

Joaquim Emanuel F. Gondim^{1*};
Cezar Augusto M. Rebouças²;
Jeane C. Portela³;
Jussira Sonally J. Cavalcante⁴;
Safira Yara A. M. da Silva¹;
Maria Clara C. Dias¹

*Autor para correspondência
Recebido para publicação em 22/01/15. Aprovado em 14/04/15.

¹Graduando(a) em Agronomia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Mossoró – RN. E-mail: joaquimcg_rn@hotmail.com; safira_azevedo@yahoo.com.br;

²Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. ESALq/USP. E-mail: cezar_augusto1992@hotmail.com;

³Professora Adjunta III, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA. E-mail: jeaneportela@ufersa.edu.br;

⁴Mestranda do Programa de Manejo de Solo e Água. Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA. E-mail: jussira_sonally@hotmail.com; mclaracd@yahoo.com.br

Resistência mecânica do solo à penetração em diferentes manejos do solo e da caatinga em Governador Dix-Sept Rosado-RN

RESUMO

As propriedades físicas do solo são facilmente modificadas pelo manejo do solo e dos cultivos agrícolas. Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos do manejo do solo e dos cultivos agrícolas em relação à resistência mecânica do solo à penetração e a sua dinâmica com os atributos que interferem diretamente com a compactação. Foram amostrados dois manejos distintos do solo e da caatinga em três profundidades. Os manejos são Agroecológico e Convencional (este último foi mantido descoberto durante um ano após o preparo). Para cada manejo foram analisados atributos físicos (granulometria, umidade gravimétrica, densidade das partículas e do solo, porosidade total calculada e resistência mecânica do solo à penetração – RP) e de Carbono orgânico total nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. As médias obtidas na análise da RP foram submetidas à análise de variância (ANAVA). A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.6[®]. Os resultados da ANAVA para RP indicam que houve diferenças significativas entre os tratamentos e profundidades. Conclui-se que o manejo agroecológico favoreceu a melhoria das propriedades físicas do solo em relação ao preparo convencional. A RP não apresentou limitações entre os tratamentos e profundidades estudados.

Palavras-chave: Coesão e adesão, degradação, compactação.

Mechanical resistance to soil penetration in soil and different managements in Caatinga Governador Dix-Sept Rosado-RN

ABSTRACT

The physical properties of soil are easily modified by soil management and agricultural crops. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of soil management and agricultural crops in relation to soil mechanical resistance to penetration and its dynamics with the attributes that directly interfere with the compression. Two different soil managements and scrub at three depths were sampled. The managements are Agroecology and Conventional (the latter was kept open for one year after preparation). For each management were analyzed physical attributes (grain size, gravimetric moisture, particle density and soil, estimated total porosity and soil mechanical resistance to penetration - RP) and total organic carbon in the depths of 0.00-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m. The averages obtained in the RP analysis were submitted to analysis of variance (ANOVA). The comparison of means was made by Tukey test at 5 % probability, using the statistical program ASSISTAT 7.6[®]. The results of ANOVA for RP indicated that there were significant differences between treatments and depths. In conclusion, the agroecological management favored the improvement of soil physical properties compared to conventional tillage. The RP did not show limitations between treatments and studied depths.

Keywords: cohesion and adhesion, degradation, compaction.

INTRODUÇÃO

Na região em estudo os recursos naturais vêm sendo utilizados de forma desordenada, não levando em consideração as particularidades que caracterizam o ambiente local, principalmente pelo uso inadequado das atividades agropecuárias que favorecem a ausência de cobertura do solo, pelo preparo intensivo e o desmatamento da caatinga, ações essas desenvolvidas que favorecem a degradação do ambiente e de toda forma de vida. A retirada da Caatinga e o uso inadequado do solo refletem no aumento da degradação destes recursos (Menezes & Sampaio, 2002; Melo et al., 2008).

