

Desenvolvimento aéreo e radicular de espécies vegetais em Latossolo Vermelho distroférico sob compactação induzida

Shoot and root development of plant species in Oxisol on soil compaction

G. B. Dezordi¹; K. F. Mendes²; F. G. Macedo³; M. A. Camacho³; A. J. Coletti¹;
R. G. L. Gouveia¹

¹Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, 78300-000, Tangará da Serra-MT, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, 38810-000, Rio Paranaíba-MG, Brasil

³Programa de Pós-Graduação em Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 13400-970, Piracicaba-SP, Brasil

giovannetti_agro@yahoo.com.br

(Recebido em 07 de março de 2012; aceito em 28 de maio de 2013)

O objetivo neste trabalho foi avaliar a altura, a massa verde e seca da parte aérea e radicular de três espécies vegetais em um LATOSSOLO VERMELHO distroférico sob diferentes níveis de densidade de solo com compactação induzida. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, constituído por três espécies vegetais: milheto, braquiária e crotalária (*Pennisetum glaucum*, *Brachiaria brizantha* e *Crotalaria spectabilis*) e três densidades, que foram utilizadas na simulação da camada compactada (1,0, 1,2 e 1,4 Mg m⁻³). O experimento foi realizado em colunas de PVC, constituído na sobreposição de três anéis, sendo a camada superior representada pelo 1º anel com 0,05 m de altura, a camada compactada com diferentes densidades de solo pelo 2º anel (anel intermediário) com 0,05 m de altura e a camada inferior pelo 3º anel com altura de 0,20 m. As variáveis avaliadas foram: a altura (cm) das espécies vegetais; a massa verde(g) e seca da parte aérea; a massa verde (g) e seca das raízes na camada de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade. Contudo, o aumento da densidade do solo na camada compactada intermediária interferiu negativamente no desempenho das espécies vegetais avaliadas. A maior densidade do solo (1,4 Mg m⁻³) foi a mais limitante ao desenvolvimento aéreo e radicular das espécies vegetais avaliadas. O milheto e a crotalária apresentaram maior produção de massa verde e seca de raízes, sob solos compactados no 2º anel, em relação à crotalária. O milheto apresentou melhor desenvolvimento das características avaliadas em todas as densidades, comparado com as demais espécies vegetais.

Palavras-chave: densidade do solo; biomassa; manejo do solo

The objective of this study was to evaluate the height, fresh and dry mass of shoots and roots of three plant species in Oxisol under different levels of density-induced soil compaction. The completely randomized design with three plant species (*Pennisetum glaucum*, *Crotalaria spectabilis* and *Brachiaria brizantha*) and three densities were used in the simulation of the compacted layer (1.0, 1.2 and 1.4 Mg m⁻³). The experiment was conducted in PVC columns, consisting in the superposition of three rings, the upper layer being represented by the 1st ring with 0.05 m tall, the compacted layer of soil with different densities for the 2ndRing (middle ring) with 0, 05 m tall and the lower layer by the 3rd ring height of 0.20 m. The variables were evaluated: height (cm) of plant species, the mass (g)fresh and dry shoot, the mass (g) of fresh and dry roots in the 0-5, 5-10 and 10-20c m. However, the increased density in the compacted layer intermediatenegatively affected species all species evaluated. The greater bulk density (1.4Mg m-3) was the most limiting to shoot and root development of the plant speciesevaluated. The millet and crotalaria had higher production of fresh and dry massof roots, compacted soil under the 2nd ring, in relation to sunn. Pearl milletshowed a better development of the characteristics evaluated for all densities,compared to other plant species.

Keywords: soil density; biomass; soil management

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população mundial fez com que aumentasse também demanda por alimentos, proporcionando uma elevada pressão sobre os recursos naturais. Para atender essas necessidades, novas áreas são adaptadas à cultivos intensificando os processos produtivos, por meio do aumento de animais por unidade de área, uso da mecanização, irrigação e de outro insumos de elevada tecnologia, que aumentam a produção mas que podem causar danos ao solo, como característica biológicas, físicas e químicas. Uma vez que o uso inadequado do solo para cultivos, sem respeito à sua aptidão agrícola e limitações, tem acelerado os processos de degradação da capacidade produtiva do solo, alterando, conseqüentemente, o meio ambiente [1].

