

Assessing the soil physical characteristics of the gallery woods area at the hydrographic Mariana sub-catchment for environmental conservation

CAMARGO, M. F.¹, ROQUE, C. G.², UMETSU, R. K.³, CARDOSO, T. R.¹, MONTANARI, R.⁴ and PAZ GONZÁLEZ, A.⁵

- (1)Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Campus de Alta Floresta, MT, Brasil
- (2)Universidade Federal do Estado de Mato Grosso do Sul (UFMS). Campus de Chapadão do Sul , MT, Brasil
- (3)Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Campus de Nova Xavantina, MT, Brasil
- (4)Universidade Estadual Paulista (UNESP). Campus Ilha Solteira, SP, Brasil.
- (5)Universidade da Coruña (UDC). Facultade de Ciencias. Campus A Zapaterira, Coruña, España.

Abstract

The objective of this work was to characterize soil physical properties of the gallery woods area at the hydrographic Mariana sub-catchment. The physical attributes evaluated were: bulk density, gravimetric humidity, soil porosity and mechanical resistance to penetration. The field work was carried out at Alta Floresta-MT, Brazil. Nine plots of 20 m x 50 m in surface were marked along the upper and middle river course areas in such a way that they were representative of all the sub-catchment extension. The experimental design was completely randomized. Soil density of the gallery woods area was higher than that of the native forest, so that development of the root system of the trees even could be restricted. Gravimetric humidity was found to be homogeneous when different areas or different depths were compared. Soil porosity was found to be adequate for native gallery woods. Mean penetration resistance at the 0-0.25 m depth was classified as moderate, but hint the upper and middle river course areas.

Key words: bulk density; soil porosity; resistance to penetration, environmental impacts; soil compaction.

INTRODUÇÃO

A colonização da região norte do Estado de Mato Grosso se iniciou na década de 60, promovida pelo Governo Federal, dando início ao povoamento mais extensivo do território (SEPLAN, 2002).

O início da colonização marca também o início das modificações nos ecossistemas, fragmentando-os e afetando seu equilíbrio. A fragmentação das áreas antes florestadas foi essencial para o desenvolvimento e implantação das atividades agropecuárias. As substituições da floresta por culturas agrícolas e/ou mesmo operações pecuárias causaram inúmeras mudanças nos atributos do solo que, em muitos casos, conduziram a algum tipo de degradação (FERNANDES, 1997).

A atividade agropecuária, a derrubada da floresta com posterior queima, aliada a extração seletiva da madeira são as grandes responsáveis pelas áreas alteradas e abandonadas na Amazônia (IBID, 1997).

Estudos realizados na Amazônia demonstram que a pecuária ocupa cerca de 77% das áreas desmatadas e convertidas em uso econômico na região, correspondendo a aproximadamente 45 milhões de hectares (MELADO, 2002). Por meio de imagens de satélite percebe-se a retirada da vegetação e inspeções de campo revelam variados graus de degradação como: solo exposto, área de preservação permanente desflorestada, processos erosivos e corpos hídricos assoreados.

O estudo dos atributos do solo decorrentes da ação diferenciada dos processos de manejo adquirem grande importância na análise do comportamento das plantas. Do ponto de vista prático é de grande interesse econômico o estudo dessas alterações, pois assumem relevantes importâncias na recu-

peração ou manutenção do seu potencial (MARQUES, 2004).

Entre as variáveis físicas que condicionam o crescimento e desenvolvimento de plantas evidencia-se um conjunto de fatores que estão relacionados com a resistência do solo à penetração de raízes, o espaço poroso de trocas gasosas e a quantidade de água disponível para as plantas (TORMENA et al., 2002).

Os valores de máxima densidade quando se deseja sustentabilidade, para solos argilosos devem estar entre 0,9 e 1,1 g.cm⁻³ (CAMARGO & ALLEONI, 1997) e para solos arenosos entre 1,25 e 1,48 g.cm⁻³. Araújo (2004) encontrou valores de densidade em mata nativa que oscilam em torno de 1,40 g.cm⁻³. Os valores de resistência a penetração não devem ultrapassar a faixa entre 1,10 e 1,49 MPa (CAMARGO & ALLEONI, 1997; ALVARENGA, 1996). Valores semelhantes são descritos por Roque (2003) em Latossolo Vermelho coberto por mata nativa (1,18 MPa). A porosidade do solo é considerada com níveis normais quando apresenta valores em torno de 60% (CARVALHO, 2004), em solos arenosos, o que esta de acordo com o encontrado por Marques (2004) em Latossolo Amarelo no Amazonas.

