

## IMPACTO DO CULTIVO DO COQUEIRO IRRIGADO NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA

MARCOS SALES RODRIGUES\*; CLÉRITON DE SOUZA; DEISIELE DINIZ LIMA; SHEILA DANIELLA PEREIRA DA SILVA; DAVID CASTRO ALVES & NEITON SILVA MACHADO

Recibido: 17-04-15

Recibido con revisiones: 07-10-15

Aceptado: 16-10-15

### RESUMO

A substituição das áreas de Caatinga nativa pelo cultivo de coqueiro irrigado no semiárido brasileiro pode alterar negativamente os atributos físicos do solo, podendo reduzir a sustentabilidade destes sistemas. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto da cultura do coqueiro irrigado sob alguns atributos físicos do solo na região semiárida brasileira. Foram coletadas amostras de solo com estrutura não deformada nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade em três áreas distintas: sob mata nativa (Caatinga) e sob cultivo de coco anão com três e 16 anos de idade. Nas amostras foram determinados a densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi). Os dados foram submetidos ao teste t de Student para comparação das médias. Houve aumento dos valores de Ds nas áreas cultivadas com coqueiro em relação à mata nativa. A Pt e Ma foi reduzida nas áreas cultivadas com coqueiro em comparação com a Caatinga. Portanto, de forma geral, foi observado uma redução na qualidade física do solo nas áreas cultivadas em comparação com o da mata nativa. Isto possivelmente ocorreu devido, principalmente, ao uso de implementos agrícolas nas áreas cultivadas e da prática de irrigação por sulco. A redução da qualidade física do solo foi mais pronunciada na segunda camada (20-40 cm), já que na camada de 0-20 cm este efeito é amenizado pelo crescimento radicular, principalmente, na área de coqueiro mais velha (16 anos).

**Palavras chave.** Densidade do solo, porosidade, *Cocos nucifera* L.

## IMPACT OF IRRIGATED COCONUT CROP ON SOIL PHYSICAL QUALITY IN THE SEMI-ARID REGION IN BRAZIL

### ABSTRACT

The replacement of areas of native forest by irrigated crops in the semiarid region in Brazil may negatively alter the soil physical attributes and may reduce the sustainability of these systems. Therefore, the aim of this study was to evaluate the impact of irrigated coconut crop in some soil physical attributes in the semi arid region in Brazil. Undisturbed soil samples were collected at two different depths (0-20 cm and 20-40 cm) in three distinct areas: native forest (Caatinga) and under dwarf coconut cultivation with three and 16 years of age. Soil bulk density (Bd), total porosity (Tp), macroporosity (Ma) and microporosity (Mi) were determined. Student t test to compare means was performed. It was observed an increase of Bd in the areas cultivated with coconut in relation to native forest. The Tp and Ma values was reduced in the areas planted with coconut compared to the Caatinga area. Therefore, in general, it was observed decrease in the soil physical quality from the cultivated area as compared with the native forest. This was mainly due to the use of agricultural implements in cultivated areas and the practice of furrow irrigation. The reduction of soil physical quality was more pronounced in the second depth (20-40 cm), this effect at 0-20 cm is mitigated by root growth mainly in the older coconut area (16 years of cultivation).

**Key words.** Soil bulk density, porosity, *Cocos nucifera* L.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do coqueiro tem sido introduzido em várias regiões do Brasil e as maiores plantações e produções se concentram no Nordeste Brasileiro que representa 82,28% do total da área plantada de coco e 69,25% do total de coco produzido do Brasil (Jesus Júnior *et al.*, 2013). Inserido nesse panorama está o estado da Bahia como o primeiro produtor brasileiro de coco com cerca de 4,67 mil frutos anuais, estando a região do Vale do São Francisco como um dos destaques na produção de coco (ABF, 2013).

A demanda crescente do mercado pela água de coco tem promovido uma expansão das áreas, principalmente, nos perímetros irrigados na região semiárida do nordeste brasileiro. À medida que essas áreas vão sendo incorporadas ao processo produtivo, sofrem modificações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo cuja intensidade varia com as condições de clima, tempo, natureza do solo, uso e manejos adotados como aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, tráfego de máquinas e alteração do regime hídrico nas bacias hidrográficas, entre outros (Spera *et al.*, 2004; Carneiro *et al.*, 2009; Corrêa *et al.*, 2010).

