

ÍNDICES DE COMPACTAÇÃO NA COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE USOS DO SOLO COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES GRANULOMÉTRICAS

ELDER BARBOZA DE SOUZA¹; MARCOS SALES RODRIGUES¹;
AUGUSTO MIGUEL NASCIMENTO LIMA^{1*}; JAILSON CAVALCANTE CUNHA²;
KÁTIA ARAÚJO DA SILVA³; NELCI OLSZEWSKI²;
GEISA LORENA MAIA CARVALHO DOS SANTOS³

Recibido: 17/10/2017
Recibido con revisiones: 5/7/2018
Aceptado: 21/2/2019

RESUMO

O crescimento da fruticultura na região semiárida pode acarretar em alterações na qualidade física do solo. Desta forma, é fundamental o estudo dos atributos físicos nos diferentes sistemas de uso da terra. Todavia, o uso de atributos tais como densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macro (Ma) e microporosidade (Mi) pode não ser eficiente na comparação de sistemas de manejo, já que variam conforme a granulometria dos solos. Portanto, objetivou-se avaliar alterações em atributos físicos do solo com cultivo de mangueira irrigada e de goiabeira irrigada em relação ao solo sob caatinga (vegetação nativa), por meio de índices de compactação. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo em duas profundidades (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m), sendo estabelecidos 10 pontos georreferenciados em cada sistema de uso na região semiárida do Brasil. Foram determinadas a Ds e a PT e calculados os valores de Ma, Mi, densidade relativa do solo (DRS) e risco de compactação do solo (RCS) baseados na Ds e textura do solo. As médias foram comparadas em pares de uso utilizando o teste t. A qualidade física do solo apresentou a seguinte ordem Mangueira > Caatinga > Goiabeira na camada de 0-0,10 m. Já na camada de 0,10-0,20 m as áreas cultivadas afetaram negativamente a qualidade física do solo. O uso dos índices de DRS e RCS na comparação de sistemas de uso do solo com diferentes composições granulométricas mostrou-se eficiente na avaliação das alterações da qualidade física do solo.

Palavras chave: Densidade do solo; macroporosidade; fruticultura.

COMPACTION INDEXES IN THE COMPARISON OF SOIL USE SYSTEMS WITH DIFFERENT GRANULOMETRIC COMPOSITIONS

ABSTRACT

The growth of fruit cultivation in the semiarid region can lead to changes in the soil physical quality. In this way, it is fundamental to study the physical attributes in different land uses. However, the use of attributes such as soil bulk density (Bd), total porosity (TP), macro (Ma) and microporosity (Mi) may not be efficient to compare agricultural management systems, since they vary according to the soil granulometry. Therefore, it was aimed to evaluate changes in soil physical attributes with irrigated mango and guava cultivation in relation to soil under caatinga (native vegetation), using soil compaction indexes. Disturbed and undisturbed soil samples were collected at two layers (0.00-0.10 and 0.10-0.20 m), and ten georeferenced points were established in each management system in the semiarid region, Brazil. Bd and PT were calculated and Ma, Mi, relative bulk density (RBD) and soil compaction risk (SCR) based on Bd and soil texture were calculated. The means were compared in pairs of soil management system using t-test. The soil physical quality showed the following order Mangueira > Caatinga > Goiabeira at the layer of 0-0.10 m depth, whereas at the layer of 0.10-0.20 m depth the cultivated areas negatively affected the soil physical quality. The use of RBD and SCR indexes in the comparison of soil use systems with different soil texture proved to be efficient in the evaluation of changes in soil physical quality.

Key words: Bulk density; macroporosity; Fruit growing.

1 Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Colegiado de Engenharia Agrônoma, Rodovia BR 407 - KM 119 - Lote 543 PSNC, s/nº - C1, 56300-990, Petrolina, Pernambuco, Brasil

2 Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Colegiado de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Av. Antonio Carlos Magalhães, 510, Country Club, 48.902-300, Juazeiro, Bahia, Brasil

3 Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Colegiado de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Rodovia BR 407 - KM 119 - Lote 543 PSNC, s/nº - C1, 56300-990, Petrolina, Pernambuco, Brasil