A cobertura do solo e o preparo mínimo são necessários para a manutenção e/ou melhoria dos recursos naturais, aliada a produção agrícola. A ausência destas práticas contribui para o processo erosivo, conseqüentemente, a degradação física, química e biológica do solo.

O manejo da Caatinga representa um novo enfoque de desenvolvimento rural, estando condicionada à utilização racional dos fatores de produção, no sentido de fontes de alimentos e preservação dos sistemas. Faz-se necessário a adoção de práticas que envolvam diversidade de cultivos e o preparo mínimo do solo em busca da manutenção e/ou melhoria da capacidade produtiva do solo.

Neste contexto, o sistema agroecológico utilizado pelos agricultores familiares é uma alternativa sustentável, pois possui como característica principal a convivência com o semiárido, respeitando os princípios ecológicos, primando pela preservação dos espaços naturais, estimulando a reciclagem de nutrientes e conservando a biodiversidade (Santos et al., 2013). Considerando que o manejo sustentável da caatinga impede a devastação da vegetação do semiárido e visa uma agricultura com princípios sistemáticos de sustentabilidade em bases ecológicas. Vale ressaltar, que ações de pesquisas voltadas para compreender as diversidades dos sistemas dos agricultores necessitam da integração de estudos dos atributos do solo.

Segundo Lanza et al. (2007), na determinação da compactação do solo, os parâmetros densidade e porosidade são os mais comuns, todavia a resistência mecânica à penetração está intimamente ligada ao grau de compactação do solo e pode ser uma medida mais sensível e/ou precisa na sua identificação. Busscher et al. (1997) afirmam que ainda deve-se considerar a condição de umidade atual (à base de massa) do solo para fins de correção dos dados e, conseqüentemente, reduzir os problemas de interpretação dos resultados obtidos.

Diante o exposto, objetivou-se avaliar os efeitos do manejo do solo e dos cultivos agrícolas no bioma caatinga em relação à resistência mecânica do solo à penetração e a sua dinâmica com os atributos que interferem diretamente com a compactação.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Governador Dix-Sept Rosado está localizado na microrregião da Chapada do Apodi, no Rio Grande do Norte, entre as coordenadas 05° 27' 32,4" de latitude Sul e 37°31'15,6" de longitude Oeste, com área

total municipal de 1.263 km² com precipitação pluvial média anual de 712 mm no período de fevereiro a maio, (Beltrão et al., 2005). A temperatura média anual é de 27 °C e umidade relativa média do ar é de 68,9 % e a vegetação natural é a Caatinga hiperxerófila.

A área em estudo está localizada no Assentamento Terra da Esperança, no município de Governador Dix-Sept Rosado-RN, compreendido na mesorregião do Oeste Potiguar e microrregião da Chapada do Apodi. O clima predominante da região, segundo classificação climática de Köppen, é do tipo BSw'h', caracterizado pelo clima semiárido, com duas estações distintas de seca e chuva. A vegetação nativa da região é do tipo Caatinga Hiperxerófila. O solo da área em estudo foi classificado como um Cambissolo Háplico eutrófico, conforme (SOUZA, 2014).

Foram amostrados e georreferenciados (Tabela 1) dois manejos distintos do solo e da caatinga. Os manejos foram: área Agroecológica e área convencional.

