (%)	34	36	83	67	33	0	0	0	8	0
Não compactado (tendência) (%)	58	36	17	25	25	92	17	50	0	75
Não compactado (%)	8	28	0	8	42	8	83	50	92	25

CM = capina manual; GD = grade de discos; HPós = herbicida de pós-emergência; RÇ = roçadora; TC = trincha; AF = amendoim forrageiro; BD = *Brachiaria decumbens*; CR = crotalária; HPré = herbicida de pré-emergência; SJ = soja.

A gradagem realizada em 2006 promoveu pulverização do solo, com conseqüente destruição de sua estrutura o que tornou o solo mais suscetível à compactação, devido a sua baixa capacidade de suporte de carga. Assim, as operações realizadas com a GD (3 operações/ano) e com a RÇ (5 operações/ano) nos anos subseqüentes promoveram compactação do solo na linha de tráfego do trator, conforme evidenciado na tabela 3, onde 73% e 58% das amostras indeformadas da profundidade 0-3 cm apresentavam-se na região onde a compactação do solo já ocorreu (Figura 3 e Tabela 3) para a GD e RÇ, respectivamente. Esta degradação observada utilizando-se a RÇ também é justificada pelo fato de que neste experimento a operação de roçada não deixa espalhado os restos vegetais protegendo a superfície do solo, mas forma leiras entre as linhas de tráfego. Estes resultados corroboram com Araujo Junior

(2010); Souza & Melles (1986); Kurachi & Silveira, 1984; Silveira et al. (1985); Kurachi & Silveira (1984); Alcântara & Ferreira (2000); Araujo Junior (2007); Alcântara et al. (2008); Silva et al. (2006).

No manejo de plantas invasoras utilizando o amendoim forrageiro (AF), esta degradação pode ter sido devido a uma cobertura não homogênea do solo pelas plantas do amendoim forrageiro o que promoveu de acordo com Araujo Junior et al. (2008) maior exposição do solo ao impacto direto das gotas de chuva e aos ciclos de secagem e umedecimento e isto poderá ter proporcionado o aparecimento de crostas as quais além de aumentarem a pressão de preconsolidação devido a sua resistência mecânica, são ainda impermeáveis à água o que potencializa o escoamento superficial e a erosão do solo.

Apesar da trincha (TC) ter sido utilizada 5 vezes/ano, a compactação do solo promovida por este manejo de plantas invasoras na profundidade 0-3 cm foi menor do que a compactação promovida pela GD, RÇ, e AF. Isso pode ser devido ao fato da Trincha (TC) ser um implemento que tritura os restos vegetais sem mexer no solo (Fernandes, 2005) o que minimiza os impactos promovidos por esta operação.

No sistema de controle de plantas invasoras utilizando-se o herbicida de pré-emergência (HPré) a porcentagem de amostras indeformadas compactadas (8%) pode ser devido ao encrostamento promovido por este sistema na profundidade de 0-3 cm corroborando com Araujo Junior et al. (2008).

Por outro lado os manejos de plantas invasoras que mais preservaram a estrutura do LVA na profundidade 0-3 cm, foram os sistemas que utilizaram plantas (BD, CR, SJ, HPós). Isto é corroborado com trabalhos de Araujo Junior et al. (2008) que mostram o efeito benéfico do sistema radicular na recuperação da estrutura, além da proteção do solo contra processos erosivos, conservando a umidade do solo e, contribuindo para a sustentabilidade do sistema.

Na profundidade 10-13 cm, os manejos de plantas invasoras que mais degradaram a estrutura do LVA de acordo com os critérios propostos por Dias Junior et al. (2005) foram, em ordem decrescente: RÇ>TC>GD>HPós>CM (Tabela 3).

Nos manejos de plantas invasoras realizados com a GD, RÇ e TC na profundidade de 10-13 cm, a degradação foi resultado da intensidade de tráfego das operações para o controle satisfatório das plantas invasoras ao longo do ano (Kurachi & Silveira, 1984; Alcântara & Ferreira, 2000; Fernandes, 2005; Araújo Junior, 2007, Alcântara et al., 2008, Araújo Junior, 2010), além da possibilidade do tráfego ter sido realizado na estação chuvosa onde o solo apresentava-se com altas umidades e portanto, inadequadas para o tráfego de máquinas (Silva et al., 2006). Observa-se nestes manejos de plantas invasoras que eles promoveram maior compactação na profundidade de 10-13 cm do que na profundidade de 0-3 cm. Esta maior compactação promovida pela GD, pode ser explicada pelo fato de que a GD pode promover o aumento da compactação abaixo da profundidade de trabalho dos discos (Souza & Melles, 1986) que no caso do controle de plantas invasoras foi realizado a 15 cm de profundidade.