Com a modernização da agricultura, a mecanização tem influenciado no aumento da produtividade, porém efeitos negativos vêm sendo observados em função de uso inadequado que podem com o tempo inviabilizar o processo de produção em virtude da degradação do meio, em especial os solos agrícolas [2], resultando em significativas alterações nas propriedades físicas dos solos [3].

No sistema de plantio direto praticado por grande parte dos agricultores no Brasil, ocorre o revolvimento do solo somente na linha de semeadura, mantendo os restos culturais na superfície e reduzindo a erosão [4], porém com o tráfego contínuo de implementos pode ocasionar compactação superficial do solo [5] [6], principalmente em solos com elevados teores de argila [7].

Essa camada compactada pode transformar-se em um obstáculo ao crescimento das raízes, apresentando pouca quantidade de raízes no seu interior, baixa atividade biológica, restringindo a disponibilidade de água além de reduzir a aeração do solo [8]. Dentre os efeitos da compactação nos atributos físicos do solo, destacam-se o aumento da densidade e da resistência do solo à penetração e a redução da porosidade e da permeabilidade do solo [9].

O correto diagnóstico da compactação dos solos agrícolas é de fundamental importância para escolha do modelo de mecanização, de modo a proporcionar a maximização da produtividade, juntamente com a conservação dos recursos naturais disponíveis. A caracterização da camada compactada e o comportamento da planta em relação à densidade e porosidade do solo são fundamentais, pois, tem levado o agricultor a realizar operações de subsolagem, que apresentam-se como uma das operações mais onerosas do preparo do solo [10].

Uma alternativa para melhorar a qualidade estrutural do solo refere-se ao uso de rotação de culturas com espécies que tenham sistema radicular vigoroso, com capacidade de crescer em solos com alta resistência à penetração, criando poros por onde as raízes da cultura subsequente possam crescer [11]. Todavia, a utilização de espécies de cobertura capazes de romper camadas compactadas vem assumindo papel importante, principalmente na região do Cerrado, devido ao aumento de áreas sob plantio direto. Entretanto, pouco se conhece sobre a capacidade de crescimento de sistema radicular da maioria dessas espécies em camadas compactadas de solo [12].

Contudo, em solos onde as raízes finas podem explorar canais radiculares e fissuras existentes, culturas com raízes pivotantes são mais afetadas pela compactação que aquelas com raízes fasciculadas mais finas [13].

Tendo em vista o exposto, o objetivo neste trabalho foi avaliar a altura, a massa verde e seca da parte aérea e radicular de três espécies vegetais (*Pennisetum glaucum*, *Brachiaria brizantha* e *Crotalaria spectabilis*) em LATOSSOLO VERMELHO distroférico sob diferentes níveis de densidade de solo com compactação induzida.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, instalada no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus de Tangará da Serra - MT, localizado geograficamente a 14°37'10" de latitude Sul e 57°29'09" de longitude Oeste e altitude de 488 m em relação ao nível do mar, apresentando clima tropical úmido com precipitação média de 1.404 mm.

A condução do experimento foi realizada durante os meses de agosto e setembro de 2011, utilizando amostras de LATOSSOLO VERMELHO distroférico [14], de textura argilosa, cujas características físico-químicas se encontram na tabela 1.