A área Agroecológica foi construída a partir da iniciativa dos associados, no qual essas famílias passaram por um processo de formação em Agroecologia e convivência com o semiárido. As famílias definiram que o sistema agroecológico teria como objetivo principal a produção de alimentos (frutíferas) e (forrageiras) para atender as necessidades das famílias e dos animais. Como também, estabeleceram metas essenciais a conservação dos recursos naturais, como por exemplo: extinção do uso de queimadas e agroquímicos e a preservação da sucessão natural das plantas, tendo como base um (01) ha. As atividades realizadas para implantação foram: raleamento das espécies predominantes com critérios estabelecidos pela vivência das famílias, proporcionando assim, suporte forrageiro à criação de animais e aumento da diversidade de espécies vegetais, para tanto, a área foi cercada com arame, de modo a impedir a invasão e passagem de animais. Os resíduos das plantas raleadas foram picotados às partes finas, com auxílio de facão e espalhadas na superfície do solo, tendo como finalidade o controle do processo erosivo. A construção dos camalhões com resíduos vegetais mais grosseiros e lenhosos, para contenção do escoamento superficial e favorecimento da infiltração de água no solo, e foi realizado o plantio de mudas frutíferas e exóticas adaptadas ao semiárido. Foi realizado o enriquecimento da Área Agroecológica no início da estação chuvosa. E área convencional, preparada com aração e gradagem, na qual esta operação foi realizada no período que antecede a estação chuvosa e o solo foi mantido descoberto desde então, em função da ausência de chuvas na região. Para cada manejo foram analisados atributos físicos e de matéria orgânica do solo nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

Foram coletadas amostras com estrutura deformada para as análises de granulometria, umidade gravimétrica, densidade das partículas e carbono orgânico total; e amostras com estrutura indeformada – coletadas com trado do tipo Uhland e anéis volumétricos com as dimensões de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro – para a determinação da densidade do solo, e da porosidade total calculada. As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido seguindo as recomendações descritas pela Embrapa (1997). Os resultados para os

atributos são médias aritméticas de três repetições por profundidade.

Tabela 1. Coordenadas dos locais amostrados, Governador Dix-Sept Rosado-RN.

Manejo	Latitude	Longitude
Agroecológico	5°30'23,302" S	37°27'5,877" O
Convencional	5°30'32,150" S	37°27'41,105" O

A resistência mecânica do solo à penetração foi determinada em campo utilizando um penetrômetro de impacto da VDO® (modelo SS316), com ponteira de 1,386 cm de diâmetro, área de seção transversal de 1,509 cm² e ponta cônica com ângulo de penetração de 30°. As leituras foram realizadas em cada profundidade, sendo valores médios de trinta repetições por profundidade.

As médias obtidas na análise da resistência mecânica do solo à penetração foram submetidas à análise de variância (ANAVA), com a finalidade de avaliar os diferentes tratamentos (manejo agroecológico e convencional) e profundidades. A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em parcelas subdivididas, com médias aritméticas de trinta repetições por profundidade em cada manejo, utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.6®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a tabela 2, para os diferentes manejos, a classificação textural em superfície (0,00-0,10 m) foi Franco-argilo-arenosa e nas profundidades de 0,10-0,20 e 0,20-30 m foi classificado como Argila-arenosa, estes em resposta ao aumento da fração argila. A densidade das partículas não apresentou grande amplitude entre as profundidades e manejos do solo e da planta. Para estes atributos, a pouca variação deve-se ao material de origem Calcário Jandaíra e a alta estabilidade dos mesmos.

A umidade gravimétrica (Tabela 2) no preparo convencional não apresentou diferenças expressivas entre

as profundidades, todavia, para o manejo agroecológico, em superfície, há maior teor de água no solo, com decréscimo em profundidade, em razão da cobertura superficial do solo e incremento da matéria orgânica.

A densidade do solo (Tabela 2) no preparo convencional foi superior em todas as profundidades em relação ao manejo agroecológico da caatinga. Isto é justificado pelo período de um ano em que o solo ficou descoberto e sem cultivo agrícola após o preparo, proporcionando o encrostamento superficial. A porosidade total (Tabela 2) do solo segue tendência inversamente proporcional à densidade do solo, estando estes atributos diretamente interligados.

O carbono orgânico total (Tabela 2) na área de manejo agroecológico foi superior ao convencional, podendo ser justificado pelo não revolvimento do solo, como também, pelo aporte de resíduos orgânicos proveniente da diversidade de espécies vegetais.

Avaliando agroecossistemas irrigados, anuais e perenes na Chapada do Apodi/RN em um Cambissolo Háplico, concluíram que os estoques de COT foram reduzidos pelo cultivo do solo, independentemente do sistema de manejo adotados (Assis et al., 2010).