* Autor de contacto: augusto.lima@univasf.edu.br

INTRODUÇÃO

O setor de fruticultura é um dos mais importantes do agronegócio brasileiro, responsável pelo país ser o terceiro maior produtor de frutas do mundo (SEBRAE, 2015), dando destaque ao cultivo irrigado na região semiárida. Em virtude de sua importância econômica, há a necessidade de expansão das áreas agrícolas e, conseqüentemente, a substituição de áreas de vegetação natural por diferentes sistemas de uso, tais como cultivo da mangueira e goiabeira irrigada. Tais sistemas podem alterar a qualidade física do solo, devido ao tráfego de maquinário agrícola para aplicação de produtos fitossanitários e colheita, assim como do efeito da água de irrigação na estrutura do solo.

Dentre os atributos físicos, podem ocorrer aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade total e alterações na relação entre macroporosidade e microporosidade (Reis *et al.*, 2009). Esses atributos são importantes indicadores físicos de qualidade, pois fornecem informações relacionadas aos processos do solo, como dinâmicas de água e de nutrientes, em função do manejo adotado no cultivo agrícola ou do seu comportamento sob vegetação nativa (Ampoorter *et al.*, 2010).

Todavia, podem ocorrer variações nos valores destes atributos (densidade, porosidade, macroporosidade e microporosidade), a depender da composição granulométrica do solo e, seu valor absoluto não pode ser comparado entre solos com diferentes texturas (Stolf *et al.*, 2011), dificultando, muitas vezes, a comparação entre sistemas de manejo do solo. Por exemplo, Reichert *et al.* (2003) propuseram valores de densidade do solo crítica para o crescimento radicular em algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco-arenosos, indicando que a classe textural tem relação direta com o valor de densidade. Como a textura influencia o processo de estruturação do solo, também tem relação direta com a porosidade e a distribuição dos tamanhos de poros.

Desta forma, o uso de índices com valores relativos em função da textura do solo pode facilitar a interpretação do comportamento de um

solo frente a um sistema de manejo (Beutler *et al.*, 2008). Dentre os índices recomendados, pode-se destacar a densidade relativa e o risco de compactação do solo, sendo que, ambos levam em consideração a textura do solo (Stolf *et al.*, 2011). A densidade relativa do solo (DRS) refere-se à relação entre a densidade do solo medida em campo e a densidade máxima do solo (DMS), que corresponde à densidade quando a macroporosidade é igual a zero. O risco de compactação refere-se à relação entre a densidade do solo e a densidade limite do solo (DLS), ou seja, a densidade do solo quando o valor da macroporosidade é igual a 10% (Stolf *et al.*, 2011). Segundo Klein (2014), o conceito de DRS tem sido empregado visando normalizar os valores de Ds em função da textura e outras propriedades do solo. O índice DRS indica que quanto mais próximo o valor de 1, mais próxima está da densidade máxima do solo, ou seja, quando é praticamente ausente (Stolf, 2011). Valores de macroporosidade menores que 10% tornam-se limitantes ao crescimento de plantas devido a redução da infiltração de água e trocas gasosas (Klein & Camara, 2007).

Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar alterações em atributos físicos do solo com cultivo de mangueira e goiabeira irrigadas em relação ao solo da caatinga, por meio de índices de compactação.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas em um Argissolo Amarelo no município de Casa Nova, na região semiárida do Brasil, (9°11'43,28" S; 41°1'51,36" W) e com elevação média de 406 m. As médias anuais de temperaturas variam de 23 a 27 °C, com índice pluviométrico anual inferior a 500 mm ano⁻¹ e de evaporação em torno de 2000 mm ano⁻¹ (Moura *et al.*, 2007). A região apresenta classificação climática segundo Köppen como BSh (semiárido), caracterizada pela escassez e irregularidade das precipitações com chuvas no verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas, com vegetação predominante do tipo Caatinga hiperxerófila.

O estudo foi realizado em três tipos de uso: solo com Caatinga (área de referência), solo com

cultivo de mangueira irrigada e solo com cultivo de goiabeira irrigada. As áreas de cultivo com goiabeira e mangueira, ambas com 19 anos de cultivo, estão localizadas em adjacência a aproximadamente 200 m da área de vegetação nativa (**Figura 1**).

