

Resistência ao cisalhamento e correção da carga aplicada ao solo ⁽¹⁾.

Wellington Willian Rocha⁽²⁾; Moacir de Souza Dias Junior⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de: Fundação Agrisus, FAPEMIG e Matsuda Minas

⁽²⁾ Professor Adjunto 4; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Diamantina, MG; wwillian@ufvjm.edu.br; ⁽³⁾ Professor Associado, bolsista de produtividade do CNPq; Universidade Federal de Lavras; msouzadj@ufla.br.

RESUMO: Este estudo determinou as envoltórias de resistência de um Latossolo Vermelho Amarelo sob pastagem por ovinos e bovinos leiteiro, cultivo do milho em plantio direto e mata natural, calculando o fator de correção para taxas de lotação ou tráfego. Foi utilizado o teste de cisalhamento direto, gerando as tensões resultantes. A relação entre tensões resultantes da mata natural e sistemas de pastagem e cultivo, são os fatores de correção, que podem ser usados se alguma alteração estrutural for detectada. As forrageiras utilizadas foram: *Brachiaria Brizantha* cv. MG-5 Vitória no pasto por bovinos de leite, o Tifiton para o pasto de ovinos e *Brachiaria Ruziziensis* para o sistema de plantio direto. As amostras de solo foram equilibradas no potencial matricial de - 6 kPa. No teste de cisalhamento, as tensões normais utilizadas foram de 194, 304, 415 e 526 kPa e para o cálculo do fator de correção, usou-se a tensão normal de 450kPa, fator este que é a razão entre a tensão resultante da mata pela tensão resultante de cada manejo. O fator de correção (FC) com valor inferior a 1 indica se o solo tem degradação estrutural em relação à mata natural. Nos pastejos, os valores de FC foram menores que 1, demonstrando que o pisoteio pode ter causado a deformação estrutural do solo. Para estes sistemas, as correções das taxas de lotação são necessárias. As novas taxas de lotação são calculadas multiplicando-se pelo fator de correção. A área de plantio direto não apresentou degradação do solo.

Termos de indexação: compactação, pastejo, plantio direto

INTRODUÇÃO

A queda na qualidade das pastagens se deve a diversos fatores, entretanto, podemos enfatizar a compactação dos solos, causada principalmente pelo pisoteio animal, em taxas de lotação inadequadas ou em sistemas de irrigação mal manejados sem o controle da umidade do solo (Pires, 2007).

A compactação dos solos pode ser entendida como a redução dos espaços porosos do solo devido à aplicação de forças externas, como por

exemplo, a carga animal inadequada e o tráfego de máquinas agrícolas (Rocha et al., 2007).

Existem diversas técnicas para quantificar a compactação dos solos, porém, podemos enfatizar a resistência do solo ao cisalhamento, por envolver um conjunto de forças, como a normal e tangencial, quantificando assim, as mudanças dinâmicas na estrutura do solo. Mudanças estas que causam a compactação e que estão diretamente relacionadas com a densidade do solo, resistência do solo à penetração, porosidade e grau de intemperismo (Rocha et al., 2002).

A resistência do solo ao cisalhamento pode ser entendida como a máxima pressão suportada pelo solo antes de sua ruptura e pode ser expressa pela equação de Coulomb: $\tau = c + \sigma n \operatorname{tg}\phi$ (Ramamurphy, 2001), onde τ é a máxima pressão de cisalhamento suportada pelo solo σn é a tensão normal na linha de falhamento do solo, c é o intercepto de coesão, ou coesão aparente e ϕ é o ângulo de atrito interno (ângulo formado pelo vetor da força normal com o vetor da força resultante). Esta equação define a linha de ruptura do solo ou envoltória de resistência do solo, sendo que: qualquer esforço aplicado acima do limite desta linha promoverá a ruptura do solo (Rocha, 2003). (Carvalho et al., 2010), usando os conceitos da resistência do solo ao cisalhamento e calculando a relação entre a mata natural e a área de pastejo, conclui que esta relação pode ser usada como uma correção para a taxa de lotação calculada em função da disponibilidade de alimentação pela forrageira em comparação com a área preservada e que, valores menores que 1 para esta razão, indicam alteração estrutural e possível compactação do solo. Os valores encontrados para esta relação, devem ser multiplicados à taxa de lotação (Unidade animal/área), promovendo assim sua correção.

Assim, os objetivos deste trabalho foi o de gerar as envoltórias de resistência de um Latossolo para os diferentes manejos e quantificar possíveis problemas de alteração estrutural.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, o solo é um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd). As áreas de

estudo foram: pastejo por ovelhas em tifton, pastejo por gado leiteiro em Braquiária Victória MG 5 (sementes cedidas pela Matsuda Minas), cultivo de milho em sistema de plantio direto e mata natural. Em cada sistema de manejo, 32 amostras indeformadas foram coletadas aleatoriamente a partir da camada superficial (0-3 cm) (32 amostras x 4 sistemas).

