

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA**

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA
ESPÉCIE *Crotalaria juncea* L. SOB DIFERENTES NÍVEIS DE
COMPACTAÇÃO**

Quezia Moura da Silva

**ANÁPOLIS-GO
2018**

QUEZIA MOURA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DAS CARACERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA
ESPÉCIE *Crotalaria juncea* L. SOB DIFERENTES NÍVEIS DE
COMPACTAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis-UniEvangélica, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Manejo e conservação do solo.

Orientador: Prof. Dr. João Maurício Fernandes de Souza.

**ANÁPOLIS-GO
2018**

Silva, Quezia Moura

Avaliação das características morfológicas da espécie *Crotalaria juncea* L. sob diferentes níveis de compactação / Quezia Moura da Silva. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, 2018.

Número de páginas. 25

Orientador: Prof. Dr. João Maurício Fernandes Souza

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, 2018.

1. *Crotalaria juncea*. 2. Compactação 3. Escarificação biológica I. Quezia Moura da Silva.
II. Avaliação das características morfológicas da espécie *Crotalaria juncea* sob diferentes níveis de compactação.

CDU 504

QUEZIA MOURA DA SILVA

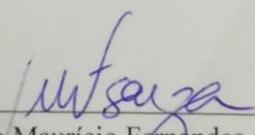
**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA
ESPÉCIE *Crotalaria juncea* L. SOB DIFERENTES NÍVEIS DE
COMPACTAÇÃO**

Monografia apresentada ao Centro
Universitário de Anápolis – UniEvangélica,
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

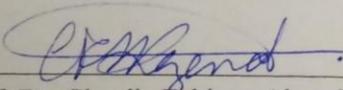
Área de concentração: Manejo e conservação
do solo.

Aprovada em: 20 Junho 2018

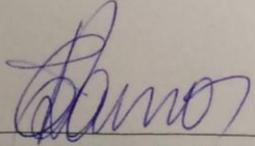
Banca examinadora



Prof. Dr. João Maurício Fernandes de Souza
UniEvangélica
Presidente



Prof. Dr. Claudia Fabiana Alves Rezende
UniEvangélica



Prof^a. M. Sc. Thiago Rodrigues Ramos Farias
UniEvangélica

Dedico esse trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pela família abençoada que Ele me deu, que sempre acreditou em mim.

Agradeço meu pai por todo o apoio financeiro e por ser meu exemplo de pessoa honesta, trabalhadora, firme, por ser meu espelho.

Agradeço minha mãe por sempre se preocupar com meu bem estar e ser meu exemplo de cuidado e amor.

Agradeço minhas irmãs que eu amo, agradeço por sempre estarmos unidas e querendo o melhor umas das outras. Minhas tias maravilhosas, Divina e Maria, por todo cuidado e preocupação.

Ao meu orientador muito obrigada pela paciência e disponibilidade em me ajudar. E a todas as pessoas que nesses longos cinco anos foram minhas companhias, que me ajudaram e que fizeram com que eu não me sentisse sozinha, em especial a tia Luzinete e família.

Obrigada!

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se aos pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”.

Theodore Rooservelt.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. COMPACTAÇÃO E A ESTRUTURA FÍSICA DO SOLO	11
2.2. DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA DO SOLO	12
2.3. CROTALARIA JUNCEA L.....	13
2.4. PLANTAS RECUPERADORAS DA QUALIDADE DO SOLO	14
2.5. A COMPACTAÇÃO DO SOLO E O DESENVOLVIMENTO RADICULA	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES.....	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

RESUMO

O uso contínuo e indiscriminado do solo, seja na agricultura ou na pecuária, gradativamente vem degradando os solos brasileiros. Como exemplo, a compactação. Em resposta a tais prejuízos ocorre a baixa na produtividade e uso do solo. Vários estudos são desenvolvidos visando diminuir, amenizar e prevenir tais danos. A utilização de cobertura vegetal e a ‘escarificação’ biológica são métodos cada vez mais presente como meios de combater a degradação dos solos. Visando isso, o presente estudo objetivou avaliar as características morfológicas da *Crotalaria juncea* submetida a diferentes níveis de compactação: 1,5, 1,6, 1,7 e 1,8 g cm⁻³. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado sendo constituído de quatro densidades e quatro repetições. Compactação induzida em vasos de pvc sobrepostos 10-5-10cm, onde o anel intermediário recebeu o solo compactado. As variáveis analisadas foram o diâmetro do colo, altura da planta, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes. A *Crotalaria juncea* não apresentou dificuldade em se desenvolver em nenhuma das compactações a ela imposta, sendo recomendada para plantio em solos compactados com densidade de até 1,8 g cm⁻³.