As áreas com mangueira e goiabeira irrigadas foram ocupadas com Caatinga até meados de 1995 e, após a remoção da vegetação nativa, os resíduos vegetais foram retirados da área e o solo foi preparado (aração e gradagem) para os plantios das culturas. O pH do solo foi corrigido para 5,5-6,0 com aplicação de calcário dolomítico. A correção da acidez do solo foi realizada, quando necessária, nos sucessivos ciclos de produção.

A mangueira cv. Tommy Atkins foi plantada no espaçamento de 10 x 5 m e a goiabeira cv. Paluma no espaçamento de 5 x 5 m em cova com 0,80 x 0,80 x 0,80 m, com aplicação de 20 L planta⁻¹ de esterco caprino e fertilização de plantio (N, P, K), de acordo com a análise de solo. Para as duas culturas, a fertilização foi realizada por fertirrigação, considerando os teores de nutrientes determinados na análise de solo realizada a cada ciclo de produção e de acordo com a demanda da planta. Além disso, 20 L planta⁻¹ de esterco caprino foram acrescentados anualmente na linha de plantio (projeção da copa). O sistema de irrigação em ambas as culturas foi do tipo localizado por meio de microaspersão (um aspersor por planta) com vazão de 35 L hora⁻¹. A água uti-

lizada para a irrigação é proveniente do Rio São Francisco apresentando valores médios de condutividade elétrica de 0,106 dS m⁻¹, Na⁺ = 0,586 mmol_c L⁻¹, Ca + Mg = 0,120 mmol_c L⁻¹, e razão de absorção de sódio = 2,390 (mmol_c L⁻¹), sendo classificada como de baixo risco de salinização (C1) e sodificação (S1), conforme Ayers & Westcot (1985).

A linha e entrelinha de plantio sempre foram mantidas livres de plantas invasoras através da capina manual e mecânica, respectivamente. Após a colheita, as plantas foram podadas anualmente, deixando os restos de poda na linha de plantio.

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo em duas profundidades (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m), sendo estabelecidos 10 pontos georreferenciados de coleta em cada tipo de uso e distribuídos aleatoriamente dentro das áreas demarcadas (**Figura 1**). Em cada ponto foram realizadas coletas de três subamostras deformadas (amostras simples) para compor uma amostra composta (ponto georreferenciado), nas camadas estudadas. Nas áreas de mangueira e goiabeira, a coleta foi realizada na região de projeção da copa das árvores, já na área da Caatinga uma subamostra foi coletada no ponto georreferenciado e duas outras em um raio de um metro deste ponto (**Figura 1**). As amostras indeformadas seguiram o mesmo esquema amostral, diferenciando-se por ter sido coletada uma amostra por ponto.

Esquema de coleta nas áreas de mangueira e goiabeira



Esquema de coleta na área de Caatinga



Figura 1. Esquema amostral nas áreas de mangueira, goiabeira e vegetação nativa (Caatinga).

Figure 1. Sample scheme of the mango, guava and native vegetation (Caatinga) areas.

As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar e determinação da granulometria do solo pelo método da pipeta e a densidade de partícula (DP) pelo método do balão volumétrico (Flint & Flint, 2002). A partir das amostras indeformadas foram determinadas a densidade do solo (Ds) e a porosidade total (PT) segundo metodologia proposta por Flint & Flint (2002). Os valores de macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi) foram estimados conforme equações (Eq. 1 e 2) propostas por Stolf *et al.* (2011).

$$Ma = 0,650 - 1,341 Ds/DP + 0,321 \text{ Areia} \quad (1)$$

$$Mi = 0,350 + 0,341 Ds/DP - 0,321 \text{ Areia} \quad (2)$$

Em que Areia é o teor de areia em kg kg⁻¹.