Tabela 1: Características físico-químicas das amostras de solos utilizadas no experimento. Tangará da Serra, MT, 2011.

| Profundidade (cm) | pH (CaCl ₂) | ----- (mg dm ⁻³) ----- | | | ----- (cmol _c dm ⁻³) ----- | | | H ⁺ |
|----------------------|----------------------------|------------------------------------|-----|------|---|------------------|------------------|----------------|
| | | P* | K | S | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | |
| 0 - 20 | 4,9 | 6,9 | 143 | 23,3 | 5,0 | 1,0 | 0 | 8,1 |
| 20 - 40 | 5,0 | 1,2 | 101 | ---- | 4,2 | 0,9 | 0 | 6,6 |

| Profundidade (cm) | M.O. (g dm ⁻³) | V (%) | ----- (%) ----- | | |
|----------------------|-------------------------------|----------|-----------------|-------|--------|
| | | | Areia | Silte | Argila |
| 0 - 20 | 43,9 | 43,9 | 6 | 14 | 80 |
| 20 - 40 | 45,0 | 45,0 | ---- | ---- | ---- |

*Extração por Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N).

O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, com três espécies vegetais milho, braquiária e crotalária (*Pennisetum glaucum*, *Brachiaria brizantha* e *Crotalaria spectabilis*) e três densidades de solo, que foram utilizadas na simulação da camada compactada (1,0; 1,2 e 1,4 Mg m⁻³) e cinco repetições para cada densidade, totalizando 45 parcelas, sendo que cada coluna foi considerada uma parcela.

A montagem das camadas de solo foi montada em colunas de PVC (Figura 1), com 0,30 m de altura e 0,10 m de diâmetro, constituído na sobreposição de três anéis, sendo a camada superior representada pelo 1º anel com 0,05 m de altura, a camada compactada com diferentes densidades de solo (1,0, 1,2, e 1,4 Mg m⁻³) pelo 2º anel (anel intermediário) com 0,05 m de altura e a camada inferior pelo 3º anel com altura de 0,20 m.

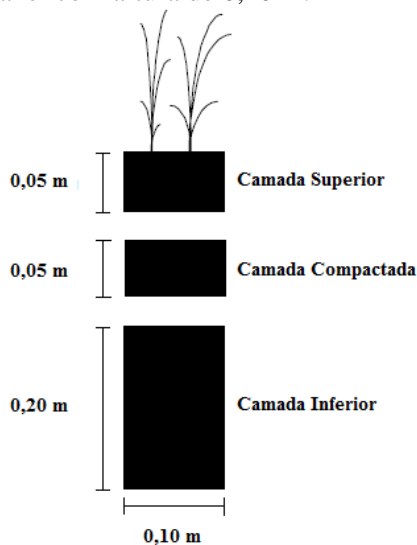


Figura 1: Ilustração representativa da montagem dos anéis com a camada superior, compactada e inferior no perfil do solo. Fonte Silva et al., (2006) [16] adaptado.

O solo do anel intermediário (2º anel), no qual foi submetido às diferentes compactações, foi peneirado com uma peneira de 2 mm de abertura, e seco em uma estufa de circulação forçada em temperatura de 65°C por um período de 24 horas, posteriormente foi pesado para que atingissem a densidade exata. Foi necessário elevar a umidade a 30% de modo que possibilitasse a agregação entre partículas, para tanto, adicionou-se gradativamente água ao solo homogenizando a mistura por meio de revolvimento manual de maneira que foi submetido a prensa o volume de solo à ser compactado + 30% deste volume correspondente a água. A compactação foi realizada com auxílio de uma prensa adaptada.

As massas de solo de acordo com a densidade esperada, com teor de água corrigido e destinado ao anel intermediário foram integralmente adicionadas a este anel. Para isso,

inicialmente, foi determinada a curva de compactação do solo pelo método de Proctor normal [15], que consiste em compactar amostra de solo dentro de um cilindro, que teve sua capacidade inicial aumentada por um anel de expansão que lhe foi acoplado e, pela ação da prensa foram compactadas até a acomodação no anel intermediário (2º anel), obtendo-se, assim, as três densidades desejadas (1,0 1,2 e 1,4 Mg m⁻³).

O 1º anel com camada superior e o 3º anel com camada inferior foram preenchidos com solo não compactado, sobrepostos e fixados com fita adesiva sobre um prato plástico.