A caracterização física do solo da sub-bacia hidrográfica Mariana é de grande importância para o desenvolvimento de ações futuras de recuperação das áreas ciliares degradadas, para a manutenção da qualidade e quantidade de água disponível para a população da cidade de Alta Floresta-MT, pois suas nascentes formam o ribeirão Taxidermista, corpo d'água do qual a companhia de abastecimento de águas e tratamento de esgotos da cidade de Alta Floresta-MT se utiliza para fornecer água para a população.

Dessa forma, objetivou-se neste estudo realizar a análise das características físicas do solo da área ciliar da sub-bacia hidrográfica Mariana, a fim de produzir informações que contribuam para a gestão ambiental da região.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo localiza-se no extremo norte do Estado de Mato Grosso, no município de Alta Floresta-MT, sob as coordenadas geográficas 56°8'0''W, 56°5'0''W e 9°56'30'' S, 9°59'30''S (Figura 1).

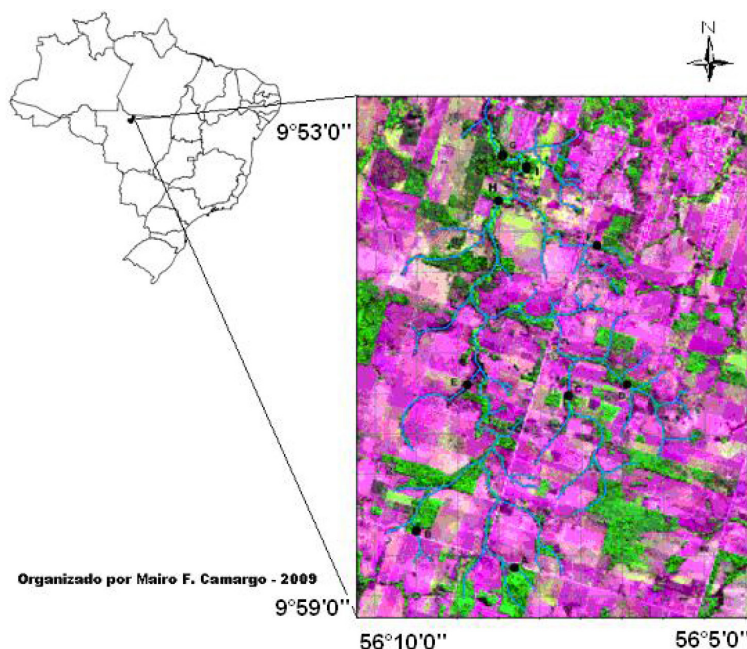


Figura 1. Localização da sub-bacia hidrográfica Mariana

Conforme levantamentos realizados a partir de imagens de satélite, a sub-bacia hidrográfica Mariana possui uma área total de 5.785 ha. Deste total, apenas 957,44 ha são áreas onde ainda existem vegetação ciliar.

A malha hídrica total da qual a sub-bacia hidrográfica Mariana faz parte é representada por 83,39 km. Destes 37,5 km correspondem a riachos de 1ª ordem, 15 km

riachos de 2ª ordem, 9,5 km riachos de 3ª ordem e 11,5 km riacho de 4ª ordem, sendo esta a ordem final até sua foz no Rio Teles Pires, além de 9,8 km de represas e lagos.

Parcelas e delineamento experimental

Para abranger toda a sub-bacia hidrográfica Mariana e aumentar a representa-

tividade do estudo foram selecionadas nove parcelas (Figura 2). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, num esquema fatorial 2 x 2, sendo que as parcelas foram distribuídas da seguinte forma: seis na área do alto curso da sub-bacia (A, B, C, D, E e F) e três na área do médio curso da sub-bacia (G, H e I), demarcadas de forma não contígua e aleatórias, alinhadas em transeções, dispostas paralelamente à maior inclinação do terreno e perpen-

dicular aos cursos d'água para representar as maiores variações possíveis (apêndice A). Cada parcela foi constituída de 20 x 50 m, totalizando 0,9 ha de área total. Foram amostradas todas as áreas que possuíam tamanho suficiente de área ciliar e acesso terrestre permitido. Para a instalação das parcelas, foi utilizada trena para medir as distâncias horizontais e nível de precisão para orientar o alinhamento do contorno das parcelas.