Palavras-chave: *Crotalaria juncea* L., compactação, escarificação biológica

1. INTRODUÇÃO

Dentre as técnicas de manejo e conservação do solo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais influencie nos atributos indicadores de qualidade física do solo pois atua diretamente na sua estrutura (HAMZA e ANDERSON, 2005). Segundo Ferreira (2010), a qualidade estrutural do solo refere-se ao arranjo das partículas constituindo um ambiente dinâmico cuja alteração determinará um novo comportamento no solo.

A compactação do solo é considerada o principal desafio a ser enfrentado em áreas que utilizam manejo mecanizado sob sistema de plantio direto visando elevar a produtividade (STEFANOSKI et al., 2013). Como mencionado por Flowers e Lal (1998), a compactação do solo pelo trânsito de máquinas originada pela compressão do solo insaturado é a principal causa da degradação física dos solos cultiváveis e aumenta com a intensidade do trânsito em condições inadequadas de umidade do solo.

Dentro deste contexto, Figueiredo et al. (2009) concluíram que a compactação causada pela atividade agropecuária também pode causar modificações na retenção de água do solo, por consequência das alterações sofridas na distribuição do diâmetro de poros, principalmente redução da macroporosidade. Não somente o tráfego de máquinas causa compactação, mas também, como citado por Collares et al. (2011), o pastejo de animais pode causar efeitos adversos sobre as propriedades físicas do solo, provocando limitações ao crescimento das plantas, principalmente quando o pisoteio ocorre com teor de água favorável à compactação.

Como consequência dessa compactação superficial há a redução significativa da infiltração de água no solo, o que reduz o armazenamento de água no solo e contribui para o aumento do escoamento superficial (LANZANOVA et al., 2007). Também ocorrem efeitos negativos nas raízes das plantas, que diminuem o seu diâmetro para penetrar pequenos poros, pois a compactação estimula a proliferação de raízes laterais, as quais são mais finas (RUSSEL e GOSS, 1974).

Assim, como mencionado por Queiroz et al. (2000), as plantas não conseguem absorver adequadamente os nutrientes, pois o desenvolvimento de novas raízes fica prejudicado. Além de diminuir os espaços livres do solo e conseqüentemente a quantidade de oxigênio disponível na rizosfera, o que afeta o desempenho metabólico da planta, podendo ser um fator limitante para o seu desenvolvimento.

Porém, como dito por Santos et al. (2008), algumas plantas podem se desenvolver normalmente mesmo em condições de elevada densidade do solo, o que pode evitar ou

minimizar a compactação em função da profundidade e do volume do sistema radicular da cultura promovendo, então, a melhoria da estrutura, agregação e, conseqüentemente, da porosidade do solo. Como exemplo disso, em um estudo realizado por Lima et al. (2015), foi observado que o capim-pé-de-galinha e *Urochloa brizantha* teve bom desenvolvimento da parte aérea e raiz mesmo com densidades de até 1,65 Mg m³ e são boas alternativas para uso no manejo preventivo da compactação ou até mesmo em solos compactados. Jimenez et al. (2007), como parte da conclusão de um estudo sobre o desempenho de plantas em solos compactados, observou que o milheto ADR 300 pode ser recomendado como planta descompactadora de solo.

Pacheco et al. (2015) avaliou a influência da densidade do solo sob o desenvolvimento do sistema radicular e aéreo de algumas variedades de *Crotalaria*. A *Crotalaria juncea* se destacou dentre as demais variedades em todas as variáveis avaliadas, principalmente em valores de fitomassa seca de raiz. Por ser uma espécie de leguminosa de mais rápido crescimento inicial tal precocidade pode ter favorecido o seu desempenho. A *Crotalaria juncea* se caracterizou como a espécie de porte maior caules mais pesados e longos com elevado potencial em emitir ramificações.

A utilização de espécies de cobertura capazes de romper camadas compactadas vem assumindo papel importante apesar de se saber pouco sobre o desenvolvimento radicular da maioria das espécies em solos compactados (PACHECO et al., 2006). O que se sabe é que as raízes são importantes aliadas na conservação e recuperação do solo (RALISCH et al., 2010), pois apesar de o crescimento radicular em solos ser afetado por um vasta gama de propriedades do solo, as propriedades do solo também são modificadas pelas raízes (GREGORY, 2006).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar as características morfológicas da espécie *Crotalaria juncea* em solos sob diferentes níveis de compactação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. COMPACTAÇÃO E A ESTRUTURA FÍSICA DO SOLO

A estrutura do solo é um fator de grande importância no comportamento e uso agrícola, pois esse é um fator que influencia nos ciclos de carbono e de nutrientes, na capacidade de receber, estocar e transmitir água, na difusão de gases, na penetração das raízes e na capacidade de resistir a erosão, que são fatores importantes para o crescimento das plantas (PORTUGAL et al., 2010).