A semeadura das três espécies vegetais (*Pennisetum glaucum*, *Brachiaria brizantha* e *Crotalaria spectabilis*) foi realizada no dia 15 de agosto de 2011, manualmente mantendo a quantidade de 5 (cinco) sementes por coluna após o desbaste, com irrigações automáticas até aos 35 dias após a semeadura, que foram realizadas no início da manhã e final da tarde, mantendo o solo próximo a capacidade de campo do anel superior.

Posteriormente, foi adicionado água nos pratos que sustentavam as colunas, para que a água penetrasse por capilaridade estimulando assim o crescimento das raízes, e à tarde, drenando-se a água excedente após 12 horas, conforme Silva et al. (2006) [16].

A verificação do efeito dos tratamentos foi realizada aos 45 dias após a semeadura, em que as variáveis avaliadas foram: a altura (cm) das espécies vegetais; a massa verde e seca da parte aérea; a massa (g) verde e seca das raízes na camada de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade (1º, 2º e 3º anel, respectivamente).

A altura das espécies vegetais foi realizada com auxílio de uma fita métrica, e esta foi medida desde o nível do solo até o ápice da planta e em seguida, as partes aéreas foram cortadas com a utilização de uma faca e pesadas para a determinação da massa verde e colocadas em sacos de papel, levadas à estufa de circulação forçada de ar a 60° C, durante 72 horas, em seguida foram pesadas para se determinar a massa seca da parte aérea.

Para se obter a massa de raiz realizou-se um corte na interseção dos anéis e o material do interior de cada anel foi peneirado, as raízes lavadas para retirar o solo, pesadas para determinar a massa verde do 1º, 2º e 3º anel em seguida levadas à estufa de circulação forçada de ar a 60°C, durante 72 horas, para se determinar a massa seca das raízes de cada anel.

Após tabulados, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias das diferentes variáveis de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa de assistência estatística ASSISTAT [17].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as alturas das espécies vegetais, estas responderam diferentemente sobre as densidades induzidas, porém, não foi verificado efeito da interação entre densidades e as espécies, de maneira que cada espécie comportou-se diferente a cada densidade submetida. A *C. spectabilis* foi a espécie que apresentou os menores valores de altura em todas as densidades avaliadas (Tabela 2). Notou-se maior tolerância das espécies *P. glaucum* e *B. brizantha* as diferentes compactação do solo, no que se refere à altura das espécies vegetais.

A densidade do solo de 1,4 Mg dm⁻³ proporcionou menores médias de altura para todas as espécies, com redução de mais de 20%, 32% e 38% para o milho, a braquiária e a crotalária, respectivamente, em relação a menor densidade de solo (1,0 Mg dm⁻³) (Tabela 2). Corroborando com os dados, FOLONI et al. (2003) [19] verificaram que a redução do crescimento aéreo das plantas de duas cultivares de milho (o híbrido AG-5011 e a variedade Sol da Manhã) foi, em média, de aproximadamente 20%, após 40 dias de cultivo sob 1,4 MPa de impedância mecânica do solo em subsuperfície. Para SILVA & ROSOLEM (2001) [11], o crescimento aéreo do sorgo granífero foi reduzido em mais de 40% ao final de 38 dias de cultivo, com uma resistência mecânica do solo da ordem de 1,22 MPa.

Tabela 2: Altura (cm) das espécies vegetais em diferentes densidades do solo na camada compactada.

| Espécie | Densidade do solo (Mg m ⁻³) | | |
|--------------------------------------|---|----------|----------|
| | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| Milheto (<i>P. glaucum</i>) | 66,65 aA | 68,20 aA | 53,25 aB |
| Braquiária (<i>B. brizantha</i>) | 68,12 aA | 55,10 aA | 46,00 aB |
| Crotalária (<i>C. spectabilis</i>) | 13,12 bA | 11,87 bA | 8,12 bB |
| | CV = 23,62% | | |

*As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O efeito da interação entre os fatores espécies vegetais e densidade foi verificado para massa verde e seca da parte aérea das espécies vegetais (Tabela 3). Porém não houve diferença entre as densidade 1,0 Mg.m⁻³ e 1,2 Mg.m⁻³, onde ambas diferiram da densidade 1,4 Mg.m⁻³, para a massa seca da parte aérea do milho e da braquiária. Corroborando com os dados, Silva et al. (2006) [16] verificou que a *Brachiaria brizantha* foi a espécie que apresentou maior massa seca relativa total da parte aérea na densidade do solo de 1,4 Mg m⁻³, enquanto soja e algodoeiro tiveram as maiores reduções de massa seca relativa total da parte aérea.