Apesar da RÇ e a TC serem equipamentos que tritura os restos vegetais e não terem ação direta sobre o solo, os maiores valores de pressão de preconsolidação na profundidade 10-13 cm e na linha de tráfego do trator acoplado com estes equipamentos, pode estar refletindo a ação da gradagem pesada realizada em 2006 antes da implantação da cultura cafeeira que tornou o solo mais suscetível à compactação devido à destruição da estrutura do solo por esta operação e no caso da RÇ devido também a vibração que esta operação promove. O efeito da gradagem pesada sobre a estrutura do solo também foi observado nos manejos de plantas invasoras HPós e CM.

Como ocorreu na profundidade 0-3 cm, foi observado também na profundidade 10-13 cm, que os manejos de plantas invasoras que mais preservaram a estrutura do LVA foram os sistemas que utilizaram plantas (AF, BD, CR, SJ), uma vez que a presença do sistema radicular auxilia no alívio da resistência mecânica do solo devido formação de “bioporos”(Foloni et al., 2006) o que foi evidenciado pelos valores de pressão de preconsolidação iguais a zero na região onde a compactação já ocorreu de acordo com os critérios propostos por Dias Junior et al. (2005). Segundo Ehlers et al. (1983) os bioporos possibilitam o crescimento das raízes em solos mais compactados promovendo assim, alívio da resistência mecânica do solo. Nesta profundidade, o manejo realizado com HPré também preservou a estrutura do LVA, justificado pelo fato de que o encrostamento promovido por este sistema de manejo de plantas invasoras só ocorrer na superfície do solo corroborando com Faria et al. (1998); Bertoni & Lombardi Neto (1999); Alcântara & Ferreira (2000) e Araujo-Junior et al.(2008).

Na profundidade 25-28 cm, como observado na tabela 3, os manejos de plantas invasoras que mais degradaram a estrutura do LVA de acordo com os critérios propostos por Dias Junior et al. (2005) foram, em ordem decrescente: HPós>RÇ> GD>CM> TC (Tabela 3).

A degradação observada nestes sistemas de manejo de plantas invasoras na profundidade 25-28 cm podem ser resultado da operação de gradagem pesada feita antes da implantação do experimento e devido a intensidade de tráfego ao longo do ano (Kurachi & Silveira, 1984; Alcântara & Ferreira, 2000; Fernandes, 2005; Araújo-Junior, 2007, Alcântara et al., 2008, Araujo Junior, 2010), principalmente quando estes controles eram feitos na estação chuvosa com o solo possuindo umidade inadequada para o tráfego (Silva et al., 2006).

Como nas profundidades 0-3 e 10-13 cm, os manejos em que utilizaram plantas (AF, BD, CR, SJ), foram os que mais preservaram a estrutura do LVA, reforçando a ação benéfica do sistema radicular na recuperação da estrutura do solo.

CONCLUSÕES

Os modelos de capacidade de suporte de carga do Latossolo Vermelho-Amarelo são expressos pelas seguintes equações $\sigma_p = 10^{(2,71 - 1,03 \theta)}$ (para as profundidades 0-3 e 10-13 cm) e $\sigma_p = 10^{(2,77 - 1,31 \theta)}$ (para a profundidade 25-28cm).

Os manejos de plantas invasoras que promoveram maior degradação na estrutura do LVA foram: na profundidade de 0-3 cm - grade de discos, roçadora e amendoim forrageiro; na profundidade 10-13 cm - trincha, roçadora e grade de discos e na profundidade 25-28 cm - herbicida de pós-emergência e roçadora.

LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ – ABIC. Indicadores da indústria de café no Brasil – 2009. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/estatisticas>>. Acesso em 16 out. 2010.

ALCÂNTARA, E. N. & FERREIRA, M. M. Efeito de métodos de controle de plantas invasoras na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. R. Bras. Ci. Solo, 24:711-721, 2000.

ALCÂNTARA, E. N.; CUNHA, R. L. da; SILVA, R. A. Manejo de mato em cafeeiro: métodos e coeficientes técnicos utilizados. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 29, n. 247, p.74-82, nov./dez. 2008.