O que vai influenciar significativamente as características físicas do solo é o seu manejo, pois este está ligado diretamente à compactação. Em estudos realizados comparando o plantio direto com o convencional não houve diferença entre ambos em relação à densidade de solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade em um Latossolo Vermelho-Escuro. O que demonstra que ambas geram compactação (SILVA et al., 2000).

Quanto mais os solos vão sendo trabalhados moto mecanicamente, gradativamente alterações vão ocorrendo, uma dessas alterações é a compactação que, além de degradar o solo, dificulta ou até mesmo impede o bom desenvolvimento das plantas e, por não haver adequada infiltração de água, aumenta a erosão (SILVA et al., 2015).

Algumas qualidades físicas do solo podem ser avaliadas por meio de índices. A compactação pode ser estimada pela resistência do solo à penetração, enquanto o tamanho, a agregação e a estabilidade dos agregados do solo podem ser determinados por meio do diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico, índice de estabilidade dos agregados e índice da porcentagem de agregados com diâmetro superior a 2 mm. Esses indicadores e índices quando utilizados de forma conjunta podem indicar as alterações ocorridas nos sistemas de manejo do solo (TORRE S et al., 2014).

Torres et al. (2014) afirmam que, os indicadores físicos que têm sido usados com frequência para aferir os impactos causados pelos sistemas de manejo resume em densidade do solo, agregação, compactação, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade de retenção d'água e estabilidade de agregados. Permeabilidade do ar no solo (SILVA et al., 2014).

A densidade e a resistência à penetração são avaliados para determinar a presença de camadas compactadas que vão indicar a restrição ao crescimento radicular, pois a perda da qualidade física do solo gera condições desfavoráveis à estrutura do solo como formação de agregados pouco estáveis, eleva densidade, maior resistência à penetração das raízes resultando em condições que restringem o desenvolvimento e a produção das culturas vegetais e a preservação dos recursos naturais (SILVA et al., 2017).

Em um solo compactado a quantidade de macroporos diminui e a sua densidade aumenta, o que gera menor infiltração de água e conseqüente aumento na predisposição à erosão hídrica (PACHECO et al., 2015). Além de ocorrer a diminuição no tamanho dos agregados assim como o aumento da resistência à penetração (GENNARO et al., 2014).

2.2. DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA DO SOLO

Exclusivamente a diminuição das operações agrícolas na área não é suficiente para amenizar e/ou diminuir a compactação. São necessárias rotações de culturas envolvendo espécies que produzam grande quantidade de massa para a cobertura do solo e que, principalmente, possuam sistema radicular profundo e com grande volume, capaz de promover canais, diminuindo, assim, a compactação (GONÇALVES et al. 2006).

Uma técnica adotada para tal é a adubação verde, que pode aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo, melhorar as condições físicas, químicas e biológicas deste e favorecer o crescimento e rendimento dos cultivos de importância econômica (MONEGAT, 1991). Porém, a eficiência do método biológico também depende do estado inicial de compactação do solo, mesmo espécies indicadas para esta finalidade têm o desenvolvimento de suas raízes limitado quando o solo apresenta níveis muito elevados de densidade e resistência à penetração (NICOLOSO et al., 2008).

Dentre as espécies utilizadas biologicamente para a melhoria das condições do solo, as leguminosas são as mais utilizadas devido à sua rusticidade, à elevada produção de matéria seca, ao sistema radicular profundo e à simbiose com bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico (SILVA et al., 2007). Em destaque à *Crotalaria juncea*, por ser uma planta pouco

exigente em nutrientes, com grande potencial de fixação biológica de N₂, e por apresentar crescimento rápido (ARAÚJO & ALMEIDA, 1993).

Em um estudo sobre alternativas para aliviar a compactação em sistema plantio direto, Cubilla et al. (2002) observou que as plantas de verão, incluindo a *Crotalaria juncea*, foram capazes de ultrapassar as camadas de maior estado de compactação avaliada (1,85 g cm⁻³), destaca que as raízes cresceram preferencialmente em espaços criados por raízes de cultivos anteriores, contribuindo para amenizar os efeitos da compactação.