Para Guimarães & Moreira (2001) [20], a massa seca da parte aérea das cultivares de arroz Caiapó e CIRAD L-141 também foi reduzida com o aumento da densidade do solo em Latossolo Vermelho-Escuro, de textura franca.

Por outro lado, a crotalária não apresentou diferenças estatísticas na massa verde e seca da parte aérea da espécie, para todos os níveis de densidade de solo avaliados.

Portanto, na densidade de solo 1,0 e 1,2 Mg m⁻³, o milho foi a espécie que apresentou maior produção de massa verde e seca da parte aérea, e este juntamente com a braquiária também apresentaram a maior produção na densidade de 1,4 Mg m⁻³ (Tabelas 3 e 4). De acordo com Jimenez et al. (2008) [21], o milho ADR 300 (*Pennisetum glaucum* L.) também foi a espécie que apresentou maior produção de massa de matéria seca da parte aérea, em relação ao guandu (*Cajanus cajan*), gergelim (*Sesamum indicum* L.) e quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), independente da densidade do solo (1,18; 1,34; 1,51 e 1,60 Mg m⁻³) na camada compactada.

Tabela 3: Massa (g) verde e seca da parte aérea das espécies vegetais em diferentes densidades do solo na camada compactada.

| Espécie | Densidade do solo (Mg m ⁻³) | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------|---------|------------|--------|--------|
| | 1,0 | | | 1,2 | | |
| | massa verde | | | massa seca | | |
| Milheto (<i>P. glaucum</i>) | 48,26aA | 46,17aA | 17,20aB | 6,84aA | 7,22aA | 2,94aB |
| Braquiária (<i>B. brizantha</i>) | 17,28bAB | 20,16bA | 12,74aB | 4,45bA | 5,02bA | 3,05aB |
| Crotalária (<i>C. spectabilis</i>) | 5,22cA | 2,99cA | 1,68bA | 0,8cA | 0,55cA | 0,31bA |
| | CV 20,57% | | | CV 17,86% | | |

*As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não verificou-se efeito na interação entre espécies e densidades quanto a massa seca de raízes na camada de 0-5 cm (1º anel). A massa verde das raízes da camada superior do milho foi maior se comparada a observada da braquiária e da crotalária na densidade 1,0 Mg m⁻³ da camada intermediária compactada, porém, conforme o aumento da densidade, o milho e a crotalária também respondeu negativamente à produção de raízes (Tabela 4).

Concordando com Rosolem et al. (2002) [22], onde relataram que as espécies, milho e sorgo de guiné apresentaram maior potencial para serem usadas como plantas de cobertura em solos compactados por apresentarem maior densidade e comprimento radicular que outras espécies vegetais, em vários níveis de compactação.

Já a braquiária não demonstrou redução na produção de massa verde das raízes com o aumento da densidade do solo na camada superior (Tabela 4).

