

**ESTOQUE DE CARBONO, DENSIDADE, POROSIDADE E NEMATOFUNA DO
SOLO EM ÁREAS COM E SEM APLICAÇÃO DE VINHAÇA**

Ivis Andrei Campos e Silva¹, Elvira Maria Régis Pedrosa², Thais Fernanda Da Silva Vicente³,
Elves Obede dos Santos Nunves⁴, Larissa Gabrielle Lino de Andrade⁵, Bruno Leonardo
Mendes⁶

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o estoque de carbono, a nematofauna e algumas propriedades físicas do solo de duas áreas cultivadas com cana-de-açúcar com diferentes manejos (sem e com aplicação de vinhaça). Desta forma, foram analisados a umidade, densidade do solo, porosidade total, estoque de carbono e os fitonematoides do solo das duas áreas. Amostras de solo foram coletadas em quatro pontos de amostragem nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, em cada área, totalizando 32 amostras. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. Não ocorreu variação significativa da umidade do solo no experimento, como também, não houve interação entre manejo e profundidade do solo para todas as variáveis estudadas. Entre os fitonematoides, *Helicotylenchus* mostrou-se significativamente sensível à aplicação da vinhaça. Ao contrário da porosidade total que foi 13% maior na área com aplicação da vinhaça, a densidade do solo, o estoque de carbono e o nível populacional de *Helicotylenchus* foram significativamente menores na área com aplicação da vinhaça, 7, 51 e 84%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: aproveitamento de resíduo, qualidade do solo, *Saccharum spp.*

**CARBON STOCK, SOIL DENSITY, POROSITY AND NEMATODE COMMUNITY
IN REAS WITH AND WITHOUT APPLICATION OF VINASSE**

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52171-900, Recife, PE. Fone: (83)99861-0534. E-mail: ivisandrei@gmail.com

² Profª. Doutora, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

³ Pós Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

⁵ Mestranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

⁶ Doutorando em Fitopatologia, Departamento de Fitopatologia, UFRPE, Recife, PE

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate carbon stock, nematode community, and some soil physical properties of two areas cultivated with sugarcane under different managements (without and with application of vinasse). Thus, soil moisture, bulk density, total porosity, carbon stock and plant parasitic nematodes were assessed. Soil samples were collected in four sampling points at 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm depths, totaling 32 samples per area. Data were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% probability. Soil moisture did not significantly vary within the experiment, neither was significant the interaction between soil depths and managements for any studied variable. Within the plant-parasitic nematodes, *Helicotylenchus* was significantly sensitive to the vinasse application. In contrast to total porosity that was 13% higher; soil bulk density, carbon stock and *Helicotylenchus* populational level were significantly lower in the area with vinasse, 7, 51 and 84%, respectively.

KEYWORDS: residue use, *Saccharum* spp., soil quality

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é considerada uma das culturas agrícolas de maior destaque no agronegócio brasileiro. No Brasil, a estimativa é que sejam colhidos 592 milhões de toneladas na safra 2021/2022. Estima-se que, a área de cana a ser colhida na região Norte/Nordeste seja de 53.254 mil toneladas (CONAB, 2021).

A vinhaça, um dos resíduos gerados pela agroindústria sucroalcooleira, tem sido utilizada nas regiões produtoras de cana-de-açúcar, promovendo a melhoria da fertilidade do solo, ao fornecer macro e micronutrientes, aumentando os teores de matéria orgânica e preservando os teores de carbono no solo, proporcionando, assim, melhor desenvolvimento da cultura e maiores produções (BARROS et al., 2010; BARROS et al., 2013; TAVEIRA, et al., 2020).

Determinados sistemas de manejo podem resultar em alterações na preservação da matéria orgânica e do equilíbrio físico e biológico do solo, podendo ser favoráveis ou não, para a conservação do solo e produção agrícola. Dessa forma, é essencial que sejam escolhidos sistemas que promovam a capacidade produtora e a conservação das propriedades do solo (ROZANE et al., 2010).

O emprego de matéria orgânica pode ser eficiente para o controle de fitonematoides, diante disso, a vinhaça demonstra elevado potencial como alternativa de manejo, em razão da grande quantidade de matéria orgânica presente em sua composição. Os atributos físicos do solo também apresentam uma grande importância para a sobrevivência dos nematoides.