Os sistemas que tem como base, o revolvimento excessivo do solo e/ou ausência de cobertura vegetal favorece a degradação química e das frações da matéria orgânica do solo.

Tabela 2. Distribuição do tamanho das partículas, classificação textural, umidade gravimétrica, densidade das partículas, densidade do solo, porosidade total calculada e matéria orgânica do solo, Governador Dix-Sept Rosado-RN.

Atributos do solo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
MANEJO AGROECOLÓGICO			
Areia grossa (g kg ⁻¹)	449	353	350
Areia fina (g kg ⁻¹)	214	219	219
Areia total (g kg ⁻¹)	663	572	569
Silte (g kg ⁻¹)	84	74	80
Argila (g kg ⁻¹)	253	354	351
Classificação textural (SBCS)	Franco-argilo-arenosa	Argila-arenosa	Argila-arenosa
Umidade gravimétrica (g g ⁻¹)	0,221	0,178	0,178
Densidade das partículas (kg dm ⁻³)	2,477	2,550	2,565
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,243	1,491	1,362
Porosidade total calculada (%)	49,777	41,520	46,885
Carbono orgânico total (dag kg ⁻¹)	2,39	1,34	---
MANEJO CONVENCIONAL			
Areia grossa (g kg ⁻¹)	363	319	349

Areia fina (g kg ⁻¹)	191	208	183
Areia total (g kg ⁻¹)	554	527	533
Silte (g kg ⁻¹)	121	118	95
Argila (g kg ⁻¹)	326	355	372
Classificação textural (SBCS)	Franco-argilo-arenosa	Argila-arenosa	Argila-arenosa
Umidade gravimétrica (g g ⁻¹)	0,165	0,166	0,167
Densidade das partículas (kg dm ⁻³)	2,504	2,512	2,542
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,587	1,493	1,471
Porosidade total calculada (%)	36,619	40,558	42,135
Carbono orgânico total (dag kg ⁻¹)	1,41	1,23	---

SBCS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Os resultados da análise de variância para a resistência mecânica do solo à penetração (RP) são apresentados na tabela 3. A mesma indica que houve diferenças significativas entre os tratamentos e profundidades, havendo interação entre os mesmos, sendo necessário, portanto, o desdobramento.

Tabela 3. Síntese da análise de variância e do teste de médias para diferentes manejos do solo e do cultivo agrícola na caatinga e profundidades para a resistência mecânica do solo à penetração, Governador Dix-Sept Rosado-RN.

FV	GL	QM
		RP
Ta	1	7965996,642**
Resíduo Ta	58	14439,102
Parcelas	59	
Tb	2	1475834,058**
Int. Ta x Tb	2	671300,262**
Resíduo Tb	116	19560,632
Total	179	
CV(%) - Ta	11,540	
CV(%) - Tb	13,440	

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrados médios; RP: Resistência mecânica do solo à penetração; Ta: Manejos da caatinga (agroecológico e convencional); Tb: Profundidades; Int.: Interação; CV: Coeficiente de variação.

Analisando a RP para os diferentes tratamentos (Tabela 4) verifica-se diferença significativa entre os mesmos, apresentando valor médio superior no preparo convencional, em função da maior densidade e menor porosidade total do solo, bem como, a umidade gravimétrica, estes que foram influenciados pelo longo período em que o solo permaneceu descoberto e sem cultivo agrícola.

Os valores de RP para os dois tratamentos em estudo não apresentaram limitações para o

desenvolvimento das raízes, tendo em vista que o mesmo não ultrapassa o valor crítico de 2,0 MPa (2000 kPa), sendo este o mais indicado na literatura como impeditivo ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas (Tormena et al., 1999). Todavia, no estabelecimento de pastagens, Costa et al. (2012) aponta valores de RP inferiores a 1,0 MPa (1000 kPa) como a classe de maior produção de raízes para *Panicum maximum*.