Segundo Filho et al. (2015) no cultivo de plantas de sistema radicular agressivo, ocorre a compressão do solo em torno da raiz, o que promove o alargamento dos poros existentes e a criação de novos poros. Propicia o aumento no tamanho dos macroporos do solo com consequente aumento da infiltração de água e permeabilidade ao ar, além de criar caminhos preferenciais para o desenvolvimento radicular da cultura subsequente.

A ‘escarificação’ biológica quando comparada com a mecânica, utilizando a condutividade hidráulica como indicador da compactação de solo, mostrou-se mais eficaz. Isso porque, na ruptura da camada compactada, o método biológico conseguiu estabelecer maior número de poros condutores de água, isso a médio prazo (ABREU et al., 2004). Tal manejo melhora a infiltração da água devido ao desempenho do sistema radicular no solo (PRANDO et al., 2010).

2.3. CROTALARIA JUNCEA L.

As leguminosas têm sido geralmente mais usadas como adubo verde devido à sua rusticidade, à elevada produção de matéria seca, sistema radicular profundo e à simbiose com bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico. Dentre as leguminosas utilizadas na adubação verde e cobertura do solo, destaca-se *Crotalaria juncea* L., por ser uma planta pouco exigente em nutrientes, com grande potencial de fixação biológica de nitrogênio, e por apresentar crescimento rápido (SILVA & MENEZES, 2007).

Descrita como uma espécie originária da Índia e Ásia tropical, a *Crotalaria juncea* pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae. Trata-se de uma espécie de ciclo anual e subarbuscular e que possui resposta ao fotoperíodo, florescendo em dias curtos. À medida que

a semeadura é atrasada, ocorre redução do porte e, conseqüentemente, na produção de matéria seca. Quando semeada no início do período chuvoso, floresce aos 90 dias e, quando semeada no final dessa estação, floresce aos 60 dias. Em ambas as épocas, geralmente o ciclo completa-se aos 120 dias. As vagens geralmente apresentam de 10 a 20 sementes. As sementes são verde-acidentadas, reniforme, com tegumento liso (ARAÚJO, 2015).

A *Crotalaria juncea* é uma leguminosa com potencial para produção de biomassa e reciclagem de nutrientes. Se decompõe rapidamente e é eficiente na fixação biológica de nitrogênio atmosférico, além de poder ser utilizada para fitorremediar solos contaminados para a adubação verde na produção orgânica de hortaliças, como método cultural para o controle de plantas daninhas e na produção de celulose (CAGNELUTTI FILHO et al., 2016).

Segundo Silva et al. (2011), é uma das leguminosas mais utilizadas como adubo verde por ser uma planta pouco exigente em fertilidade do solo e com grande potencial de fixação biológica de nitrogênio, usada também no controle de nematoide. Sampaio et al. (2016), complementam dizendo que as principais espécies utilizadas na adubação verde contem alta concentração de nutrientes na parte aérea, produzem grande quantidade de matéria seca e se decompõe com facilidade. Os autores citam a *Crotalaria juncea* como sendo uma das principais nesse contexto, por apresentar, além dessas exigências citadas, boa adaptabilidade às regiões tropicais do planeta e bom desempenho em solos soltos arenosos e com baixa fertilidade.

Pacheco et al. (2015) citam Foloni et al. (2006) que a *Crotalaria juncea* apresenta alto potencial para descompactar solo. Em corroboração com o citado, os autores concluíram em estudo que a espécie em solos compactados em até $1,4 \text{ Mg.cm}^{-3}$ apresenta bom desenvolvimento de massa seca de raiz e alto potencial em emitir ramificações.

2.4. PLANTAS RECUPERADORAS DA QUALIDADE DO SOLO

Segundo Machado (2017), as plantas de cobertura controla a perda de solo por erosão, melhora os atributos físicos e químicos do solo, fortalece a interação sistema água-solo-planta-atmosfera, aumenta a produtividade e é um passo importante rumo a produção vegetal sustentável. Entretanto, a escolha da planta de cobertura a ser utilizada no sistema, dependerá das condições locais de onde será implantada. A escolha da cultura adequada para cobertura propicia melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, maior produtividade

da cultura de interesse econômico e pode reduzir custos o controle de plantas invasoras e uso de fertilizantes.