Qualquer alteração que afete a composição ou propriedades fisiológicas das plantas, causada por alterações nas propriedades do solo, pode ser capaz de modificar a diversidade de espécies (CAIXETA et al., 2011). Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o estoque de carbono, a nematofauna e algumas propriedades físicas do solo de duas áreas cultivadas com cana-de-açúcar com e sem aplicação de vinhaça.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município Sirinhaém – PE, em duas áreas cultivadas com cana-de-açúcar situadas no litoral Sul do Estado de Pernambuco, na usina Trapiche S. A. Área sem vinhaça (SV) estava localizada entre as coordenadas 08°34'57,41”S e 35°06'11,53” W e, área com aplicação de vinhaça (CV), há cinco anos, nas coordenadas 08°35'29” S e 35°6'20,98” W. A variedade de cana-de-açúcar cultivada nas duas áreas era a B8008 (Figura 1). O clima da região é tropical úmido do tipo As´ ou pseudotropical, de acordo com a classificação climática de Köppen, que se caracteriza por ser quente e úmido, com chuvas de outono a inverno, com temperaturas médias anuais variando em torno de 24°C.

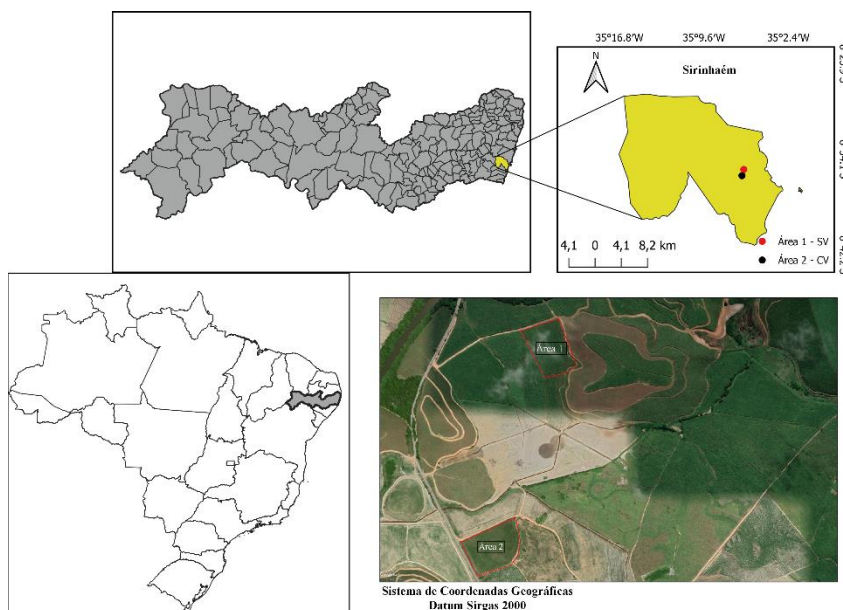


Figura 1. Delimitação das áreas de estudo, sem (Área 1 - SV) e com aplicação (Área 2 - CV) de vinhaça, localizada no Município Sirinhaém - PE.

Em cada área foi demarcado um quadrado de 10 m² e as amostras coletadas nos vértices de cada quadrado nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, totalizando 32 amostras. Estas, foram retiradas com auxílio de um trado de amostra indeformada para as análises físicas. Para as análises nematológicas, foram retiradas amostras com aproximadamente 300 cm³ de solo com auxílio de cavador nas profundidades já descritas. Também foi realizado uma

amostragem composta, de cada uma das áreas, para caracterização física e química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização física e química do solo das áreas estuadas.

Areia	Silte g kg ⁻¹	Argila	MO (%)	pH _{H2O}	Classificação textural
Área sem vinhaça					
507,1	101,5	391,4	15,37	5,32	Argilo-arenosa
Área com vinhaça					
442,9	223,5	333,6	9,7	5,23	Franco argilo-arenosa

MO: Matéria orgânica.

Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos e o Laboratório de Fitonematologia, ambos pertencentes a Universidade Federal Rural de Pernambuco para as análises físicas, químicas e nematológicas.

Foram determinadas a umidade, densidade do solo e porosidade total, ambas as análises seguindo metodologia proposta pela Embrapa (1997) e, o estoque de carbono do solo, calculado pela expressão a seguir (VELDKAMP, 1994).

$$Est\ C = \frac{(CO \times Ds \times e)}{10} \quad (1)$$

Em que: Est C = estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha⁻¹); CO = teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g kg⁻¹); Ds = densidade do solo da profundidade (kg dm⁻³); e = espessura da camada considerada (cm).

