

Resistência mecânica do solo a penetração, em área cultivada com eucalipto irrigado⁽¹⁾

Uilham Cherri⁽²⁾; Adriano da Silva Lopes⁽³⁾; Eder Duarte Fanaya Júnior⁽⁴⁾; Isabela Braga Belchior⁽⁵⁾; Iago João Cassol⁽⁶⁾; Alisson Rodrigues de Almeida Margatto⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FUNDECT.

⁽²⁾ Acadêmico do curso de Engenharia Florestal; Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana/MS. uilhamcherri@florestal.eng.br;

⁽³⁾ Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana/MS

⁽⁴⁾ Eng. Agrônomo, Bolsista Capes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Unidade Universitária de Aquidauana

⁽⁵⁾ Acadêmica do curso de Engenharia Florestal; Bolsista UEMS/FUNDECT. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana/MS.

⁽⁶⁾ Acadêmico do curso de Agronomia. Bolsista Cnpq. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Aquidauana/MS.

⁽⁷⁾ Acadêmico do curso de Agronomia. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Aquidauana/MS.

RESUMO: A compactação do solo reduz a penetração das raízes, diminuindo a porosidade e a capacidade de absorção de nutrientes, comprometendo o desenvolvimento de algumas culturas. Assim, o objetivo deste trabalho foi obter os parâmetros de resistência mecânica do solo a penetração (RP) e umidade gravimétrica do solo (UG) em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, cultivado com híbridos eucalipto em sistema de irrigação localizada, no município de Aquidauana-MS. Este trabalho foi realizado na área experimental de irrigação da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade Universitária de Aquidauana. Os tratamentos empregados nas parcelas corresponderam a dois sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) e uma área sem irrigação. Nas subparcelas, os tratamentos foram os híbridos de eucalipto: *E. urograndis* - clone I224 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) e *E. grancom* - clone 1277 (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*). O manejo de irrigação foi baseado no método de Penman-Monteith. As análises foram feitas nas camadas: 0,0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m, 0,2 - 0,3 m, 0,3 - 0,4 m e 0,4 - 0,5 m, para caracterização da RP e UG. Para análise estatística, foi realizada a análise de variância com auxílio do software SAS®, além do teste Tukey para comparação de médias entre os tratamentos. A área sem irrigação possui as maiores médias de RP nas camadas subsuperficiais.

Termos de indexação: Irrigação localizada; Compactação do solo; Umidade gravimétrica.

INTRODUÇÃO

As áreas de florestas plantadas do gênero *Eucalyptus*, em 2011, totalizaram 4.873.952 ha, sendo que 71,2% foram destinados ao setor de papel e celulose. Esse índice representa 78% das florestas plantadas brasileiras, onde o Estado de Mato Grosso do Sul é responsável por 475.528 ha

(9,8%) de plantios comerciais de *Eucalyptus* spp (Abrãf, 2012).

Essa crescente demanda por matéria-prima cada vez mais produtiva requer um manejo mais tecnológico, principalmente para suprir a necessidade hídrica do eucalipto. Por ser uma espécie de rápido crescimento, apresenta um gasto energético maior, resultando numa grande necessidade hídrica nos primeiros meses após o plantio (Bertolli, 2011).

A necessidade hídrica está diretamente ligada ao desenvolvimento e a produtividade das plantas. Em algumas regiões, onde a água não é disposta naturalmente para o desenvolvimento da planta pode-se utilizar da irrigação para suprir essa necessidade (Freitag, 2007).

Com relação aos atributos físicos do solo, a elevação da densidade do solo prejudica o desenvolvimento das plantas, ocasionando o aumento da resistência mecânica à penetração de raízes. Altera a movimentação de água e de nutrientes e a difusão de oxigênio e outros gases, levando ao acúmulo de CO₂ e fitotoxinas (Marschner, 1995).

A compactação do solo é um dos problemas físicos que mais comprometem a produtividade dos sítios. Reduz a penetração das raízes, diminui a porosidade e, ainda, a capacidade de absorção de nutrientes, comprometendo o estabelecimento das mudas (Garcia et al., 2011).

O pisoteio de animais e o tráfego de máquinas ou veículos são os principais agentes causadores da compactação do solo. Em solos secos, destrói os agregados e compacta a camada superficial (Carvalho Filho et al., 2004 apud Cassia, 2008).

O presente trabalho teve por objetivo obter os parâmetros de resistência mecânica do solo a penetração (RP) e umidade gravimétrica do solo (UG) em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, cultivado com híbridos de eucalipto em sistema de irrigação localizada, no município de Aquidauana-MS.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental de irrigação da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade Universitária de Aquidauana, localizada no município de Aquidauana/MS, com coordenadas geográficas 20°20' Sul, 55°48' Oeste e altitude média de 174 metros. O clima da região, segundo a classificação Köppen, foi descrita como Aw, definido como clima tropical quente sub-úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno e precipitação média anual de 1200mm. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (Embrapa, 2006).