Tabela 4: Massa (g) verde e seca das raízes das espécies vegetais na camada superior de 0-5 cm de profundidade (1º anel) em diferentes densidades do solo na camada compactada.

| Espécie | Densidade do solo (Mg m ⁻³) | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------|---------|------------|---------|---------|
| | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| | massa verde | | | massa seca | | |
| Milheto (<i>P. glaucum</i>) | 11,05aA | 6,330aB | 5,412aB | 3,076aAB | 2,99aA | 2,464aB |
| Braquiária (<i>B. brizantha</i>) | 3,546bA | 4,444aA | 4,03aA | 1,614bAB | 2,174bA | 1,44bB |
| Crotalária (<i>C. spectabilis</i>) | 2,776bA | 1,16bAB | 0,536bB | 0,594cAB | 0,612cA | 0,276cB |
| | CV 31,92% | | | CV 33,54% | | |

*As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Contudo, a crotalária foi a espécie vegetal que produziu a menor massa seca das raízes na camada superior, em relação as demais espécies vegetais avaliadas, ressaltando o milho como a espécie de maior produção (Tabela 5). Em relação às densidades da camada intermediária compactada, os resultados indicam que na camada superior (1º anel), a massa seca das raízes apresentou a menor média em 1,4 Mg.m⁻³, interferindo no desenvolvimento superficial de raízes na maior densidade (Tabela 5).

Os dados corroboram com os observados por Freddi et al. (2007) [23], em que a matéria seca total das raízes apresentou comportamento quadrático com o aumento da resistência à penetração em Latossolo Vermelho de textura média, sendo alterada com o aumento da resistência à penetração, sendo uma variável adequada para aferir a sensibilidade das plantas de milho à compactação. Já em outro estudo, Silva & Rosolem (2002) [24], o aumento da densidade do solo na camada central do vaso (15 a 18,5 cm) não afetou a massa da matéria seca das raízes da soja na camada superior dos vasos (0 a 15 cm), exceto quando cultivada após a aveia-preta, observando-se redução dos valores nas densidades de 1,36 e 1,60 Mg m⁻³.

Nos anéis intermediários (camada de 5-10 cm) onde se encontrava as camadas compactadas, detectou-se o menor produção de massa verde e seca de raízes em todas as espécies, com relação a camada superior e inferior sem compactação (Tabela 6). Os dados estão de acordo com Silva & Rosolem (2002) [24], que relataram maior efeito da compactação do solo sobre a produção de matéria seca de raízes da soja na camada central, exceto quando cultivada após tremoço-azul e pousio, e na inferior (18,5 a 33,5 cm). Por outro lado, Foloni et al. (2003) [19], em experimento semelhante a este para a cultura do milho verificaram que a camada compactada (10 a 15 cm) em subsuperfície modificou a distribuição do sistema radicular ao longo do perfil do solo, mas não diminuiu a produção de raízes de milho (*Zea mays* L.).

Contudo, o milho (*P. glaucum*) destacou-se entre as espécies vegetais estudadas quanto ao acúmulo de massa das raízes na camada compactada de 1,0 e 1,2 Mg m⁻³ de densidade; este também apresentou maior produção de raízes na densidade de 1,4 Mg m⁻³ juntamente com a braquiária (*B. brizantha*) (Tabela 6). E para Müller et al. (2001) [25], o nabo forrageiro e a aveia preta foram as melhores, dentre as espécies de ervilhaca, tremoço branco e aveia branca, para atravessar a camada de solo compactado e explorar o volume de solo abaixo dela.

Pode-se inferir, portanto, que possivelmente, o milho proporciona no solo, nessas condições, maiores extensões de poros após o processo de decomposição. Esses poros são importantes para a infiltração de água e difusão de gases, contribuindo para a melhoria das condições físicas do solo e para melhor crescimento do sistema radicular das espécies em seqüência.

Entretanto, a braquiária (*B. brizantha*) se manteve intermediária referente a produção de raiz na camada compactada onde demonstrou redução no desenvolvimento a partir da densidade 1,2 Mg.m⁻³ (Tabela 6). Contradizendo com Calonego et al. (2011) [26], também trabalhando com cultivo de plantas em anéis de PVC sobrepostos com o intermediário compactado onde relatam em seus resultados que na presença de solo compactado, houve aumento no crescimento radicular de braquiária na camada intermediária da coluna.

Já a crotalária (*C. spectabilis*) apresentou a menor produção de raízes quando comparada com as demais espécies vegetais, e não apresentou diferença entre as densidades do solo (Tabela 6).