O manejo adequado dos solos cultivados é de extrema importância, a fim de manter ou alterar o mínimo possível os seus atributos, principalmente os relacionados à física do solo, mantendo-os satisfatórios ao bom desenvolvimento das culturas. A modificação destes atributos pode ocasionar problemas, tais como: compactação, redução na infiltração de água no solo, na retenção de água, na porosidade e na agregação (Pereira *et al.*, 2010). Segundo Mur & Balbuena (2014) a compactação induzida pelo tráfego de maquinários agrícolas nas áreas cultivadas pode ocasionar a redução na infiltração de água, na distribuição dos gases no solo e maior impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular, podendo gerar redução de produtividade.

Devido a estas alterações nos atributos físicos do solo no processo produtivo, é fundamental a avaliação desses atributos após a introdução de atividades de caráter antrópico. Segundo Silva *et al.* (2004) a qualidade do solo e a sua avaliação são baseadas na comparação entre o solo no estado atual, ou seja, modificado pelo cultivo, com o mesmo tipo de solo em condições naturais.

Muitos atributos físicos do solo têm sido utilizados para quantificar as alterações provocadas pelos diferentes sistemas de manejo, ou até mesmo, como indicadores de qualidade do solo (Ampoorter *et al.*, 2010). Em geral as

práticas de manejo do solo exercem maior impacto sobre os atributos físicos de solos arenosos que de solos argilosos (Ampoorter *et al.*, 2007). Dentre os diversos atributos físicos que podem ser utilizados para avaliar a ação antrópica do manejo em um solo, destaquem-se aqueles ligados à relação massa/volume, ou seja, a densidade do solo, porosidade total e distribuição do tamanho dos poros. Concordando com Baquero *et al.* (2012), a macroporosidade é um dos melhores parâmetros para detectar a degradação da estrutura do solo pelo manejo, pois afeta a difusão de oxigênio, drenagem da água e desenvolvimento do sistema radicular das plantas no perfil do solo.

Mesmo com relevância econômica da cultura do coqueiro para o Vale do São Francisco e para o Brasil, ainda são escassos na literatura estudos que avaliem as alterações causadas pela cultura nos atributos físicos do solo em áreas anteriormente ocupadas por mata nativa (Caatinga). Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto da cultura do coqueiro irrigado em alguns atributos físicos do solo na região do Vale do São Francisco, semiárido brasileiro.

## MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Juazeiro – BA (9° 17' 07.18" S, 40° 15' 46" W, 375,1 m de altitude), projeto de irrigação Maniçoba, lote 083, no perímetro irrigado do Vale do São Francisco. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo BSh', semiárido, precipitação inferior a 500 mm concentrados apenas em três a quatro meses do ano, com médias anuais de temperaturas variando entre 18,7 e 33,6 °C. O solo da área foi classificado como Argissolo Amarelo ("Xhantic Udult", Soil Survey Staff, 2014) textura arenosa com relevo plano (<3%).

As medições foram realizadas em uma área de Caatinga (vegetação típica da região semiárida brasileira), adjacente a duas áreas de coqueiro com plantas da variedade coco anão verde com idade de 3 e 16 anos, respectivamente, dispostas em espaçamento de 7,5 x 7,5 m e irrigadas duas vezes por semana via sulco permanentes, que foram construídos na ocasião da instalação do coqueiral. A água utilizada na irrigação é advinda do rio São Francisco, sendo classificada segundo critérios de Richards (1954) como C1S1, o que indica baixo risco de salinização e sodificação. Os principais tratamentos culturais se limitam a pulverizações contra doenças e pragas, principalmente, contra o ácaro-da-necrose-do-coqueiro (*Aceria guerreronis* Keifer) que são realizadas mensalmente (aproximadamente 12 vezes por ano) com um tanque de pulverização com capacidade de 2000 litros acoplado a um trator 4x2 com aproximadamente 2500 kg. São realizadas aproximadamente oito

colheitas por ano, a cada 45 dias, utilizando uma carreta com capacidade para 2000 frutos acoplada a um trator de mesma descrição técnica do trator anterior.