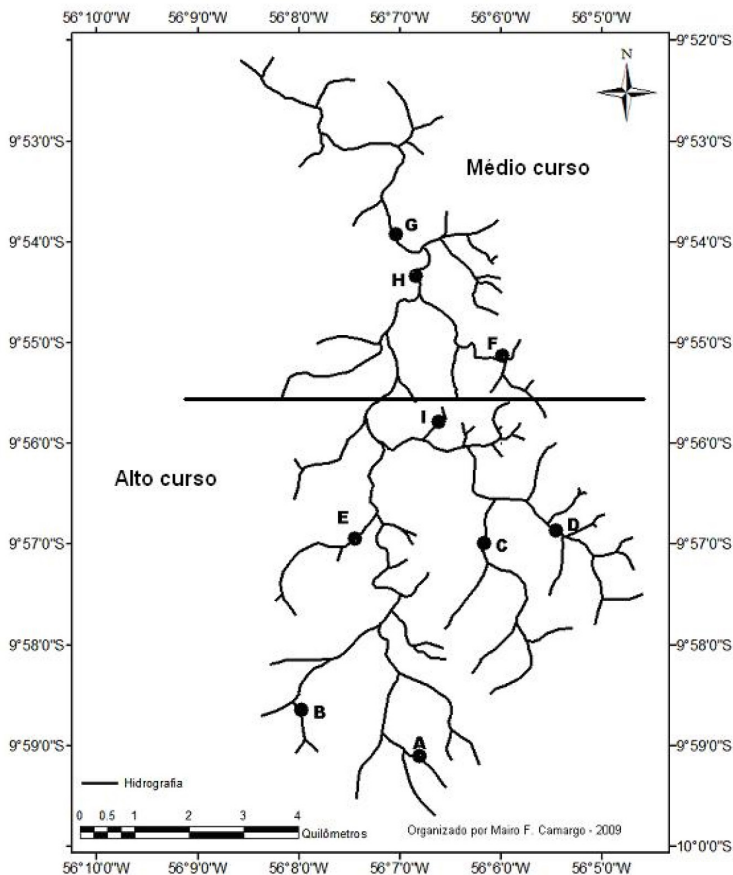


Figura 2. Mapa hidrográfico da sub-bacia Mariana, e localização das parcelas amostrais.

Amostragem e análise do solo

Foram coletadas amostras indeformadas de solo em cada área, entre os meses de novembro e dezembro de 2008. As amostras foram coletadas nas seguintes camadas: 0 a 0,1 m e 0,1 a 0,2 m com auxílio de anéis volumétricos, tais anéis foram cravados no solo de forma vertical ao plano do terreno, com auxílio de trado Ulhand. As repetições realizadas foram as seguintes: 30 no alto curso e 15 no médio curso, para cada profundidade, totalizando 90 amostragens. Os anéis foram levados ao laboratório de solos da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus universitário de Alta Floresta, onde foram determinadas: densidade do solo, umidade gravimétrica e porosidade total do solo, conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). A resistência mecânica do solo à penetração

vertical foi avaliada através do método proposto por Stolf et al. (1991), onde o procedimento experimental está embasado na avaliação direta do estado de compactação.

Como forma de reduzir as possibilidades de erro ao citar as classes de resistência à penetração, foi utilizada a proposta por Soil Survey Staff (1999). Segundo este, a resistência mecânica do solo a penetração está dividida em sete classes, conforme descrito a seguir: extremamente baixa (<0,01 MPa); muito baixa (0,01-0,1 MPa); baixa (0,1-1,0 MPa); moderada (1,0-2,0 MPa); alta (2,0-4,0 MPa); muito alta (4,0-8,0 MPa) e extremamente alta (>8,0 MPa).

Na tabela 1 estão os valores da granulometria das parcelas amostradas, seguidas das respectivas classes texturais, para as profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20m.