Segundo Whiteley & Dexter (1982) [13], as raízes pivotantes da crotalária podem justificar o baixo desempenho nas camadas compactadas, em relação as gramíneas (milheto e braquiária) avaliadas, que possuem raízes fasciculadas, com maiores produções de massa verde e seca. Entretanto, raízes com maior diâmetro apresentam maior resistência ao encurvamento em solo compactado, o que, segundo Henderson (1989) [27], é importante em solos deficientes em macroporos, onde as raízes necessitam deformar mais o solo do que explorar fissuras.

Tabela 5: Massa (g) verde e seca das raízes das espécies vegetais na camada intermediária de 5-10 cm de profundidade (2º anel) em diferentes densidades do solo na camada compactada.

| Espécie | Densidade do solo (Mg m ⁻³) | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------|---------|------------|---------|---------|
| | 1 | 1,2 | 1,4 | 1 | 1,2 | 1,4 |
| | massa verde | | | massa seca | | |
| Milheto (<i>P. glaucum</i>) | 7,206aA | 2,852aB | 1,84aC | 1,68aA | 1,896aA | 0,594aB |
| Braquiária (<i>B. brizantha</i>) | 2,692bA | 1,45bB | 1,454aB | 1,022bA | 0,732bA | 0,54abA |
| Crotalária (<i>C. spectabilis</i>) | 0,49cA | 0,194cA | 0,106bA | 0,18cA | 0,065cA | 0,076bA |
| | CV 27,40% | | | CV 43,86% | | |

*As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a produção de massa verde das raízes, não obteve diferenças entre as densidades de solo testadas, destacando que a não interferência da camada compactada sob a massa verde das raízes das espécies vegetais na camada inferior (10 a 20 cm). Por outro lado, Silva & Rosolem (2002) [24] verificaram que o crescimento radicular da soja, expresso pela produção de raízes nas camadas central e inferior, após aveia-preta, guandu e milheto tenha sido afetado pela compactação.

Porém, o milheto, a braquiária e a crotalária, apresentaram a maior, intermediária e menor massa verde das raízes, respectivamente, em todas as densidades do solo (1,0; 1,2 e 1,4 Mg m⁻³) (Tabela 6).

Tabela 6: Massa (g) verde e seca das raízes das espécies vegetais na camada inferior de 10-20 cm de profundidade (3º anel) em diferentes densidades do solo na camada compactada.

| Espécie | Densidade do solo (Mg m ⁻³) | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------|----------|------------|---------|---------|
| | 1 | 1,2 | 1,4 | 1 | 1,2 | 1,4 |
| | massa verde | | | massa seca | | |
| Milheto (<i>P. glaucum</i>) | 12,78aA | 7,286aA | 11,668aA | 4,036aA | 3,332aA | 1,37aB |
| Braquiária (<i>B. brizantha</i>) | 4,2bA | 4,52bA | 4,302bA | 1,864bA | 1,65bA | 1,52aA |
| Crotalária (<i>C. spectabilis</i>) | 1,696cA | 0,966cA | 0,312cA | 0,446cA | 0,342cA | 0,084bA |
| | CV 45,94% | | | CV 31,89% | | |

*As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foi observado que houve diferença entre todas as espécies vegetais para a característica de massa verde das raízes, onde novamente o milheto destacou-se na camada inferior de 10-30 cm quanto à maior produção de massa verde, apresentando redução apenas quando submetido à densidade 1,4 Mg.m⁻³, e nesta mesma densidade a braquiária também tem se destacado com a maior massa seca. Porém, a braquiária e a crotalária não apresentaram diferença entre as densidades de solo. E a crotalária novamente demonstrou inferioridade para essa característica independente das densidades avaliadas (Tabela 10).

Todavia, Foloni et al. (2003) [19], em trabalho com condições semelhantes a este para a cultura do milho encontraram nível crítico de impedância mecânica do solo de 1,4 MPa, ou seja, nesta condição de resistência à penetração, não houve crescimento radicular das plantas abaixo da camada de solo compactado.