Foram escolhidos, ao acaso, sete pontos em cada área, constituindo as repetições e três tratamentos representados pelas diferentes áreas, de acordo com a influência do manejo, sendo elas: a área de Caatinga, que foi adotada como testemunha; área de coqueiro com três anos e área de coqueiro com 16 anos.

Utilizando um coletor de amostras indeformadas tipo Udland com anéis volumétricos de aço inoxidável com 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro (volume de aproximadamente 98 cm<sup>3</sup>), fez-se a coleta das amostras de solo na profundidade de 0-20 cm e de 20-40 cm nas três áreas. O solo das áreas se apresentava na capacidade de campo, observada visualmente pela livre drenagem da água 12 h após a irrigação e após adicionar água nos pontos localizados na Caatinga. As amostras foram coletadas na projeção da copa adotando-se uma distância de 1,5 m do estipe. Logo em seguida as amostras foram conduzidas ao laboratório de física do solo do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, Estado de Pernambuco, onde foram submetidas a saturação por 24 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas e acondicionadas dentro da câmara de Richard, modelo 1600 de 5 Bar, a 0,006 MPa correspondente à pressão suficiente para a separação do diâmetro limite entre macroporos (>50 µm) e microporos (<50 µm).

Após a retirada das amostras do extrator, estas foram pesadas para determinação do volume de macroporos. Posteriormente, foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada a 105 °C até atingir peso constante e pesadas, após este período, para obtenção do peso seco. Foram então determinadas a densidade do solo, a porosidade total (Pt) em função do conteúdo de água em saturação, bem como a macroporosidade (Ma) e a microporosidade (Mi). A densidade do solo (Ds) foi expressa em g cm<sup>-3</sup> e a macroporosidade, a microporosidade e porosidade total foram expressas em cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>.

Adicionalmente, foi coletado amostras deformadas nas três áreas nas quais foram determinadas a textura do solo pelo

o método da pipeta (Donagema *et al.*, 2011), assim como os teores de carbono orgânico do solo e matéria orgânica do solo determinados pelo método de oxidação via úmida com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988). Como não houve diferença estatística, indicando homogeneidade da área para estes atributos, estes dados foram apresentados na Tabela 1 apenas como dados descritivos da área de estudo.

Os dados foram submetidos ao teste de média T-Student com o nível de significância de 0,05 com os valores obtidos para cada tratamento sendo a estatística processada no software Sisvar 5.5 (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas áreas cultivadas com coqueiro foi observado aumento da densidade do solo (Ds) em relação à área de Caatinga nativa nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados por Dantas *et al.* (2012) em uma área de bananeira irrigada e Caatinga nativa na região semiárida sob Cambissolo arenoso ("Eutrochrept"), onde a Ds foi maior na área de bananeira em comparação com a Caatinga. O maior valor da Ds nas áreas de coqueiro ocorreu, possivelmente, devido ao trânsito de maquinário agrícola, que na cultura do coco ocorre, principalmente, pela aplicação de defensivos agrícolas e colheita do fruto. Estas operações muitas vezes são realizadas sem considerar a umidade do solo, por exemplo, logo após a irrigação, o que aumenta o risco de compactação do solo. Além disso, as constantes irrigações por sulco podem ter afetado a estrutura do solo, destruindo os agregados e reduzindo os espaços inter-agregados. Desta forma, pode ter ocorrido um rearranjo das partículas primárias do solo (areia, silte e argila), que se depositaram entre os agregados, obstruindo os macroporos, diminuindo a porosidade e, por consequência, aumentando a Ds.

A maior Ds na camada de 0-20 cm foi encontrada na área de coqueiro com três anos de cultivo, sendo estatisticamente

Tabela 1. Descrição granulométrica, carbono orgânico e matéria orgânica da área experimental, Juazeiro, Região Semiárida do Brasil.