Para as análises nematológicas, os nematoides foram extraídos de alíquotas de 300 cm³ de solo por amostra pelo método da flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964). A estimativa populacional dos parasitos de plantas foi obtida através da contagem em lâmina de Peters, com auxílio de microscópio óptico, realizando-se duas leituras por amostra, e os resultados expressos em número de espécimes por 300 cm³ de solo. Os nematoides parasitos de plantas foram identificados ao nível de gênero segundo a chave de Mai et al. (1996).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, quando necessário, comparadas pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. Além disso, foi determinado o grau de correlação linear simples entre os pares de dados obtidos pelo coeficiente de correlação de Pearson à 5% de probabilidade. Para ambas as análises, foi utilizado o software R 4.1.0 (R CORE TEAM, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo do manejo da aplicação da vinhaça na densidade, porosidade total e estoque de carbono do solo. A variação da densidade e da porosidade total ao longo do

perfil do solo foi significativa. Não foi constatado efeito significativo de nenhum dos fatores para a umidade do solo, bem como, interação entre o manejo e profundidade do solo para as variáveis analisadas (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para os efeitos do manejo da aplicação da vinhaça e da profundidade do solo na umidade (U), densidade (Ds), porosidade total (Pt) e estoque de carbono (EC) em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

FV	GL	Quadrado Médio			
		U	Ds	Pt	EC
Manejo (M)	1	0,0006 ^{ns}	0,0880*	202,793*	545,92**
Profundidade (P)	3	0,0001 ^{ns}	0,0879*	89,192*	21,99 ^{ns}
M x P	3	0,0002 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	7,344 ^{ns}	11,69 ^{ns}
Resíduo	24	0,0009	0,0194	29,270	60,99
Total	31				

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; **, * e ^{ns}: significativo à $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

Com relação aos nematoides parasitos de plantas (Tabela 3), houve efeito significativo apenas do manejo da aplicação da vinhaça para a comunidade de *Helicotylenchus*. Não houve interação entre o manejo da aplicação da vinhaça e a profundidade do solo para nenhum dos gêneros analisados.

Tabela 3. Análise de variância para os efeitos do manejo da aplicação da vinhaça e da profundidade do solo na comunidade de *Meloidogyne* (Melo), *Pratylenchus* (Praty), *Helicotylenchus* (Heli), *Trichodorus* (Tricho) e *Criconemoides* (Crico) em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

FV	GL	Quadrado Médio				
		Melo	Praty	Heli	Tricho	Crico
Manejo (M)	1	60,50 ^{ns}	3300,8 ^{ns}	3081,13*	24,50 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Profundidade (P)	3	146,46 ^{ns}	4835,5 ^{ns}	234,17 ^{ns}	92,21 ^{ns}	4,02 ^{ns}
M x P	3	67,50 ^{ns}	840,1 ^{ns}	230,12 ^{ns}	39,75 ^{ns}	8,63 ^{ns}
Resíduo	24	81,44	2195,0	722,00	50,27	7,22
Total	31					

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; **, * e ^{ns}: significativo à $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

Os valores da densidade do solo, estoque de carbono e comunidade de *Helicotylenchus* na área com aplicação da vinhaça foram 7, 51 e 84% menores, quando comparados a área sem aplicação da vinhaça, diferindo estatisticamente. Por outro lado, a porosidade total foi 13% maior na área com aplicação da vinhaça (Figura 2).