Assim, a alta da colonização de raízes de milheto (*P. glaucum*) na camada inferior da coluna, independente da compactação do solo, explica a grande resistência dessa espécie ao déficit hídrico, o que a torna uma ótima opção de cultura para ser implantada, para a produção de palha para dar sustentabilidade para o sistema de plantio direto [28].

4. CONCLUSÃO

O aumento da densidade do solo na camada compactada intermediária repercutiu negativamente no desempenho das espécies de milheto (*P. glaucum*), braquiária (*B. brizantha*) e crotalária (*C. spectabilis*).

A maior densidade do solo (1,4 Mg m⁻³) foi a mais limitante ao desenvolvimento aéreo e radicular das espécies vegetais avaliadas.

As raízes do milheto e crotalária apresentaram maior produção de massa verde e seca, sob solos compactados.

O milheto apresentou melhor desenvolvimento das características avaliadas em todas as densidades estudadas.

-
1. BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. *CAMPO TERRITÓRIO: revista de geografia agrária*, 1 (2): 123 – 151 (2006).
 2. MAIA, J. C. S. *Determinação de esquemas de amostragem para avaliação de parâmetros físicos do solo para uso em agricultura de precisão*. Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso, 2003. 62p. (Relatório de Pesquisa)
 3. STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. *Ciência Rural*, 34 (3): 755 – 760 (2004).
 4. LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. *Semina: Ciências Agrárias*, 27 (2): 205 – 220 (2006).
 5. COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (11): 1663 – 1674 (2006).
 6. BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25 (1): 167 – 177 (2001).
 7. SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ROS, C. O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28 (4): 797 – 804 (2004).
 8. KHAN, A. R.; CHANDRA, D.; QURAIISHI, S.; SINHA, R. K. Soil aeration under different soil surface conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185 (2): 105 – 112 (2000).
 9. STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: Efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6 (2): 207 – 212 (2002).
 10. LINS J.; SILVA, M. L. *Influência da densidade e do teor de água do solo no índice de cone de um latossolo Vermelho Escuro*. Campinas: UNICAMP, 1994.
 11. SILVA, R. H.; ROSELEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25 (2): 253 – 260 (2001).
 12. SALTON, J. C. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, PLANTIO DIRETO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 3 (1999). Uberlândia, *Anais*. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 1999. p.189-200.

13. WHITELEY, G. M.; DEXTER, A. R. Root development and growth of oilseed, wheat and pea crops on tilled and nontilled soil. *Soil and Tillage Research*, 2 (4) 379 – 393 (1982).
14. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
15. NOGUEIRA, J. B. *Mecânica dos solos: ensaios de laboratório*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1995. 248p.
16. SILVA, G. J.; MAIA, J. C. S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30 (1): 31 – 40 (2006).
17. SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira Produtos Agroindustriais*, 4 (1): 71 – 78 (2002).
18. COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32 (3): 933 – 942 (2008).
19. FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38 (8): 947 – 953 (2003).
20. GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (4): 703 – 707 (2001).
21. JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12 (2): 116 – 121 (2008).
22. ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. *Soil and Tillage Research*, 65 (1): 109 – 115 (2002).
23. FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31 (4): 627 – 636 (2007).
24. SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (6): 855 – 860 (2002).
25. MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25 (3): 531 – 538 (2001).
26. CALONEGO, J. C.; GOMES, T. C.; SANTOS, C. H.; TIRITAN, C. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo. *Bioscience Journal*, 27 (2) 289 – 296 (2011).
27. HENDERSON, C. W. Lupin as a biological plough: evidence for, and effects on wheat growth and yield. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29 (1): 99 – 102 (1989).
28. PORTUGAL, A. F.; ROCHA, V. S.; SILVA, A. G.; PINTO, G. H. F.; PINA FILHO, O. C. Fenologia de cultivares de sorgo no período de verão e rebrota na safrinha. *Revista Ceres*, 50 (289): 325 – 336 (2003).