A área de pastagem de ovinos tinha 4 ha e foi pastejada por 30 animais, a pastagem em área de bovinos de leite, tinha 6 ha e a taxa de lotação foi de 4 UA / ha, a cultura do milho em sistema de plantio direto teve 2 ha e a cobertura do solo formada pela *Brachiaria Ruziziensis* (sementes produzidas e fornecidas por Matsuda Minas) e a mata natural é resíduo da Mata Atlântica. Estas amostras foram levadas para o Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, onde elas foram saturadas. As amostras saturadas foram equilibradas com uma tensão de - 6 kPa, procedimento realizado no extrator de placa porosa de Richard. Uma vez que a tensão de retenção de água foi estabilizada, as amostras foram submetidas aos ensaios de cisalhamento de acordo com Rocha et al. 2007. O equipamento operou a uma velocidade de deslocamento horizontal com 2 mm min⁻¹ e foram aplicadas as tensões normais de 194, 304, 415 e 526 kPa (Pires, 2007). Depois da aplicação da tensão normal (x) e determinação da tensão máxima de cisalhamento (y), foram plotadas as linhas envoltórias de resistência, sendo possível calcular a força resultante em cada sistema de manejo. As comparações estatísticas entre as linhas de ruptura, ou seja, entre as equações lineares, foram efetuadas de acordo com Snedecor e Cochran (1989).

No ensaio de cisalhamento direto, combinando tensão normal e de tensão cisalhante, é possível calcular a tensão resultante, uma variável de grande importância neste estudo, porque combina as tensões impostas ao solo pelo próprio peso do animal e máquina agrícola, assim como o seu deslocamento (Fig. 1).

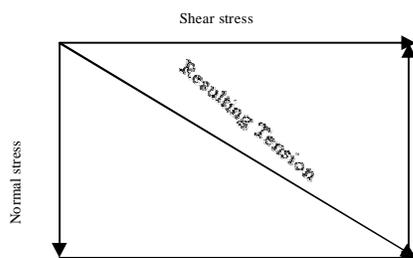


Figura 1. Esquema da distribuição das tensões solo (Rocha, 2003).

Um animal se movendo sobre o solo e o tráfego de máquinas agrícolas em uma lavoura, provoca

tensão de cisalhamento e a tensão normal (rocha, et al. 2007) (figura 1). Baseado nisto, a tensão resultante foi calculada para cada manejo e a relação da tensão calculada da mata (σ_{rm}) / tensão de cada manejo estudada (σ_{rm}), estabeleceu um índice. Este índice foi chamado de fator de correção (FC). Com base nesse fator de correção, é possível avaliar as alterações da estrutura do solo em relação ao solo preservado (área de mata natural). Os valores inferiores a 1 indicam uma alteração estrutural que pode significar a compactação do solo, desde que a mata natural possa ser considerada o uso do solo em que a estrutura original é preservada. Este fator de correção pode ser usado para corrigir a taxa de lotação (unidade animal / ha) em função de uma possível compactação: taxa de lotação corrigida = taxa de lotação calculada x FC. vale ressaltar que esta correção é necessária, tendo em vista a futura redução de oferta de forragem devido à compactação do solo e, possivelmente, para justificar medidas de correção de compactação, como o uso de subsolagem e escarificação. Este fator de correção pode ser também usado para corrigir os modelos de capacidade de suporte de carga e indicar os métodos de descompactação do solo causada pelo tráfego de máquinas. Das envoltórias de resistência obtidas pelo teste de cisalhamento direto, a tensão de cisalhamento foi calculada para uma tensão normal de 450 kPa, o que, de acordo com betterige et al. (1999), é a pressão comum aplicado pelos animais ao solo. Uma vez que a tensão normal e de cisalhamento foram conhecidas, a tensão resultante foi calculada de acordo com o teorema de pitágoras, em que: σ_R = tensão resultante (kpa)(hipotenusa), τ = tensão de cisalhamento (kpa)(cateto oposto) σ_n = tensão normal (kpa) (cateto adjacente).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **figura 2**, mostra as envoltórias de resistência do LVAd submetido a diferentes manejos na tensão de retenção de água de - 6kPa. O coeficiente de determinação para todas as retas geradas foi alto, demonstrando uma boa modelagem matemática. As envoltórias de resistência para o LVAd nos diferentes manejos foram estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Snedecor Cochran (1989), indicando um comportamento estrutural do solo diferente para os diferentes manejos deste estudo. Para os manejos, considerando que a mata é um uso, as envoltórias mostram que no solo plantado com milho em sistema de plantio direto, a resistência ao cisalhamento foi menor, mesmo havendo tráfego intenso de máquinas, possivelmente a *Braquiária Ruziziensis*, tem agido com amortecedor das cargas aplicadas e

aumentando a resistência do solo à compactação. Ainda pela **figura 2**, pode-se observar que a mata natural também apresentou baixos valores de resistência do solo ao cisalhamento, indicando, portanto, não haver problemas de compactação, uma vez que esta área não é manejada, nem por máquinas e nem pisoteada por animais. A área pastejada por ovinos, foi a que apresentou a maior resistência, observada pela posição da reta, mais deslocada para cima, seguida da área pastejada por gado leiteiro. O pastejo excessivo é provavelmente a causa desta maior resistência do solo ao cisalhamento, que está relacionada à maior proximidade das partículas do solo e alteração estrutural.