Tabela 1. Granulometria média do solo das parcelas amostrais e classe textural nas profundidades de 0 a 0,1 m e 0,1 a 0,2 m, em g.kg⁻¹

Parcela	Areia total	Silte	Argila	Classe	Parcela	Areia total	Silte	Argila	Classe
Profundidade 0,0 a 0,10 m					Profundidade 0,10 a 0,20 m				
A	698,1	109,7	192,2	Franco arenosa	A	630,8	194,9	174,3	Franco arenosa
B	708,2	101,3	190,6	Franco arenosa	B	646,8	154,7	198,4	Franco arenosa
C	720,3	66,2	213,4	Franco argilo arenosa	C	654,9	139,6	205,5	Franco argilo arenosa
D	674,6	143,2	182,2	Franco arenosa	D	685,5	145,1	169,4	Franco arenosa
E	676,2	301,8	197,3	Franco arenosa	E	491,3	273,9	233,9	Franca
F	678,0	164,7	133,8	Franco arenosa	F	623,6	256,8	119,6	Franco arenosa
G	678,2	211,0	158,0	Franco arenosa	G	560,0	262,8	177,2	Franca
H	579,9	244,8	175,3	Franca	H	459,8	344,9	195,3	Franca
I	315,4	416,9	266,6	Franco siltosa	I	312,6	405,8	281,7	Franco siltosa

Análise estatística

Os resultados das análises de solo foram submetidas à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SISVAR 4.0 (FERREIRA, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 está ilustrado o resultado da análise de variância para a densidade do solo, umidade gravimétrica e porosidade do

solo em relação ao curso (alto/médio), profundidade da camada de coleta e o desdobraimento de curso e profundidade.

Pelos resultados observou-se que os atributos físicos dos solos da área ciliar da sub-bacia hidrográfica Mariana apresentam diferença significativa para os atributos físicos densidade (Ds) e porosidade do solo (Pt), variando em alguns casos entre curso, e em outros em função da profundidade de coleta e desdobraimento. O parâmetro umidade gravimétrica (Ug) não variou significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 2. Análise de variância dos dados referentes à umidade gravimétrica (Ug), densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), em relação ao curso da sub-bacia, profundidade do perfil de coleta e desdobraimento.

Fontes de variação	GL	Ug	Ds	Pt
		Quadrados médios		
Curso	1	106,72 ^{ns}	0,133*	12,74 ^{ns}
Profundidade	1	0,658 ^{ns}	0,016 ^{ns}	359,20*
Curso*Profundidade	1	79,46 ^{ns}	0,144*	413,74*
Erro	86	106,72	0,026	53,85
Total Corrigido	89	Valores de F		
Curso		0,320	0,026	0,627
Profundidade		0,937	0,437	0,011
Curso*Profundidade		0,390	0,0214	0,006
CV (%)		32,03	9,67	16,96
Média Geral		27,89	1,67	43,26

ns - Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste

Variabilidade dos atributos físicos em relação ao curso da sub-bacia Mariana

Na Tabela 3 são apresentadas às médias de umidade gravimétrica, densidade do solo e porosidade total do solo em relação às parcelas estudadas.

A Ug ocorre em percentuais menores do que aqueles descritos por Nobre (2008) e

Marques (2004) em solo sob floresta (40,55%) e (54%), respectivamente. Estes resultados podem ser reflexo das baixas concentrações de matéria orgânica ou ainda devido às parcelas amostrais estarem imersas em áreas de pastagem artificial, as quais provavelmente ocasionam efeitos de borda, alterando o micro-clima e conseqüentemente os percentuais de umidade, pois Nobre (2008) descreveu resultados semelhantes (25%) em áreas de pastagem artificial.

O médio curso da sub-bacia Mariana apresenta melhores condições de compactação em relação ao alto curso. Nobre (2008) comparando as propriedades físicas do solo em área de floresta, pastagem e cultivo agrícola, na bacia do rio Carapá, município de Colíder-MT, encontrou resultados semelhantes aos descritos neste estudo para o médio curso. Os resultados encontrados no alto curso da sub-bacia Mariana podem indicar a compactação dos solos daquela localidade, uma vez que citado autor encontrou resultados semelhantes em área de pastagem artificial ($1,82 \text{ g.cm}^{-3}$).

A variabilidade da Ds entre os cursos estudados pode estar relacionada com o tráfego de animais, uma vez que os maiores valores de densidade encontram-se nas áreas que não possuem cerca protegendo a área ciliar. O incremento dos valores da Ds indica aumento da compactação devido à diminuição do quantitativo de vazios.