Table 1. Particle size, organic carbon, and organic matter description of the experimental area, Juazeiro, semi arid region, Brazil.

Profundidade	Areia	Argila	Silte	CO	MO
	%				
0-20 cm	79	12	9	0,39	0,61
20-40 cm	68	21	11	0,31	0,57

CO = Carbono orgânico; MO = Matéria orgânica.

diferente da Ds da Caatinga. Contudo, não houve diferença significativa entre a área cultivada com coqueiro de 16 anos e Caatinga nativa. Isto pode ter ocorrido devido no coqueiral de 16 anos ter maior volume de raízes, ocasionando a melhoria da estrutura do solo devido ao aumento de bioporos criados pelas raízes, aumentando assim sua porosidade e reduzindo o efeito da ação de compactação advinda do manejo de maquinário e irrigação em comparação com o coqueiral de três anos.

Na camada de 20-40 cm de profundidade foi observada diferença estatística entre a Ds nas duas áreas de coqueiro e da Caatinga (Tabela 2). Isto pode ter ocorrido devido não haver revolvimento do solo e também porque o coqueiro anão, por ter um sistema radicular fasciculado, suas raízes adventícias, que são as principais produtoras de exsudatos e secreções, concentram-se nas primeiras camadas. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por Cintra *et al.* (2005), que verificaram em um Argissolo Amarelo ("Xhantic Udult") no Distrito de Irrigação Platô de Neópolis em Sergipe, que 21% das raízes das plantas de coqueiro anão concentravam-se nos primeiros 20 cm de profundidade. Desta forma, a estrutura do solo nas camadas subsuperficiais das áreas de coqueiro do presente estudo não apresentaram redução da Ds, como ocorreu na camada de 0-20 cm no coqueiral de 16 anos, pelo contrário houve um aumento da Ds na camada subsuperficial com a retirada da mata nativa. Neste caso, o efeito do manejo do solo foi mais evidenciado e as cargas advindas do uso do maquinário agrícola recebidas aumentaram consi-

deravelmente a Ds na camada de 20-40 cm em comparação com a densidade no solo em seu estado natural. O maior valor de Ds na área de caatinga na camada de 20-40 cm em relação à camada de 0-20 cm pode estar relacionada com a prática de irrigação, que ocasiona a migração de partículas primárias do solo da profundidade de 0-20 cm para a de 20-40 cm, obstruindo os macroporos e aumentando a Ds.

Os valores de Ds na área de caatinga nas duas camadas ficaram abaixo do intervalo crítico ( $< 1,70 \text{ g cm}^{-3}$ ) para o crescimento de raízes para solos arenosos propostos por Reichert *et al.* (2003), enquanto que nas áreas cultivadas com coqueiro estes valores estão dentro do intervalo crítico ( $> 1,70 \text{ g cm}^{-3}$ ), com exceção do solo cultivado com coqueiro com 16 anos na camada de 0-20 cm. Estes resultados indicam que pode haver problemas no desenvolvimento das raízes das plantas de coco nas áreas cultivadas.

Semelhantemente aos valores de Ds, a porosidade total do solo (Pt) foi alterada com o cultivo de coqueiro em relação ao solo em área de Caatinga nativa, sendo os valores de Pt reduzidos nas áreas cultivadas. Contudo, os valores de Pt não foram significativamente diferentes entre o solo sob coqueiro de 16 anos e Caatinga nativa na camada de 0-20 cm. Isto deve ter ocorrido, como descrito anteriormente, devido ao crescimento do sistema radicular no solo sob coqueiro de 16 anos o que ocasionou adequada estruturação dos agregados do solo. Os menores valores de

Tabela 2. Densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi) de um Argissolo Amarelo ("Xhantic Udult") sob sistemas de manejo em Juazeiro, Região Semiárida do Brasil.

Table 2. Bulk density (Ds), total porosity (Pt), macroporosity (Ma) and microporosity (Mi) in an Xhantic Udult under management systems in Juazeiro, semi arid region, Brazil.