Cunha et al. (2010), relatam que as gramíneas perenes, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecem as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregados, contribuindo para sua formação e estabilidade, podendo ser utilizadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas. Porém, o melhor desempenho se dá quando ocorre sucessão de gramínea e leguminosa, pois favorece a maior agregação do solo. Isso devido ao sistema radicular da gramínea e à taxa de decomposição da leguminosa criarem ambiente favorável à agregação pela ação das raízes, cobertura do solo, quantidade de resíduos orgânicos da decomposição e conservação da umidade favorável à ação dos microrganismos.

Santos et al. (2001) em conclusão sobre o uso de leguminosas e gramíneas na recuperação de áreas degradadas, observou que a utilização das leguminosas (feijão guandu - *Cajanus cajan L.* e siratro - *Macroptilium atropurpureum L.*) e das gramíneas (capim-pangola - *Digitaria decumbens L.* e capim-elefante - *Pennisetum purpureum L.*) promoveu aumento nos teores de carbono orgânico total e na capacidade de troca de cátions, indicando serem viáveis na recuperação de solos degradados. Pacheco et al. (2015), destacaram a *Crotalaria juncea* como a espécie que obteve melhor desenvolvimento em solos compactados e maior quantidade de fitomassa de raiz.

Vários são os relatos de plantas com capacidade de melhorar os atributos do solo. Mucuna-preta nos atributos químicos (ALVES & SOUZA, 2008), nabo-forrageiro em consorcio com aveia-preta nos atributos físicos (NICOLOSO et al. 2008) crotalaria e milheto (DEZORDI et al., 2013), já os atributos biológicos do solo são influenciados pelas plantas de cobertura, gramínea ou leguminosa (SILVA et al., 2007).

2.5. A COMPACTAÇÃO DO SOLO E O DESENVOLVIMENTO RADICULAR

Segundo Muller et al. (2001), à estrutura do solo influencia o crescimento das plantas de várias formas, sendo os efeitos sobre o alongamento radicular os mais claros e determinantes sobre a habilidade das raízes em extrair água e nutrientes do solo em quantidades adequadas. Para o bom desenvolvimento radicular, a pressão exercida pela raiz tem que ser maior que o

impedimento mecânico. A compactação afeta a utilização dos nutrientes disponíveis para a planta, pois o desenvolvimento de novas raízes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, fica prejudicado (BEULTER e CENTURION, 2004)

A compactação afeta diretamente a capacidade da planta de aderir ao solo, o que resulta em debilitação e acamamento, principalmente quando a compactação se encontra na camada superficial do solo. Fato comprovado em estudo com o feijoeiro, onde o aumento da compactação afetou negativamente o seu desenvolvimento radicular a partir da densidade de solo $1,2 \text{ g cm}^{-3}$ (GUIMARÃES et al., 2001).

O sistema radicular se desenvolve adaptando-se ao solo, quando encontra uma camada que impede o seu desenvolvimento em profundidade, raízes laterais se desenvolvem em maior quantidade na camada superficial e em fissuras encontradas ao longo do perfil. Porém, ocorre a deformação morfológica das raízes, com aspecto mais fino, tortuoso, achatadas e com poucos pelos radiculares, em especial no ápice da raiz (FILHO et al., 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências da Unidade Experimental Agrícola do Curso de Agronomia da UniEVANGÉLICA – Anápolis-GO, com vasos (tubos de PVC) utilizando um solo franco arenoso de textura média, coletado na camada de 0-20 cm. Para saber a textura do solo e determinar valores de referência para as densidades utilizadas, uma amostra do material de aproximadamente 300g foi enviada para o laboratório de solos do Curso de Agronomia para análise química e de textura (FIGURA 1). Com o auxílio do triângulo textural e baseado nas informações fornecidas por Costa (1994) sobre propriedades físicas do solo e suas variações, obteve-se o valor de referência para o cálculo das densidades com $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ considerado um solo sem compactação.

TABELA 1. Resultado da análise de fertilidade e textura do solo coletado para o experimento.

Prof.	Argila	Silte	Areia	M.O	pH	P (Mehl)	K	Ca	Mg	H+Al	Al
cm	%	%	%	%	(CaCl ₂)	mg/dm ³		cmol c/dm ³			
0-20	34	21	45	2,6	5,10	1,4	56,0	2,60	0,70	4,40	0,0

A amostra de solo foi destorroada, homogeneizada e passada em peneira de 8 mm. Foi avaliada uma espécie de leguminosa com raiz pivotante (*Crotalaria juncea*) cultivada em vasos com diferentes densidades (camada compactada na faixa de 10 a 15 cm).