Estudos da densidade do solo em variados tipos de pastagem no Estado do Pará apresentaram densidade, na profundidade de 0 a 0,2 m, que variam entre $1,64$ e $1,78 \text{ g.cm}^{-3}$ (MULLER, 2001). Estes valores, apesar de inferiores àqueles encontrados por Nobre (2008) na região de Colíder-MT podem indicar que o uso destas áreas está sendo incorreto e começam refletir a pressão à que os solos estão expostos.

Reforçando a teoria que as localidades às quais apresentaram densidade do solo

maior que $1,59 \text{ g.cm}^{-3}$ podem estar expostas a fortes pressões antrópicas, Dedecek (2005) descreveu densidades na ordem de $1,70 \text{ g.cm}^{-3}$ em solos classificados como arenosos e que foram expostos ao tráfego de máquinas.

Os valores de Ds encontrados podem estar restringindo o desenvolvimento radicular da vegetação, apesar de Carvalho et. al (2004) relatar que é muito difícil determinar-se um nível crítico para a densidade gravimétrica do solo, uma vez que este atributo varia de acordo com o tipo de solo e que ainda não existe consenso sobre um valor específico.

Os percentuais de Pt encontrados são condizentes com aqueles relatados na bibliografia para áreas com cobertura de vegetação nativa de floresta ciliar. O alto e médio curso apresentam valores de porosidade total estatisticamente iguais. Nobre (2008) e Marques (2004) encontraram em área de floresta nativa da região amazônica resultados semelhantes (40,2% e 56%, respectivamente).

A vegetação ciliar está intimamente relacionada com a Pt. A porosidade influencia diretamente a difusão de oxigênio para as raízes e conseqüentemente determinando a aeração e as trocas gasosas que o solo realiza com a atmosfera. Áreas que estão expostas à intensa atividade degradadora sofrem considerável redução do volume de poros abaixo da camada superficial, ocasionando a piora dos atributos físicos do solo (RIBEIRO et al., 2007).

Tabela 3. Médias das variáveis umidade gravimétrica (Ug), densidade do solo (Ds) e porosidade total do solo (Pt) em função do Alto e Médio curso da sub-bacia Mariana

Curso	Ug (%)	Ds (g.dm-3)	Pt (%)
Alto	27,12 ^a	1,70 ^b	42,99 ^a
Médio	29,43 ^a	1,62 ^a	43,79 ^a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Variabilidade dos atributos físicos do solo em função da profundidade do perfil

A Tabela 4 apresenta as médias de Ug, Ds e Pt em função da profundidade de coleta.

A Ug nas profundidades amostradas não foi estatisticamente diferente. Roque (2003) descreve percentuais de umidade em torno de 20% em Latossolo Vermelho sob mata nativa. Nobre (2008) relata ter observado percentuais de umidade semelhantes em áreas de pastagem (29,5%).

Estes resultados podem ter sofrido influência do processo de secagem e umedecimento do solo (GONZÁLEZ & ALVEZ, 2005) associado à incorporação da matéria orgânica até a camada de 0,2 m (NOBRE, 2008) ou estar relacionada com a textura do solo das parcelas, que em média também foram iguais (Tabela 1), pois segundo Junior (2005) a umidade pode ser diretamente influenciada pela adsorção das partículas.

A Ds nas camadas amostradas foi estatisticamente igual. Este resultado provavelmente se deve a baixa concentração de matéria orgânica, pois em níveis adequados esta promove o aumento do número de vazios da camada superficial e em consequência menor densidade em relação às camadas mais profundas. Marques (2004) relata não ter encontrado variações de densidade até a profundidade de 0,45 m.

Outra hipótese a ser considerada foi descrita por González e Alvez (2005) onde a diferença entre a densidade pode ser dependente do tipo de material (mineral ou orgânico) que se encontra em profundidade e como o estudo foi conduzido apenas até 0,2 m este pode não estar refletindo tais diferenças.

O ambiente quanto menos perturbado tende a apresentar menores valores de Ds, por consequência, o incremento dos teores de matéria orgânica proveniente do material em decomposição melhora significativamente a estrutura do solo (SILVA, 2006).

Tabela 4. Médias das variáveis umidade gravimétrica (Ug), densidade do solo (Ds) e porosidade total do solo (Pt) nas profundidades estudadas.