Sistemas de manejo	DS	Pt	Ma	Mi
	$\text{g cm}^{-3}$		$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	
0 - 20 cm de profundidade				
Coqueiral de 16 anos de cultivo	1,56 ab	0,39 a	0,23 a	0,16 a
Coqueiral de 3 anos de cultivo	1,73 b	0,31 b	0,17 a	0,14 a
Solo de vegetação Caatinga	1,46 a	0,42 a	0,33 b	0,09 b
20 - 40 cm de profundidade				
Coqueiral de 16 anos de cultivo	1,95 a	0,28 a	0,07 a	0,21 a
Coqueiral de 3 anos de cultivo	1,90 a	0,26 a	0,07 a	0,19 a
Solo de vegetação Caatinga	1,61 b	0,35 b	0,23 b	0,12 b

Médias para cada profundidade seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste T de Student a 5% de probabilidade.

Pt foram encontrados no solo sob coqueiro de três anos de cultivo, pois a ação do manejo das máquinas agrícolas e da prática de irrigação por sulcos ocasionou a redução da Pt.

Da mesma forma da Ds, na camada de 20-40 cm houve redução significativa da Pt nas duas áreas de coqueiro em relação aos valores obtidos na Caatinga nativa. Dantas *et al.* (2012), que observaram redução da Pt da área cultivada com bananeira irrigada em relação à área nativa, contudo, esta diferença não foi significativa. Semelhantemente em trabalho realizado por Corrêa *et al.* (2010) que estudou o efeito dos sistemas de manejo nos atributos físicos do solo em solos arenosos no semiárido Pernambucano, verificaram que não houve diferença significativa nos valores de Pt entre uma área de fruticultura irrigada e a Caatinga nativa nas profundidades de 0-10 cm e 1-30 cm.

A macroporosidade nas áreas cultivadas com coqueiro foi menor que à encontrada no solo em seu estado natural (Caatinga) nas duas camadas estudadas. Estes resultados estão em concordância com os encontrados por Baquero *et al.* (2012) que observaram redução da macroporosidade em uma área de cana-de-açúcar sob Latossolo Vermelho ("Rhodic hapludox") em comparação com a floresta nativa. Estes resultados evidenciam que os poros com diâmetro maior que 0,05 mm são os mais afetados negativamente com o cultivo, isto devido ao efeito de compactação do solo pelos implementos agrícolas utilizados no manejo do coqueiral e pela prática de irrigação por sulco. Apesar disso, os valores da macroporosidade estão adequados na camada de 0-10 cm, pois é recomendável que sejam superiores a  $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (10% de macroposidade) para que a planta possa obter oxigenação das raízes conforme aponta Lima *et al.* (2012). Já na camada de 20-40 cm, os valores nas áreas cultivadas foram inferiores a  $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , o que pode ocasionar problemas para o fornecimento de oxigênio e crescimento das raízes.

Os valores de microporosidade (Mi) foram maiores nas duas áreas cultivadas com coqueiro em comparação com os valores encontrados na área de Caatinga. Isto ocorreu devido à compactação nestas áreas que reduziu a macroporosidade, o que ocasionou diminuição do tamanho dos poros.

De forma geral, o cultivo da cultura do coqueiro em áreas do semiárido brasileiro reduziu a qualidade física do solo em comparação com a mata nativa, principalmente relacionado com a compactação do solo. Esta é uma importante informação para o produtor de coco desta região, pois, a continuidade do processo de compactação pode ocasionar redução na produtividade da cultura devido à dimi-

nuição da infiltração de água no solo, aumento do risco de salinidade em superfície, diminuição da disponibilidade de nutrientes e redução da oxigenação para as raízes. Portanto, práticas de manejo que possibilitem a minimização do problema pode permitir a continuidade da sustentabilidade produtiva da área, tais como: manejo adequado da irrigação e a entrada de maquinário agrícola na umidade adequada. O cultivo de plantas de cobertura nas linhas e entrelinhas também pode ser uma prática eficiente para melhorar a qualidade física do solo como argumenta Vidhana-Arachchi & Liyanage (1997) que observaram melhoria na qualidade física do solo cultivando leguminosas consorciadas com a cultura do coqueiro sob um "Xhantic Udult" no Sri Lanka.