Os vasos foram preparados através da sobreposição de três anéis de PVC, sendo que o anel, superior e inferior, possuíam 10 cm de altura e o intermediário 5 cm de altura, todos com 10 cm de diâmetro, unidos por fita adesiva. O fundo de cada vaso recebeu uma tampa de isopor, na qual foram feitos três furos para que o excesso de água fosse drenado por eles.

Em todos os vasos, o primeiro e o terceiro anel receberam amostras deformadas de solo com densidade aparente de $1,5 \text{ g cm}^{-3}$, valor de referência para um solo franco arenoso sem compactação (. O anel intermediário recebeu diferentes massas de solo de forma que se obteve quatro diferentes valores de densidade aparente: 1,5; 1,6; 1,7; $1,8 \text{ g cm}^{-3}$.

Os valores de densidade aparente foram calculados de acordo com o volume de cada anel intermediário e a massa de solo a ser colocado em cada um destes anéis. Após o cálculo da massas de solo referentes a cada ensaio, foi efetuada a compactação deste. Esta etapa foi realizada mediante a queda livre de um êmbolo de 4,0 kg, a uma altura de 85 cm sobre um cilindro de ferro com o mesmo diâmetro do anel.

Os vasos receberam sementes da espécie selecionada para o experimento e aproximadamente aos 14 dias após o plantio foi realizado o desbaste das plantas excedentes, deixando duas plantas por vaso. Para avaliar a penetração das raízes nas camadas compactadas, os três anéis que formavam o vaso foram separados e as raízes correspondentes de cada anel, após a lavagem, foram pesadas.

As seguintes variáveis foram avaliadas: a) altura de planta (cm): obtida por meio de régua milimetrada, medindo-se a partir do coleto da planta até a gema apical; b) diâmetro do colo (mm): determinado com utilização de paquímetro; c) massa seca de raiz (gramas): determinada através da pesagem da parte radicular; d) massa seca da parte aérea (gramas): determinada através da pesagem da parte aérea das plantas. Para a determinação da massa seca de raiz e a massa seca da parte aérea, as plantas foram identificadas e acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação de ar forçado por 72 horas, com temperatura entre 65-70 °C, até atingir massa constante, onde posteriormente foram pesadas em balança analítica.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 1 x 4 x 4 (uma espécie, quatro densidades do solo e quatro repetições). Os tratamentos tiveram sua posição inicial definida por sorteio e foram distribuídos em bancada de ferro nivelada, de forma que a superfície superior dos vasos ficou, aproximadamente, 1 m acima do piso. Foram realizados rodízios semanais das posições das unidades experimentais sobre a bancada, para maior aleatorização e minimizar possíveis diferenças nas condições do ambiente.

A partir dos dados observados, foram calculados seus valores relativos, tomando-se, como referência, os valores médios obtidos na densidade do solo de 1,5 g cm⁻³, aos quais foram atribuídos equivalência a 100 %, baseando-se em Pereira et al. (2003). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% para espécie e regressão para o efeito quantitativo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca tanto da parte aérea quanto radicular, assim como a altura de planta e diâmetro de colmo da espécie *Crotalaria juncea*, não foram prejudicados pela compactação em subsuperfície (TABELA 1). Foloni et al. (2006) também constataram que o crescimento da *Crotalaria juncea* se manteve estável quando submetido a diferentes níveis de compactação e explicam que tal fato pode acontecer porque a espécie recebeu regular quantidade de água, diferente das reais condições de campo, onde escassez de chuva são comuns no decorrer do cultivo.

TABELA 1. Fitomassa seca da parte aérea e radicular, diâmetro de colmo e altura de planta da *Crotalaria juncea* submetida a quatro níveis de densidade de solo. 2018 Anápolis – Goiás

Tratamento cm ⁻³	Diâmetro do colmo em cm	Altura de planta em cm	Peso da folha em gramas	Peso da raiz do anel superior em gramas	Peso da raiz do anel inferior em gramas
1,5	0,2000a	10,7500a	0,251575a	0,08845a	0,10775a
1,6	0,2350a	8,5000a	0,21185a	0,10355a	0,07725a
1,7	0,2150a	10,2000a	0,238425a	0,0749a	0,15295a
1,8	0,2025a	10,6000a	0,281275a	0,10145a	0,2219a

Cubilla et al. (2002) ao estudar plantas de cobertura de solo como alternativa para amenizar a compactação do solo assim como Reinert et. al. (2008) observaram que a *Crotalária juncea* só apresentou impedimento quanto ao seu desenvolvimento a partir da densidade 1,85 g cm⁻³. O que corrobora com os resultados deste experimento, pois os valores de densidade avaliados variaram de 1,5 a 1,8 g cm⁻³, onde a espécie não encontrou dificuldades no seu desenvolvimento.