Após a análise granulométrica foi observado que na camada 0,10-0,20 m de profundidade o teor de argila do solo sob goiabeira era 50% menor do que o encontrado nos solos sob caatinga e mangueira. Para esta camada a classe textural do solo sob goiabeira foi classificada como franco arenosa, enquanto que para os solos sob caatinga e mangueira franco argilo arenosa conforme triângulo textural. Nestas condições, o uso do valor absoluto da densidade do solo (Ds) poderia não ser eficiente para comparar os sistemas de uso, já que solos com classes texturais diferentes apresentam valores distintos de Ds (**Tabela 1**), não sendo adequada desta forma a comparação entre sistemas de uso do solo. Isto porque os diferentes valores encontrados podem estar relacionados com a textura e não com o manejo realizado na área. Portanto, optou se por usar os índices de

Tabela 1. Valores médios das frações granulométricas, densidade de partículas (DP), Densidade do solo (DS), Porosidade Total (PT), Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi), Densidade Máxima do Solo (DMS) e Densidade Limite do Solo (DLS) sob Caatinga, mangueira irrigada e goiabeira irrigada nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade

Table 1. Mean values of granulometric fractions, particle density (PD), bulk density (BD), total porosity (TP), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), maximum soil bulk density (MBD), soil limit density (SLD) under Caatinga, irrigated mango and guava at the layers of 0,00-0,10 and 0,10-0,20 m depth

	Caatinga	Goiabeira	Mangueira
	0,00-0,10 m		
Areia (g g ⁻¹)	0,69	0,79	0,68
Silte (g g ⁻¹)	0,14	0,10	0,14
Argila (g g ⁻¹)	0,17	0,11	0,18
DP (g g ⁻¹)	2,42	2,49	2,38
Ds (g cm ⁻³)	1,48	1,63	1,37
Ma (cm ³ cm ⁻³)	0,15	0,10	0,20
Mi (cm ³ cm ⁻³)	0,31	0,30	0,30
DMS (g cm ⁻³)	1,84	1,88	1,83
DLS (g cm ⁻³)	1,59	1,64	1,58
0,10-0,20 m			
Areia (g g ⁻¹)	0,65	0,80	0,62
Silte (g g ⁻¹)	0,11	0,08	0,14
Argila (g g ⁻¹)	0,24	0,12	0,24
DP (g g ⁻¹)	2,46	2,39	2,44
Ds (g cm ⁻³)	1,46	1,73	1,55
Ma (cm ³ cm ⁻³)	0,16	0,05	0,11
Mi (cm ³ cm ⁻³)	0,32	0,31	0,34
DMS (g cm ⁻³)	1,82	1,89	1,80
DLS (g cm ⁻³)	1,58	1,64	1,56

compactação: Densidade Relativa do Solo (DRS) e Risco de Compactação do solo (RCS) conforme recomendado por Stolf *et al.* (2011). Esses índices levam em consideração a densidade máxima do solo (DMS), que àquela onde os macroporos correspondem a 0% dos poros e a densidade limite do solo (DLS), que é àquela onde os macroporos correspondem a 10% dos poros sendo obtidos pelo teor de areia conforme Stolf *et al.* (2011). Desta forma, é possível contornar o problema das diferentes texturas, podendo comparar sistemas de manejo, mesmo em solos de classes texturais divergentes. A DMS, DLS, DRS e RCS foram calculados conforme equações abaixo:

$$\text{DMS} = 1,490 + 0,456 \text{ Areia} \quad (3)$$

$$\text{DLS} = 1,275 + 0,456 \text{ Areia} \quad (4)$$

$$\text{DRS} = \text{Ds}/\text{DMS} \quad (5)$$

$$\text{RCS} = \text{Ds}/\text{DLS} \quad (6)$$

Em que Areia é o teor de areia em kg kg^{-1} .

As variáveis estudadas foram submetidas ao teste de normalidade e homogeneidade de variâncias e as médias comparadas em pares de uso (Caatinga vs Goiabeira, Caatinga vs Mangueira e Goiabeira vs Mangueira) pelo teste t a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista que as áreas estudadas apresentam composição granulométrica diferenciada, principalmente, no solo sob goiabeira na camada de 0,10 – 0,20 m de profundidade que apresentou classe textural diferente dos dois demais sistemas de uso, os valores absolutos dos atributos Densidade de partículas (DP) e Densidade do solo (Ds) (**Tabela 1**) não foram considerados apropriados para realizar a comparação entre os diferentes usos do solo. Libardi (2005) enfatiza a influência da textura na Ds afirmando que solos com maiores proporções de areia apresentam densidade superior em relação a solos com maiores proporções de argila. Solos arenosos, apesar de, geralmente, apresentarem macroporosidade maior do que solos argilosos possuem porosidade total menor, tendo em vista a menor quantidade de microporos intra-agregados. Todavia, essa condição pode ser alterada caso a compactação do solo seja advinda de práticas agrícolas, como foi observado no presente trabalho, em que o sistema de uso com goiabeira irrigada apresentou menor macroporosidade, observada por meio da densidade relativa do solo (DRS) e do risco de compactação do solo (RCS) (**Tabela 2**) do que os demais sistemas, mesmo com um maior teor de areia.