## CONCLUSÕES

O cultivo do coqueiro irrigado alterou negativamente os atributos físicos do solo em relação àqueles observados em solo sob Caatinga Nativa.

As práticas de manejo na cultura do coqueiro gerou compactação do solo, aumentando a densidade do solo e reduzindo a porosidade total e macroporosidade do solo.

## 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.
- Ampoorter, E; R Goris; WM Cornelis & K Verheyen. 2007. Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. *Forest Ecol. Manag.* 241(1-3): 162-174.
- Anuário Brasileiro da Fruticultura - ABF (eds). 2013. Anuário Brasileiro da Fruticultura. Gazeta Santa Cruz: Santa Cruz do Sul, Brasil. 136 pp.
- Baquero, JE; R Ralisch; CC Medina; J Tavares Filho & MF Guimarães. 2012. Soil physical properties and sugarcane root growth in a red oxisol. *Rev Bras Cienc Solo* 36(1): 63-70.
- Carneiro, MAC; ED Souza; EF Reis; HS Pereira & WC Azevedo. 2009. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Rev Bras Cienc Solo* 33(1):147-157.
- Cintra, FLD; JC Portela; LC Nogueira & B Gornat (eds). 2005. Distribuição de raízes de coqueiro anão verde sob sistemas de irrigação localizada em solo dos tabuleiros costeiros. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, Brasil. 15 pp.
- Corrêa, RM; MBDS Freire; RLC Ferreira; JAA Silva; LGM Pessoa; MA Miranda & DVM Melo. 2010. Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 14(4): 358-365.

- Dantas, JDAN; TS Oliveira; ES Mendonça & CP Assis. 2012. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE1. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16(1): 18-26.
- Donagema, GK; DVB Campos; SB Calderano; WG Teixeira & JHM Viana. 2011. (2ed.). Manual de Métodos de Análise de Solo. Embrapa Solos.
- Ferreira, DF. 2008. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium* 6(2): 36-41.
- Jesus Júnior, LA; AC Tommasi; AM Oliveira Júnior & SL Russo. 2013. Análise da produção de coco no estado de Sergipe frente ao crescimento da cultura no nordeste e no Brasil. *Revista Geintec*, 3: 400-408.
- Lima, CLR; ECC Miola; LC Timm; EA Pauletto & AP Silva. 2012. Soil compressibility and least limiting water range of a constructed soil under cover crops after coal mining in Southern Brazil. *Soil Till Res.* 124: 190-195.
- Mur, M & RH Balbuena. 2014. Compactación de un suelo argiudol típico por tráfico en un sistema de producción de forrajes. *Cienc Suelo* 32(1): 1-12.
- Pereira Jr, EB; OM Hafle; EM Gomes; MEL Andrade; LG Santos & FI Delfino. 2010. Avaliação dos atributos físicos do solo submetido à práticas de manejo, em agroecossistemas do Semiárido. *Revista ACTA Tecnológica-Revista Científica* 5: 43-51.
- Reichert, JM; DJ T Reiner & JA Braidá. 2003. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Revista Ciência Ambiental* 27: 29-48.
- Richards, LA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA. (ed). Washington D.C. 160p.
- Silva, VR; MJ Reichert & JD Reinert. 2004. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em Plantio direto. *Cienc Rural* 34(2): 399-406.
- Soil Survey Staff. 2014. Soil Survey Manual. 12th Edition. U.S. Dept. Agricultural. US Govern. Printing Office Washington D.C. 360 pp.
- Spera, ST; HP Santos; RS Fontaneli & Gotomm. 2004. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Rev Bras Cienc Solo* 28(3): 533-542.
- Yeomans, JC & JM Bremner. 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun Soil Sci Plan* 19(13): 1467-1476.
- Vidhana-Arachchi, LP & MS Liyanage. 1997. Soil physical conditions and root growth in coconut plantations interplanted with nitrogen fixing trees in Sri Lanka. *Agroforest Syst.* 39: 305-318.