O colmo da planta teve uma pequena diferença em diâmetro quando comparada a compactação 1,5 g cm⁻³ (valor de referência para um solo de textura média sem compactação aparente) principalmente na compactação 1,6 g cm⁻³, valor que apresentou menor altura de planta. Entretanto, não houve significância estatística para este fato.

Ao se analisar o peso de raízes do anel superior com o inferior pode-se observar que a *Crotalária juncea* teve seu desenvolvimento aéreo e radicular normal quando comparado com a testemunha. Quando há um impedimento físico para a boa distribuição e penetração das raízes, elas podem se aglomerar na camada superficial e com boa oferta de água e nutrientes nesta camada, a parte aérea pode se desenvolver normalmente. O que não foi o caso deste experimento, pois as raízes conseguiram vencer a camada compactada e, conforme os resultados, há uma maior quantidade de raízes na parte inferior dos vasos do que na camada superior, indicando que os níveis de densidade submetidos a espécie não foram impedimento para o seu desenvolvimento radicular.

Reinert et al. (2008) observaram em estudo que a *Crotalária juncea* conseguiu romper a camada compactada até 1,75 g cm⁻³ com boa distribuição radicular no perfil do solo e sem deformações na raiz pivotante com mais de 30 cm de profundidade e as raízes secundárias até 20 cm de profundidade. Pacheco et al (2015) constataram que a *crotalária juncea* consegue mitigar os efeitos da compactação nos estágios iniciais do seu desenvolvimento e dentre todas as espécies de *Crotalária* analisadas por eles a *C. juncea* foi a que teve maior valor de fitomassa da parte aérea e de raiz.

É importante destacar que a *Crotalária juncea* é uma espécie dentre as leguminosas reconhecida como a de mais rápido crescimento inicial e, segundo Dourado et al. (2001) muito eficiente na produção de fitomassa e fixação de nitrogênio, o que pode ter favorecido seu bom desempenho uma vez que o experimento foi conduzido até 48 dias após a semeadura. Além de fazer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, o que potencializa a sua capacidade de

crescimento, a espécie possui raiz agressiva e parte aérea com elevado potencial de emitir ramificações.

5. CONCLUSÕES

A *Crotalaria juncea* apresentou bom desenvolvimento morfológico, tanto na parte aérea quanto radicular em todos os níveis de compactação testados, o que permite ser indicada para plantio em solos de textura média compactados com densidade de até $1,8 \text{ g cm}^{-3}$

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Santa Maria, v.28, p.519-31, fev./abr. 2014.
- ARAÚJO, A.P. & ALMEIDA, D.L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, v.28, p.245-251, 1993.
- BEULTER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v39, p.581-588, jun. 2004.
- COSTA, M. H. **Balço hídrico segundo Thornthwaite e Mather, 1995**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola. Engenharia na Agricultura, caderno didático 19. 22 p. 1994.
- CUBILLA, M.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, M. S. **Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto**. Disponível em: <http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao_Resumos/IVRSBCS_2.pdf>. Acesso em: 08 de novembro 2017.
- COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISE, D. R. Compactação superficial de latossolos sob integração lavoura- pecuária de leite no nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural**, v. 41 p 246-250, 2011.
- Dourado, M. C.; Silva, T. R. B.; Bolonhezi, A. C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. *Scientia Agricola*. São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 58, n. 2, p. 287-293, 2001. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/9546>>. Acesso em: 12 de junho 2018.
- FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo** van (ed). Física do solo viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.
- FIGUEIREDO, C. C.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. Propriedades físico-hídricas em latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p 146-151, 2005.
- FILHO, J. T.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. **Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo**. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/1802/180218337023/>>. Acesso em 08 de novembro de 2017.
- FILHO, O. G.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Maringá-PR. V.39, p.841-851, abr./jan. 2015.
- FILHO, C. A.; FOLLMANN, D. N.; BEM, C. M.; PEZZINI, R. V.; SCHABARUM, D. E.; SILVEIRA, D. L.; ULIANA, D. B.; CHAVES, G. G. Épocas de semeadura e temperatura base em *crotalaria juncea* na região da depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Agrarian**. Dourados, v.9, n34, p.312-318, dez./mar. 2017.