- ALCÂNTARA, E. N.; NÓBREGA, J. C. A.; FERREIRA, M. M. Métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro afetam os atributos químicos do solo. *Ci. Rural*, 39:749-757, 2009.
- ARAUJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M. S. GUIMARÃES, P. T. C.; PIRES, B. S. Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejo de Plantas invasoras. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:23-32, 2008.
- ARAUJO JUNIOR, C. F. Capacidade de suporte de carga de um Latossolo após três décadas de diferentes manejos de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira. Universidade Federal de Lavras, 2010. 143p. (Tese Doutorado).
- ARAUJO 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. Universidade Federal de Lavras, 2007. 132p. (Dissertação Mestrado).
- BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A. & KAFKAFI, U., eds. *Plant roots*. 2.ed. New York, M. Dekker, 1996. p.453-470.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normas climatológicas 1961-1990. Brasília, MARA, 1992. 84 p.
- BOWLES, J.E. *Engineering properties of soils and their measurements*. 3.ed. New York, McGraw Hill, 1986. 218p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira Café Safra 2010 terceira estimativa. <<http://www.conab.gov.br/aceso>>. Acesso em 05 out. 2010.

- DIAS JUNIOR, M. S. Compactação do Solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; SHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, UFV, 2000. p. 55-94.
- DIAS JUNIOR, M. S. Compression of the soils under long-term tillage and Wheel traffic. Michigan State University, East Lansing. 114p. 1994. (Tese de Doutorado).
- DIAS JUNIOR, M. S. & PIERCE, F.J. Revisão de literatura. O processo de compactação do solo e sua modelagem. R. Bras. Ci. Solo, 20:175-182, 1996.
- DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. Soil Techn., 8:139-151, 1995.
- DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P.; LASMAR JÚNIOR, E.; ARAÚJO JUNIOR, C. F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to *Eucalyptus* harvest operations. Sci. Agric., 62:248-255, 2005.
- DEXTER, A.R. Amelioration of soil by natural processes. Soil Till. Res., 20:87-100, 1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- EHLERS, W.W.; KOPKE, F.; HESSE, F.& BOHM, W. Penetration resistance and growth root of oats in tilled and untilled loess soil. Soil Till. Res., 3:261-275, 1983.
- FARIA, J. C. et al. Effects of weed control on physical and micropedological properties of brazilian Ultisol. R. Bras. Ci. Solo. 22:731-741, 1998.

- FERNANDES, A. C. F. Plantas daninhas no cafezal. 2005. Disponível em: <<https://www.cooxupe.com.br/folha/fevereiro05/pag9.htm>>. Acesso em 07 out. 2010.
- FOLONI, J. S. S.; LIMA, S. L. & BÜLL, L.T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. R. Bras. Ci. Solo, 30:49-57, 2006.
- GYSI, M. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. Soil Till. Res., 61:133-142, 2001.
- HOLTZ, R. D.; KOVACS, W. D. An introduction to geotechnical engineering. New Jersey, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1981. 733 p.
- 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 Agronomico de Campinas).
- LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W. B.; GUPTA, S. C. Mechanics and related processes in structured agricultural soils. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1989. 273 p. (NATO Applied Science, 172).
- MARINO, L. K. Expansão desordenada da cultura cafeeira. In: ANUÁRIO da Agricultura Brasileira. São Paulo, Consultoria & Comércio, 2002. p. 210-214.
- ROTH, C.H.; CASTRO-FILHO, C. & MEDEIROS, G.B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo distrófico. R. Bras. Ci. Solo, 15:241- 48, 1992.
- SANTOS, G. A. Capacidade de suporte de carga de um Latossolo cultivado com cafeeiros sob métodos associados de controle de plantas daninhas. Universidade Federal de Lavras, 2006. 103p. (Tese Doutorado).

SIGMA PLOT, Scientific Graphing Software. Versão 10.0, San Rafael, Jandel Corporation, 2006.

SILVA, A. R.; DIAS JUNIOR, M. de S.; GUIMARAES, 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. R. Bras. Ci. Solo, 30: 207-216, 2006.

SILVEIRA, G.M.; KURACHI, S.A.; FUJIWARA, M. Métodos mecânicos e químicos de controle de ervas daninhas em cafezal. *Bragantia*, Campinas, v.44: 173-178, 1985.

SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. Statical methods. 8ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1989. 503p.

SOUZA, I.F. de; MELLES, C. do C.A. Controle de plantas daninhas. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO, 1., 1984. Poços de Caldas. Anais...Piracicaba, SP: POTAFOS, 1986. p.401-408.

SOUZA, I.F.: ALCÂNTARA, E.N.; MELLES, C. C. A. XI – Controle de ervas daninhas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 4: 56-66, 1978.

TAYLOR, D. W. Fundamentals of soil mechanics. New York, J. Wiley, 1948. 770 p.

WILDNER, L.P. Utilização de espécies de verão para adubação verde, cobertura e recuperação do solo em Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., Campo Mourão, 1992. Anais. Campo Mourão: AEACM, 1992. p.144-160.