Tabela 2. Densidade relativa do solo (DRS) e risco de compactação do solo (RCS) sob Caatinga, mangueira irrigada e goiabeira irrigada nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade

Table 2. Relative bulk density (RBD) and soil compaction risk (RCS) under Caatinga, irrigated mango and guava at the layers of 0,00-0,10 and 0,10-0,20 m depth

Uso do solo	DRS	RCS	
		0,00-0,10 m	
Caatinga	0,81 b	0,93 b	
Goiabeira	0,87 a	0,99 a	
Caatinga	0,81 a	0,93 a	
Mangueira	0,75 b	0,87 b	
Goiabeira	0,87 a	0,99 a	
Mangueira	0,75 b	0,87 b	
		0,10-0,20 m	
Caatinga	0,80 b	0,93 b	
Goiabeira	0,92 a	1,05 a	
Caatinga	0,80 b	0,93 b	
Mangueira	0,86 a	0,99 a	
Goiabeira	0,92 a	1,05 a	
Mangueira	0,86 b	0,99 b	

Médias seguidas pela mesma letra, entre os usos, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Assim, esses atributos (Densidade do solo e Densidade de partículas) são úteis para estimar as variáveis: macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), densidade máxima do solo (DMS) e densidade limite do solo (DLS) (**Tabela 1**), e calcular os índices densidade relativa do solo (DRS) e risco de compactação do solo (RCS) (**Tabela 2**).

Com relação aos índices DRS e RCS, na camada 0,00-0,10 m, a Caatinga apresentou os menores valores quando comparada a goiabeira e, maiores valores quando comparada a mangueira (**Tabela 2**). Nesta mesma camada de solo, o cultivo da mangueira permitiu menores valores de DRS e RCS em relação ao de goiabeira. A camada de solo subjacente apresentou o mesmo comportamento quando analisado esses dois usos (Goiabeira vs Mangueira).

Já a vegetação nativa permitiu menores valores de DRS e RCS na profundidade de 0,10-0,20 m de solo em relação aos dois cultivos avaliados (**Tabela 2**).

Os valores de DRS e RCS são importantes para tomada de decisões de manejo mais adequadas para o melhor desenvolvimento das plantas. Nesse sentido, embora tenha havido diferenças nos valores de DRS e RCS nas comparações dos tipos de uso do solo, também é importante avaliar se os valores são limitantes para o desenvolvimento normal das plantas. Klein (2006) indica o valor de DRS igual a 0,71 como ótimo para o desenvolvimento das plantas e valores acima de 0,88 como limitantes. O cultivo da goiabeira permitiu valores de DRS próximos ao considerado limitante para o desenvolvimento das plantas tanto na camada 0,00-0,10 m quanto na camada de 0,10-0,20 m (**Tabela 2**). Em relação à mangueira, pode-se verificar resultados próximos ao ótimo para o desenvolvimento da cultura na camada 0,00-0,10 m, porém na camada 0,10-0,20 m, os valores são limitantes (**Tabela 2**). Quanto a Caatinga, foram encontrados valores intermediários nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m (**Tabela 2**). É necessário enfatizar que apesar de serem plantas com 19 anos de idade e com profundo sistema radicular, a maior parte das raízes

responsáveis pela absorção de água e nutrientes concentram-se nos primeiros 0,20 m do solo devido principalmente a prática da irrigação por microaspersão. Desta forma, a compactação nesta camada pode gerar sérios problemas para o transporte de nutrientes (difusão) e absorção de água, refletindo em menor produtividade das plantas.