Profundidade do perfil (m)	Ug (%)	Ds (g.dm-3)	Pt (%)
0,0 a 0,10	27,81 ^a	1,66 ^a	45,26 ^b
0,10 a 0,20	27,98 ^a	1,69 ^a	41,26 ^a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento de profundidade para Ds (tabela 5) mostra ocorrer diferença estatística no alto curso da sub-bacia Mariana. Em contrapartida, os valores de densidade nas profundidades estudadas são iguais no médio curso. Este resultado pode estar refletindo o fato das áreas onde foram instaladas as parcelas no médio curso estarem protegidas contra o pisoteio do gado. A interação de profundidades dentro de curso demonstra ocorrer diferença entre médio e alto curso apenas para a profundidade de 0,1 a 0,2 m. Pode-se explicar este resultado

em função da ocorrência da diminuição dos teores de matéria orgânica com a profundidade do perfil (MARTINS, 2006).

Quando comparada à Pt do solo em relação à profundidade amostrada, ocorreram diferenças significativas ($P > 0,05$). Os maiores valores foram encontrados para a camada de 0 a 0,1 m. Apesar do teor de matéria orgânica ser classificado como baixo, este pode estar influenciando as características do solo, pois o húmus proveniente dos processos de oxidação melhora as condições físicas do mesmo (CONCEIÇÃO, 2005).

Tabela 5. Médias das variáveis umidade gravimétrica (Ug), densidade do solo (Ds) e porosidade total do solo (Pt) para a interação de profundidade dentro de curso.

Ug (%)	Alto curso	Médio curso
0 a 0,1 m	27,87 ^{aA}	28,19 ^{aA}
0,1 a 0,2 m	26,37 ^{aA}	30,61 ^{aA}
Ds (g.dm ⁻³)	Alto curso	Médio curso
0 a 0,1 m	1,66 ^{aA}	1,66 ^{aA}
0,1 a 0,2 m	1,74 ^{bB}	1,68 ^{aA}
Pt (%)	Alto curso	Médio curso
0 a 0,1 m	42,51 ^{aA}	48,82 ^{bB}
0,1 a 0,2 m	43,48 ^{aA}	38,76 ^{aA}

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, ou maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento de profundidade para Pt foi significativo apenas para o médio curso da sub-bacia. Este resultado reafirma a importância da contenção do acesso do gado às áreas ciliares, uma vez que o constante pisoteio dos animais pode provocar o

desnudamento da superfície do solo e como consequência a diminuição dos teores de matéria orgânica (SCHENEIDER, 1978; ALVARENGA, 1987). Para a interação de profundidade dentro de curso ocorre diferença apenas na camada de 0 a 0,1 m.

Resistência mecânica do solo a penetração vertical (RSP)

Os resultados de resistência mecânica do solo a penetração (RSP) estão ilustrados na Figura 3.

Ao analisar a RSP em relação à profundidade das camadas do solo da sub-bacia hidrográfica Mariana evidenciam-se valores que vão de 1,15 MPa até 2,5 MPa na camada superficial de 0,0 a 0,05 m. Roque (2003) encontrou resultados semelhantes (1,62

MPa) em Latossolo Vermelho, de textura média, sob mata nativa.

Ao se aprofundar no perfil observa-se que a RSP aumenta consideravelmente. Para a camada de 0,35 a 0,45 m os resultados oscilam entre 1,21 MPa e 6,10 MPa. O aumento da RSP pode estar relacionado à diminuição de macroporos que ocorre com o aumento da profundidade, o que reduz a taxa de infiltração e conseqüentemente aumento da compactação (CARVALHO 2004; NOBRE, 2008).