FLOWERS, M. O.; LAL, R. **Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf, in Northwest Ohio.** Soil Tillage Research, v8, 1998.

FOLONI J. S. S.; LIMA S. L.; BUUL L. T. **Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/0D/rbcs/v30n1/a06v30n1.pdf>>. Acesso em: 23 de maio de 2018.

GENNARO, L.A; SOUZA Z.M; SILVA, L. F. S.; COOPER, M.; CAMPOS, M. C. Estrutura do solo sob feijão irrigado e diferentes manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.39 p.608-14, jul./dez. 2014.

GIRARDELLO, C. V.; AMADO, T. J. C.; SANTI, L. A.; LANZANOVA, M. E.; TASCA, A. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. **Revista Scientia Agrária.** Curitiba, v.18, n2, p.86-96, Abr./jun. 2017.

GREGORY, P. **Plant roots: grow activity and intesaction with soils.** Ed. Blackwell Publishing Ltd. Garsigton Road, Oxford p. 340, 2006.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. II: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande-PB, v6, n2, p.213-18,

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W.K. **Soil compaction in cropping system: A rewieu of the nature, causes and possible solutions,** Soil Tillage Reasearch, 2015.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, S. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31 p. 113-140, 2007.

MACHADO M. F. **Atributos de solo e arraste de sedimento após plantio de milho e crotalaria como culturas de sucessão em área de pouso.** Jaboticabal-SP. Tese (doutorado em agronomia). Faculdade de ciências agrárias e veterinária – UNESP.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades.** Chapecó, Edição do Autor, 1991. 337p.

MULLER, 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**, Brasília-DF, v.25, p.531-38, out./fev. 2001.

NICOLLOSO, R. S.; AMADO, T. S. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELA, C.; BRAGAGNOLO, J. **Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento da soja.** Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/1802/180214233036/>>. Acesso em: 08 de novembro 2017.

PORTUGAL, A. F.; JUNCKSK, I.; SHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, L. C. J. Estabilidade de agregação em argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, p.545-53, jul./ago. 2010.

PRANDO M. B.; OLIBONE D.; OLIBONE, A. P. E.; ROSOLEM, C. A. **Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas**. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/1802/180215874009/>>. Acesso em: 08 de novembro 2017.

PACHECO, L. P.; MIGUEL A. S. D. C. S.; SILVA, E. M. B.; SOUZA, E. D.; SILVA F. D. **Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária**. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/2530/253042635014/>>. Acesso em: 08 de novembro 2017.

QUEIROZ, R. B.; NOGUEIRA S. S.; MIRANDA, M. A. C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília v.35, n5 p. 929-38, 2000.

RALISCH, R.; ALMEIDA, E.; SILVA, A. P.; PEREIRA NETO, O. C.; GUIMARÃES, M. F. Morphostructural characterization of soil conventionally tilled with mechanized and animal traction whit and wilhout cover crop. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v. 34, n 6 p. 1795-1802, 2010.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE J. A.; REICHERT J. M.; AITA C.; ANDRADA M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argilossolo vermelho. **Revista Científica de América Latina do Caribe, Espanha e Portugal**. V. 32, n 5 p. 1805-1816.

SAMPAIO, P. R. F.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, R. M. S.; SANTOS, W. O. **Necessidade hídrica de *crotalaria juncea* L. em resposta à salinidade de residual do solo**. Disponível em: < <http://energia.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1715/1592>>. Acesso em: 08 de novembro 2017.

SILVA, F. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A. Crescimento inicial da cultura da soja em latossolo Bruno com diferentes graus de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Santa-Catarina, v. 38 p. 1731-39, jun./ago. 2014.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. **Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalária juncea*. II disponibilidade de N, P, e K no solo ao longo do ciclo de cultivo**. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v31n1/06.pdf>>. Acesso em: 08 de outubro 2017.

SILVA, F. J.; OLIVEIRA, C. A. A.; ALMEIDA, L. S.; LIMA, L. P.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e produtividade do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v.4, n3, p. 77-84, jul./set. 2017.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.30, n5, p.795-801, ago. 2000.

SILVA, E. M. B.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L.; POLIZEL A. C. **Desenvolvimento e produção de *crotalária juncea* adubada com cinza vegetal**. Disponível em: <

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/desenvolvimento%20e%20producao.pdf>>. Acesso em: 08 de novembro 2017.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA M.G; ASSIS, R. L.; SOUZA, Z. M. Atributos físicos de um latossolo vermelho cultivado com plantas de cobertura em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Uberaba-MG, v.39, p.428-37, set./dez. 2014.