Desta forma, observa-se maior necessidade de ajustes de manejo para a cultura da goiabeira. As práticas de manejo que favoreçam o aumento da macroporosidade e redução da densidade do solo são extremamente importantes para manter a qualidade do solo e a possibilidade de sustentar o bom desenvolvimento das plantas. Sendo assim, o fornecimento de nutrientes, principalmente de fósforo, possibilita, eventualmente, maior desenvolvimento do sistema radicular, ocasionando a melhoria da estrutura do solo em função do aumento da porosidade provocado pelo crescimento radicular. Essa melhoria pôde ser verificada por Rodrigues *et al.* (2016) avaliando o impacto do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida brasileira. Os autores observaram também a diminuição da densidade e do risco de compactação. A compactação provocada pelo tráfego de maquinários agrícolas nas áreas cultivadas também pode contribuir para o aumento do índice DRS (Mur & Balbuena, 2014).

As áreas cultivadas apresentaram maiores valores de RCS (próximos de 1) na camada de 0,10-0,20 m. O RCS pode aumentar em decorrência da realização de operações mecanizadas sem a observação da umidade do solo. Quanto maior a umidade, logo após a irrigação, por exemplo, maior o risco de compactação (Rodrigues *et al.*, 2016).

De maneira geral, o cultivo de mangueira irrigada melhorou a qualidade física do solo em relação à Caatinga (vegetação nativa) na camada de 0-0,10 m. No entanto, os cultivos reduziram a qualidade física do solo na camada 0,10-0,20 m. A goiabeira gerou maior impacto negativo na qualidade física do solo em ambas as profundidades estudadas.

Já o uso dos índices de DRS e RCS na comparação de sistemas de uso do solo com diferentes composições granulométricas mostrou-se eficiente na avaliação das alterações da qualidade física do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo recurso financeiro para a execução deste trabalho e bolsa de iniciação científica do primeiro autor.

BIBLIOGRAFIA

- Ampoorter, E; L Van Nevel; B De Vos; M Hermy & K Verheyen. 2010. Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. *Forest Ecol. Manag.* 260(10):1664-1676.
- Ayers, RS & DW Westcot. 1985. Water quality for irrigation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 29).
- Beutler, AN; OS Freddi; CL Leone & JF Centurion. 2008. Densidade do solo relativa e parâmetro "S" como indicadores da qualidade física para culturas anuais. *Rev. Biol. Ciênc. Terra.* 8(2):27-36.
- Flint, AL & Flint, LE. 2002 Porosity. Em: Dane, JH & GC Topp. (Ed.) *Methods of soil analysis, Part 4 - Physical methods.* Soil Science Society of America, pp.241-253. [Madison, Wisconsin, EUA]
- Klein, VA & RK, Camara. 2007. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 31:221-227.
- Klein, VA. 2006. Densidade relativa - um indicador da qualidade Física de um Latossolo Vermelho. *Rev. Ciênc. Agrovet.* 5(1):26-32.
- Klein, VA. 2014. Física do solo. Ediupf: Editora da Universidade de Passo Fundo. [Passo Fundo, Brasil, 263pp.]
- Libardi, PL. 2005. Dinâmica da água no solo. Edusp: Editora da Universidade de São Paulo. [São Paulo, Brasil, 311pp.]
- Moura, MSB; JD Galvincto; LTL Brito; LSB Souza; IIS SÁ & TGF Silva. 2007. Clima e água de chuva no Semiárido. Em: Brito, LTL; MSB Moura & GFB Gama. (Ed.). *Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro.* 1 edn. pp. 37-59. Embrapa Semiárido [Petrolina, Brasil].
- Mur, M & RH Balbuena. 2014. Compactación de un suelo argiudol típico por tráfico e nun sistema de producción de forrajes. *Cienc Suelo* 32(1):1-12.
- Reichert, JM; DJ Reinert. & JA Braida. 2003. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Cienc. Amb.* 27:29-48
- Reis, MS; AS Fernandes; C Grimaldi; T Desjardins & M Grimaldi. 2009. Características químicas dos solos de uma topossequência sob pastagem em uma frente pioneira da Amazônia Oriental. *Rev. Cienc. Agrar.* 52(3):37-47.
- Rodrigues, MS; CL Souza; D Diniz; SDP Silva; DC Alves & NS Machado. 2016. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida Brasileira. *Cienc. Suelo.* 34(1):139-144.
- SEBRAE. 2015. Mercado de Fruticultura: Panorama do setor no Brasil. *Boletim de Inteligência.*
- Stolf, R; AM Thurler; OOS Bacchi & K Reichardt. 2011. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 35:447-459.