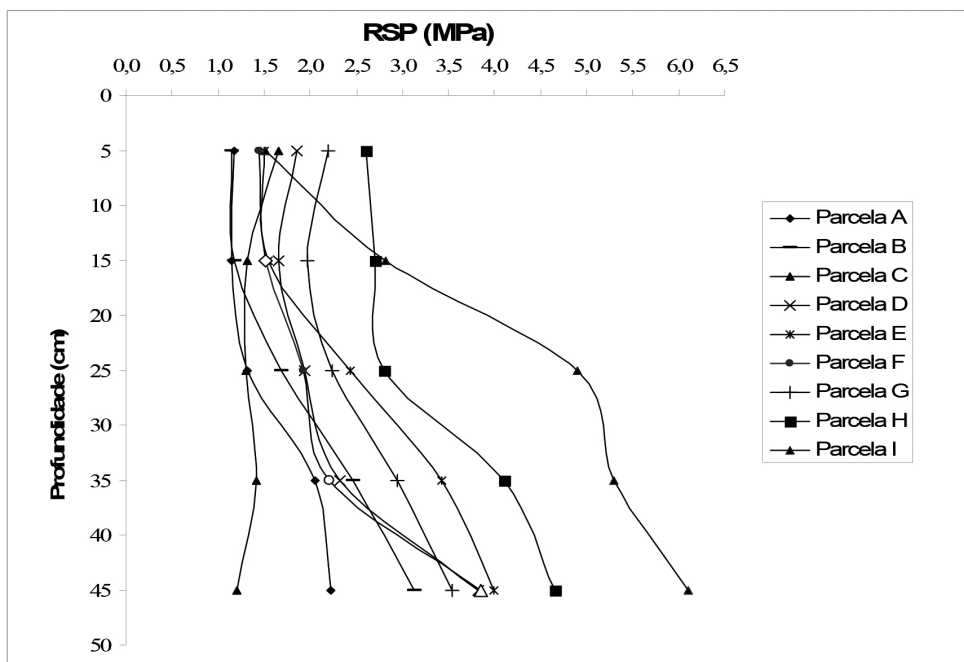


Figura 3. Resistência do solo a penetração (RPS) em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, avaliado em cinco profundidades e em nove parcelas da sub-bacia hidrográfica Mariana

Observando a Figura 3 evidencia-se de forma geral que tanto o alto quanto o médio curso da sub-bacia Mariana apresentam

menor resistência à penetração nas camadas superficiais, em relação às camadas mais profundas. Autores como Carvalho *et al.*

(2004), Nobre (2008) e González & Alvez (2005) destacam que esta tendência se deve aos efeitos da incorporação da matéria orgânica ao solo.

As áreas estudadas, quando considerada a profundidade de 0,0 a 0,25 m, podem ser classificadas quanto a RSP em moderadas, conforme proposta de Soil Survey Staff (1999). Segundo Arshad et al. (1996), para solo que não ocorre revolvimento anual, são toleráveis valores de resistência de até 4 MPa, devido à permanência e continuidade de poros, atividade biológica mais ativa e maior estabilidade de agregados. Assim, pode-se inferir que até o maior valor encontrado (2,5 MPa) na profundidade de 0,25 m não deve ocorrer prejuízos ao crescimento da vegetação.

Observa-se através de visitas aos locais onde foram instaladas as parcelas amostrais que as áreas ciliares da sub-bacia hidrográfica Mariana encontram-se atualmente sob forte pressão antrópica, promovida principalmente pela atividade agropecuária da região, o que certamente em curto intervalo de tempo estará pondo em risco a manutenção da quantidade e qualidade da água das nascentes que formam o ribeirão Taxidermista.

Finalmente, é certo que a atividade agropecuária, sobretudo a pecuária extensiva da região da sub-bacia hidrográfica Mariana tem sido realizada sem acompanhamento técnico que considere as potencialidades do uso do solo.

CONCLUSÕES

A sub-bacia hidrográfica Mariana encontra-se sob forte pressão antrópica, uma vez que as parcelas do estudo podem representar o estado atual da área da sub-bacia e

as áreas ciliares apresentam valores de densidade e compactação que refletem a ocupação da região.

A umidade percentual do solo entre as profundidades estudadas e no alto e médio curso da sub-bacia hidrográfica Mariana são iguais;

A densidade do solo do médio curso é menor, indicando menor compactação do solo; A porosidade total é igual em todo o curso da sub-bacia Mariana, apresentando-se maior na camada superficial;

A resistência do solo a penetração, tanto no alto, quanto no médio curso, até 0,25 m de profundidade não deve estar restringindo o desenvolvimento radicular da vegetação.