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, utilizando quatro blocos e duas replicações por bloco (Banzatto & Kronka, 1989). Os tratamentos empregados nas parcelas corresponderam a dois sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) e uma área sem irrigação. Nas subparcelas, os tratamentos realizados foram os híbridos de eucalipto: *E. urograndis* - clone I224 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) e *E. grancam* - clone 1277 (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*). O manejo de irrigação foi baseado no método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e da precipitação ocorrida no local.

As coletas foram feitas nas camadas: 0,0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m, 0,2 - 0,3 m, 0,3 - 0,4 m e 0,4 - 0,5 m, para caracterização da RP e umidade gravimétrica (UG).

Para obter a resistência mecânica do solo a penetração (RP), utilizou-se um penetrômetro de impacto graduado de 0,00 a 0,60 m, onde foram coletados dados de 10 pontos diferentes em cada tratamento, totalizando 30 pontos de coleta.

Os valores de RP foram obtidos por meio da fórmula desenvolvida por Stolf (1991).

Para obtenção da umidade gravimétrica (UG), foram realizadas coletas nas mesmas profundidades que as da RP, com utilização de um trado holandês.

Análise estatística

Para cada atributo estudado, efetuou-se a análise descritiva. Para testar a hipótese de normalidade, foi utilizada a estatística de Shapiro &

Wilk a 5 % e; a análise de variância feita com auxílio do software SAS[®]. Os tratamentos foram comparados por teste de médias, utilizando o teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A RP não diferiu entre os tratamentos com microaspersão, gotejamento ou sem irrigação (Tabela 1). O mesmo ocorreu quando comparadas as RP entre os híbridos *E. grancam* e *E. urograndis*.

Em relação à umidade gravimétrica (UG), houve diferença estatística significativa entre os híbridos, sendo que, o híbrido *E. grancam* foi o que proporcionou maior valor para este atributo. Entretanto, ao observar a comparação da UG entre os sistemas de irrigação, não houve diferença significativa (Tabela 1).

Segundo Montanari et al. (2008), conforme os valores obtidos pela variação dos dados, esta representada pelo coeficiente de variação (CV), podem ser avaliados pelo seguinte critério: valores de CV menores ou iguais a 12% correspondem à baixa variação, valores entre 12 e 24% referem-se à média variação e CV maiores ou iguais a 24% estão relacionados aos dados com alta variação.

Tabela 1. Comparação de médias entre os sistemas de irrigação e híbridos de eucalipto, em Aquidauana-MS, para os parâmetros resistência mecânica do solo a penetração (RP) e umidade gravimétrica do solo (UG).

	RP (MPa)	UG (kg kg ⁻¹)
Sistemas de Irrigação		
MIC	2,8A	0,085A
GTJ	2,9A	0,086A
SIR	3,5A	0,091A
DMS	0,8	0,011
CV (%)	56	26
Híbridos		
GRC	3,3a	0,095a
URO	2,9a	0,080b
DMS	0,6	0,007
CV (%)	56	24,74

MIC - Microaspersão; GTJ - Gotejamento; SIR - Área Sem Irrigação; GRC - *E. grancam*; URO - *E. urograndis*; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com isso, o CV encontrado entre os sistemas de irrigação quanto aos híbridos com relação ao atributo RP foram classificados como alto, mesma classificação dada para o atributo UG.

Foi realizada também a análise descritiva da RP

e UG na camada de 0,0 a 0,5 m (Tabela 2), podendo-se observar que as maiores médias de RP estão nas camadas subsuperficiais de 0,2 a 0,5 m, tendo valores acima de 3,65 MPa, cujo maior valor de RP foi encontrado na camada de 0,2 a 0,3 m (RP₃). Resultado semelhante foi encontrado por Garcia et al. (2011), que avaliaram alguns atributos físicos do solo em cultivo de eucalipto no município de Botucatu-SP. Em contrapartida, Lima et al. (2010) encontraram valores de RP entre 6,4 e 9,6 MPa, valores considerados altos segundo Arshad et al. (1996).

O CV mais alto foi observado na camada de 0,2 a 0,3 m, sendo que, em todas as camadas analisadas, estas foram classificadas como alto. Resultado semelhante foi encontrado por Garcia et al. (2011) os quais relatam que apenas na camada de 0,3 a 0,4 m em que o CV foi classificada como média, enquanto nas demais profundidades o CV foi classificado como alto.

A UG média variou pouco entre os tratamentos, estando próxima de 0,080 kg kg⁻¹, menor que a observada por Rosa Filho et al. (2011) que obtiveram UG entre 0,133 e 0,139 kg kg⁻¹ em solo cultivado com *Eucalyptus urophylla* no município de Selvíria-MS.

Tabela 2 - Análise descritiva da resistência à penetração (RP) e umidade gravimétrica do solo (UG) em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico no município de Aquidauana, MS.