A **tabela 1** apresenta os fatores de correção calculados. Os resultados indicam que as áreas pastejadas por gado leiteiro e por ovinos apresentam problemas de alteração estrutural quando comparados à mata, pois seus fatores de correção (FC) foram inferiores a 1. A taxa de lotação destas áreas deve ser corrigida multiplicando-as pelos fatores encontrados. A área sob plantio direto de milho apresentou um fator superior a 1, indicando que esta área não apresenta problemas de alteração estrutural, não necessitando de correção para as cargas mecanizadas que são normalmente aplicadas, possivelmente o amortecimento proporcionado pela Braquiária Ruziziensis e o aumento da matéria orgânica do solo, melhoraram sua estrutura, fazendo com este manejo sentisse menos os efeitos do tráfego de máquinas agrícolas.

CONCLUSÕES

A área sob cultivo de milho no sistema de plantio direto não apresenta alteração estrutural, não necessitando de correção quanto às cargas de máquinas a serem aplicadas;

O solo sob pastejo de ovelhas, apresentou o menor valor para o fator de correção, indicando alteração estrutural e correção da taxa de lotação;

O solo sob pastejo de bovinos leiteiros também apresentou valor menor que 1 para o fator de correção, demonstrando a necessidade na correção da taxa de lotação.

AGRADECIMENTOS

Fundação Agrisus; FAPEMIG; FESP – UEMG; UFVJM e Matsuda Minas

REFERÊNCIAS

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 23: 211-218, 1999.

CARVALHO R, C. R.; ROCHA, W. W; PINTO, J.C; DIAS JUNIOR, M,S & PIRES. B, S. Soil shear strength under of oxisols non-irrigated and irrigated short duration grazing systems. Revista Brasileira de Ciência do Solo,. 34: 211-218, 2010.

RAMAMURTHY. T. Shear strength response of some geological materials in triaxial compression. Intern. J.Rock Mech. Mining Sci., p.1-15.2001.

ROCHA. W, W.; BORGES. S, R.; VICTÓRIA. E, P & NUNES. A, B. Resistência ao cisalhamento do solo do ponto de vista ambiental. In. Mauro. Belo Horizonte, Ciência Ambiental, 2007. p.87-124.

PIRES. B,S. Compressibilidade e resistência ao cisalhamento de um Latossolo sob diferentes manejos e intensidades de uso na região de Passos, MG. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 62p. (Tese de Mestrado).2007.

ROCHA. W, W. Resistência ao cisalhamento e estabilidade de taludes de voçorocas em solos da região de Lavras, MG. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 101p. (Tese de Doutorado).2003.

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

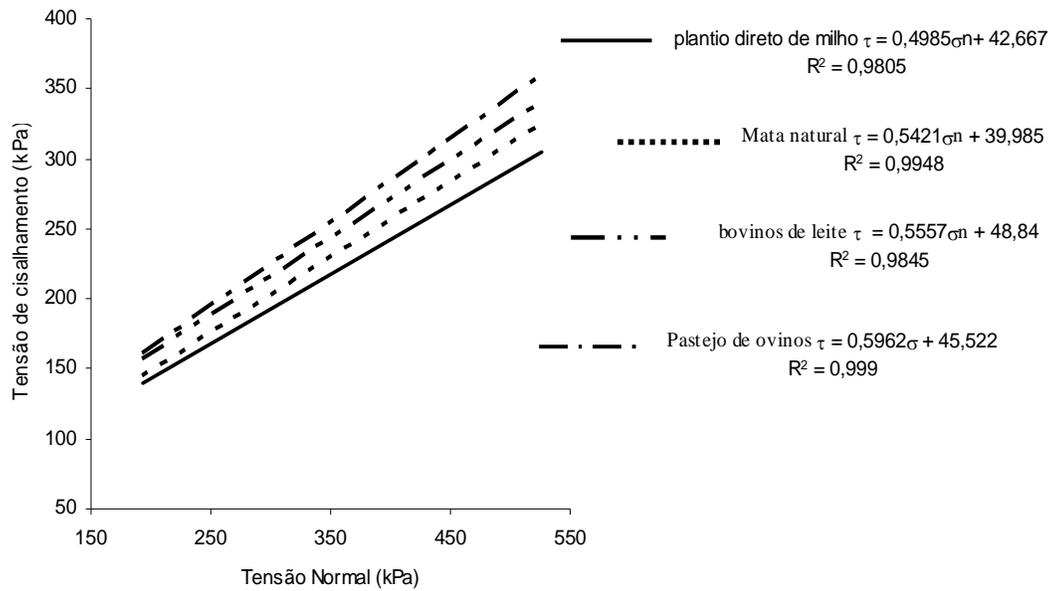


Figura 2. Envoltória de resistência nos diferentes manejos com solo estabilizado a -6kPa

Tabela 1- Fator de correção para os diferentes manejos

Manejo	FC
Milho em sistema de plantio direto	1,01
Pastejo por gado leiteiro	0,98
Pastejo por ovinos	0,96