Mais estudos sobre uso e ocupação se fazem necessários, a fim de se propor políticas que incorporem a produção local da região à conservação das nascentes da sub-bacia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARSHAD, M. A., Lowery, B., and Grossman B. (1996). Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.) *Methods for assessing quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141 (SSSA Special Publication 49).
- ALVARENGA, R. C., CRUZ, J. C. and PACHECO, F. B. (1987). Preparo do solo. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, p. 40-45.
- ALVARENGA, R. C., COSTA, L. M., MOURA FILHO, W. and REGAZZI, A. J. (1996). Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, p.319-326,

- ARAÚJO, M. A, TORMENA, C. A. and SILVA, A. P. (2004). Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.28, p.337-345.
- CAMARGO, O. A. de and ALLEONI, L. R. F. (1997). *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: Esalq, 132p.
- CARVALHO, R., GOEDERT, W. J. and ARMANDO M. S. (2004). Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema florestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, V. 39(11), p.1153-1155.
- DEDECEK, R. A. and GAVA, J. L. (2005). Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. *Revista Árvore*. Viçosa, V. 29 (3), p. 383-390.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Serviço Nacional de Levantamento de Conservação de Solos. (1997). *Manual de métodos de análise de solo*. 2 ed. Rev. atual. EMBRAPA/CNPS, 212p.
- FERREIRA, D. F. (1999). *Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0*. In: 45a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, p.255-258.
- FERNANDES, E. C. M., BIOT, Y., CASTILLA, C., CANTO, A. C., MATOS, J. C. and GARCIA, S. (1997). The impact of selective logging and forest conversion for subsistence agriculture and pastures terrestrial nutrient dynamics in the Amazon. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 49 (1/2).
- GONZÁLEZ, A. P. and ALVES, M. C. (2005). Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um cambissolo gleico de Lugo, Espanha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 9 (1), p.45-50.
- MARQUES, J. D. de O., LIBARDI, P. L., TEIXEIRA, W. G. and REIS, A. M. (2004). Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo, na região Amazônica. *Acta Amazônica. Manaus*, v. 34(2), p.145-154.
- MARTINS, G. C., FERREIRA, M. M., CURI, N., VITORINO, A. C. T. and SILVA, M. L. N. (2006). Campos nativos e mata adjacentes da região de Humaitá (AM): Atributos diferenciais do solo. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v.30, n.2, p. 221-227.
- MELADO, J. (2002). *Manejo Sustentável de Pastagens sem o uso do fogo*. Embaixada da Itália, Brasília. p. 60.
- RIBEIRO, K. D., MENEZES, S. M., MESQUITA, M. da G. B. de F. and SAMPAIO, F. de M. T. (2007). Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MT, *Ciênc. agrotec.* Lavras, v.31, n.4, p. 1167-1175.
- ROQUE, C. G., CENTURION, J. F., ALENCAR, G. V. de, BLEUTER, A. N., PEREIRA, G. T. and ANDRIOLI, I. (2003). Comparação de dois penetrômetros na avaliação de resistência à penetração de um Latossolo vermelho sob diferentes usos. *Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, v.25, n.1, p.53-57.
- SCHNEIDER, P. R., GALVÃO, F. and LONGHI, S. J. (1978). Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestas. *Revista Floresta*, Curitiba, v.9, n.1, p.19-23.
- SEPLAN-MT. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Zo-

- neamento Sócio Econômico Ecológico do Estado de Mato Grosso – 2002. 2003. Disponível em: <<http://www.zsee.seplan.mt.gov.br/servidordemapas/Run.asp>>. Acesso em: 10 jan. 2009).
- MULLER, M. M. L., GUIMARÃES, M. DE F., DESJARDINS, T. and DA SILVA MARTIN, P. F. (2001). Degradação de Pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento das raízes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36.
- NOBRE, N. A. de O. (2008). *Avaliação dos atributos físicos do solo em três sistemas de uso e seus impactos na bacia hidrográfica do rio Carapá, em Colider/MT*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 111p.
- SILVA, R. M., PEREIRA, R. A., REALTO, G. B., VIEIRA, R. G., YAMASHITA, O. M., ROQUE, C. G. and SILVA, C. J. (2006). Resistência mecânica à penetração em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob mata natural e pastagem cultivada no município de Alta Floresta – MT. In: Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas – Forest, 8., 2006, Cuiabá, MT. *Resumos...*, p.213. ref. 198-199.
- SOIL SURVEY STAFF (1999). Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd ed. Washington, DC: USDA, *Nature Research Conservation Service*, 869 p. (USDA Agr. Handbook, 436).
- STOLF, R. (1991). Teoria e teste experimental de formulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 15, n., p.229-235.
- TORMENA, C. A., SILVA, A. P. and LIBARDI, P. L. (2002). Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia Agricola*. Piracicaba, v. 59 (4), p. 795-801.