	Médias	CV (%)	Pr<w
RP ₁ (Mpa)	1,4	40	0,00
RP ₂ (Mpa)	2,7	53	<0,00
RP ₃ (Mpa)	3,9	34	0,10
RP ₄ (Mpa)	3,9	50	0,00
RP ₅ (Mpa)	3,7	49	0,00
UG ₁ (kg kg ⁻¹)	0,082	26	0,42
UG ₂ (kg kg ⁻¹)	0,089	22	0,09
UG ₃ (kg kg ⁻¹)	0,089	26	0,02
UG ₄ (kg kg ⁻¹)	0,086	31	0,13
UG ₅ (kg kg ⁻¹)	0,088	27	0,12

RP₁ e UG₁ – camada de 0,0 a 0,1m; RP₂ e UG₂ - camada de 0,1 a 0,2m; RP₃ e UG₃ - camada de 0,2 a 0,3m; RP₄ e UG₄ - camada de 0,3 a 0,4m; RP₅ e UG₅ - camada de 0,4 a 0,5m.

A Tabela 3 ilustra a comparação de médias entre as camadas subsuperficiais do solo nos sistemas de irrigação utilizados no cultivo do eucalipto. Pode-se observar que a área sem irrigação possui as maiores médias de RP nas camadas de 0,2 a 0,3 m; 0,3 a 0,4 m; e 0,4 a 0,5 m, ou seja, esta possui maior compactação do solo nestas camadas.

Entretanto, nas camadas superficiais, o sistema de gotejamento apresenta o maior valor de resistência na camada de 0,0 a 0,1 m, já a

microaspersão possui maior média na camada de 0,1 a 0,2 m. Isso pode ser considerado pela presença de máquinas para a realização dos tratos culturais nesses sistemas de irrigação, pois com o solo úmido nas camadas mais superficiais, as máquinas utilizadas podem aumentar a resistência à penetração nesses sistemas.

Sendo a premissa considerada, todos os valores de CV dos sistemas e profundidades são classificados como muito altos, pois estão situados em uma faixa que varia de 34 a 53%.

Tabela 3 – Comparação de médias das camadas subsuperficiais do solo entre os sistemas de irrigação em cultivo de eucalipto em Aquidauana, MS.

	RP ₁	RP ₂	RP ₃	RP ₄	RP ₅
MIC	1,4ab	3,0a	3,8ab	3,2 b	3,0 b
GTJ	1,9a	3,0a	3,2 b	3,4ab	3,4ab
SIR	1,0 b	2,0a	4,8a	5,2a	4,6a
DMS	0,5	1,5	1,3	2,0	1,9
CV(%)	40	53	34	49	49

MIC - Microaspersão; GTJ - Gotejamento; SIR – Sem irrigação; RP₁ – camada de 0,0 a 0,1m; RP₂ - camada de 0,1 a 0,2m; RP₃ - camada de 0,2 a 0,3m; RP₄ - camada de 0,3 a 0,4m; RP₅ - camada de 0,4 a 0,5m. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Não houve diferença significativa entre os sistemas de irrigação (microaspersão, gotejamento e sem irrigação) tanto para o atributo RP quanto para UG.

A irrigação por gotejamento apresentou média superior aos outros sistemas na camada de 0,0 – 0,1 m para o atributo RP.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, 1998. 301 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF, ano base 2011/ABRAF** – Brasília: 2012; 150p.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Org.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: **Soil Science**



Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA Special publication, 49)

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.

BERTOLI, D.M.; LOPES, A.S. **Influência da irrigação sobre o desenvolvimento inicial da cultura do eucalipto, no município de Aquidauana - MS**. 2011. Disponível em: <<http://periodicos.uems.br/novo/index.php/enic/articled/view/746/650>>. Acessado em 29/01/2013.

CASSIA, M. **Determinação da Resistência do Solo a Penetração em função do manejo das pastagens**. Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU. 2008

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

FREITAG, A. S. 2007. **Frequências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliotii* em viveiro**. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Área de Concentração em Relação Solo-água-plantas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 60 p.

GARCIA, E.A.; MACHADO, F.C.; MASIERO, F.C.; LANÇAS, K.P.; GUERRA, S.P.S. Diagnóstico da Resistência a Penetração em uma área florestal. **Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais – NEMPA**. Botucatu. 6p. 2011.

LIMA, C.G.R.; CARVALHO, M.P.; NARIMATSU, K.C.P.; SILVA, M.G.; QUEIROZ, H.A. Atributos físico-químicos de um latossolo vermelho do cerrado brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.163-173, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego, Academic Press, 1995. 889p.

MONTANARI, R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JUNIOR, J. SOUZA, Z. M.; PAZETO, R. J.; CAMARGO, L. A. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolos e Argissolos. **Ciência Rural (on-line)**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1266-1272, ago., 2008.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M.P.; MONTANARI, R.; SILVA, J.M.; SIQUEIRA, G.M.; ZAMBIANCO, E.C. Variabilidade espacial de propriedades dendrométricas do eucalipto e de atributos físicos de um Latossolo Vermelho. **Bragantia**, v. 70. n. 2. Campinas. p. 439-446. 2011.

SAS. Statistical Analysis System Institute. **SAS/STAT. Procedure guide for personal computers**. Version 5. Cary: SAS Institute, 1999.

STOLF, R. Teorias e testes experimentais de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.229-235. 1991.