Tabela 4. Resistência mecânica do solo à penetração em manejos agroecológico e convencional, Governador Dix-Sept Rosado-RN.

Manejo	RP kPa
Agroecológico	830,580 b
Convencional	1251,320 a

Analisando a RP em relação às profundidades (Tabela 5), verifica-se diferenças significativa entre as três profundidades, em razão da diminuição do teor de água do

solo, esta que, quando em maior quantidade, confere menor resistência do solo.

Tabela 5. Resistência mecânica do solo à penetração em diferentes profundidades, Governador Dix-Sept Rosado-RN.

Profundidade	RP
m	kPa
0,00-0,10	873,090 c
0,10-0,20	1066,020 b
0,20-0,30	1183,740 a

Na tabela 6 são avaliados os resultados do desdobramento da interação entre os diferentes tratamentos e profundidades para a RP. Verifica-se que para as três profundidades o preparo convencional apresentou os maiores valores de RP, com diferença significativa em relação ao manejo agroecológico. No manejo agroecológico, as profundidades de 0,00-0,10 e

0,10-0,20 m não apresentaram diferença estatística, porém, diferenciando-se na última profundidade. Todavia, no preparo convencional, houve diferença significativa entre as três profundidades, apresentando assim, degradação estrutural do solo.

Tabela 6. Desdobramento da interação dos diferentes manejos do solo e dos cultivos agrícolas na caatinga e profundidades para a resistência mecânica do solo à penetração, Governador Dix-Sept Rosado-RN.

Manejo	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Agroecológico	784,800 bB	791,340 bB	915,600 bA
Convencional	961,380 aC	1340,700 aB	1451,880 aA

CONCLUSÕES

O manejo agroecológico favoreceu a melhoria das propriedades físicas do solo em relação ao preparo convencional.

A RP não apresentou limitações entre os tratamentos e profundidades estudados.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, C. P.; OLIVEIRA, T.S.; DANTAS, J. A. N.; MENDONÇA, E. S. Organic matter and phosphorus fractions in irrigated agroecosystems in a semi-arid region of Northeastern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 138, p.74- 82, 2010.
- BELTRÃO, N. E. de M., CARTAXO, W.V., PEREIRA, S.R.P., SOARES, J.J., SILVA, O.R.R.F.O cultivo sustentável da mamona no Semi-árido Brasileiro. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005. 23 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 84).
- BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; CAMP, C. R. & SOJKA, R. E. Correction of cone index for soil water content differences in a Coastal Plain soil. *Soil and Tillage Research*, 43:205-217, 1997.
- COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, S. M. B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W. G. & MEDEIROS, F. M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:993-1004, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1997. 212p.
- LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. & REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1131-1140, 2007.
- MELO, R. O.; PACHECO, E. P.; MENEZES, J. C. & CANTALICE, J. R. B. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um neossolo sob vegetação de caatinga. *Revista Caatinga*, 21:12-17, 2008.
- MENEZES, R. S. C. & SAMPAIO, E. V. S. B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: SILVA, L. M.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E. (orgs.) *Agricultura familiar e agroecológica no semi-árido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba*. 1.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002. p.249-260.
- SANTOS, J. O. ; SANTOS, R. M. S. ; FERNANDES, A. A.; SOUTO, J. S.; BORGES, M. G. B.; FERREIRA, R.T.F., Salgado, A.B. Os sistemas alternativos de produção de base agroecológica. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 1, p. 01-08, 2013.
- SOUZA, R. O. Caracterização etnopedológica em um Cambissolo eutrófico em diferentes usos agropecuários na chapada do apodi. Universidade Federal do Semi – Árido – UFERSA, Mossoró, RN, UFERSA, 2014. 81p. **Dissertação** (Mestrado em Manejo de Água e Solo).
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. & LIBARDE, P. L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. *Soil and Tillage Research*, 52:223-232, 1999.