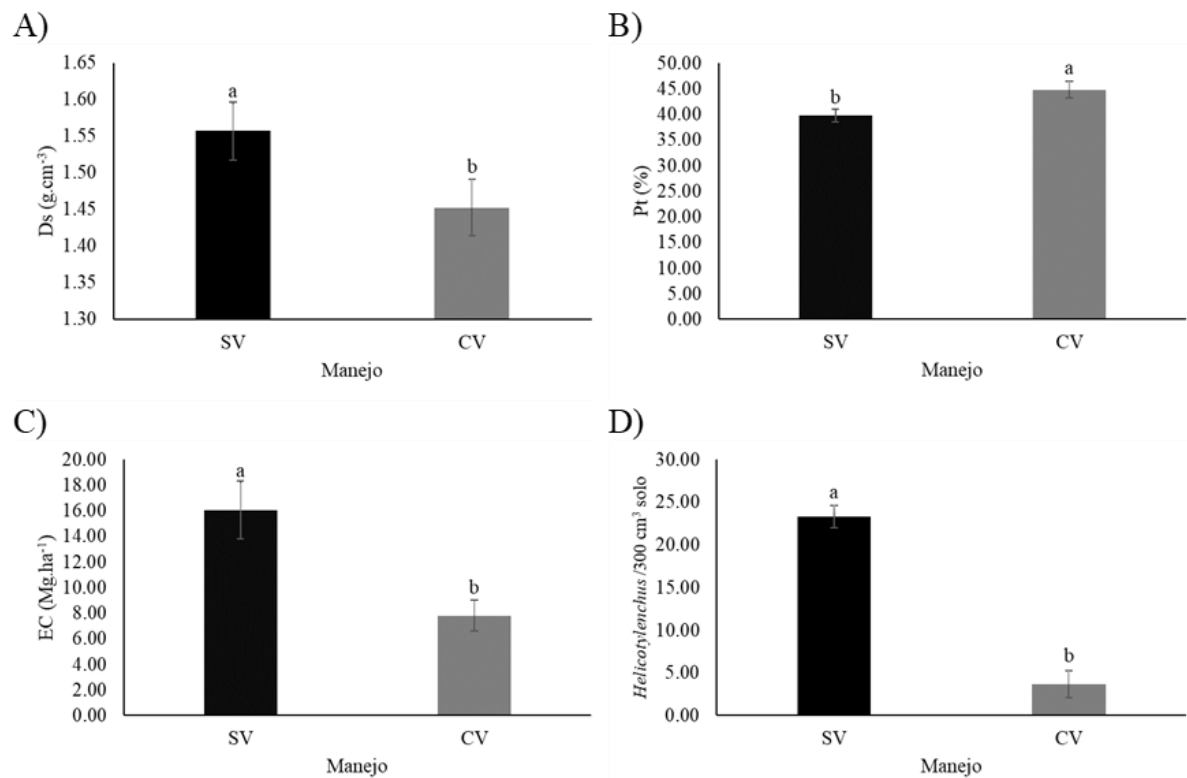


Figura 2. Teste de médias para a densidade (A), porosidade total (B), estoque de carbono (C) e comunidade de *Helicotylenchus* (D) do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sem (SV) e com (CV) aplicação de vinhaça.

Analisando as camadas do perfil de solo, a maior média da densidade do solo foi observada na profundidade de 30 - 40 cm, correspondendo a 1,64 g.cm⁻³, diferindo estatisticamente da camada superior (0 - 10 cm), em que foi encontrado a menor densidade do solo de 1,38 g.cm⁻³. Inversamente, a maior porosidade do solo foi encontrada na camada de 0 - 10 cm (46,6%), diferindo da camada mais inferior do solo (30 - 40 cm) com menor porosidade total (38,7%), refletindo a diferença significativa encontrada na densidade do solo (Figura 3).

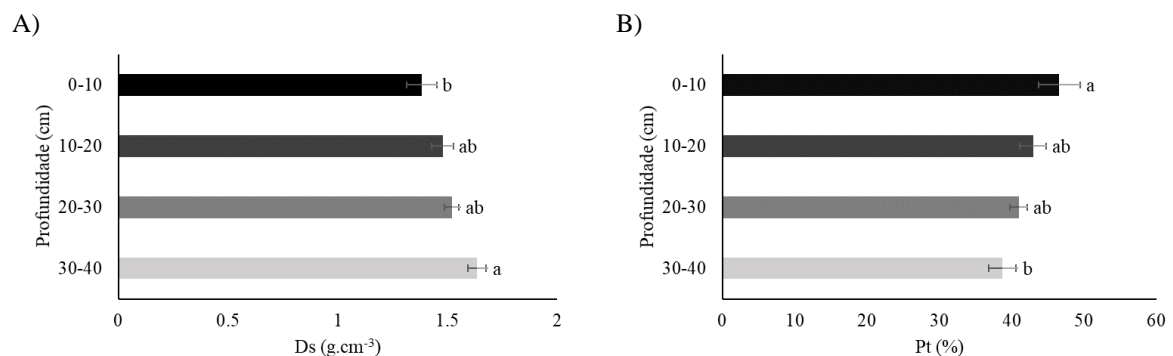


Figura 3. Densidade (A) e porosidade total (B) nas camadas dos solos de áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Tukey (0.05<p).

De maneira geral, as propriedades físicas do solo correlacionaram-se entre si em ambas as áreas estudadas (Figura 4). Analisando as correlações envolvendo os fitonematoides, na área cultivada sem adição de vinhaça (Figura 4A), a comunidade de *Trichodorus* se correlacionou

com a umidade (negativamente) e com a densidade do solo, além disso, houve correlação entre *Helicotylenchus* e o estoque de carbono do solo. Já na área com adição de vinhaça (Figura 4B), o número de correlações envolvendo os fitonematoides foi menor. Houve correlações positivas entre *Pratylenchus* spp. e a porosidade total do solo e entre *Helicotylenchus* e *Meloidogyne*. Em ambas as áreas não foi observado correlações significativas *Criconemoides*.

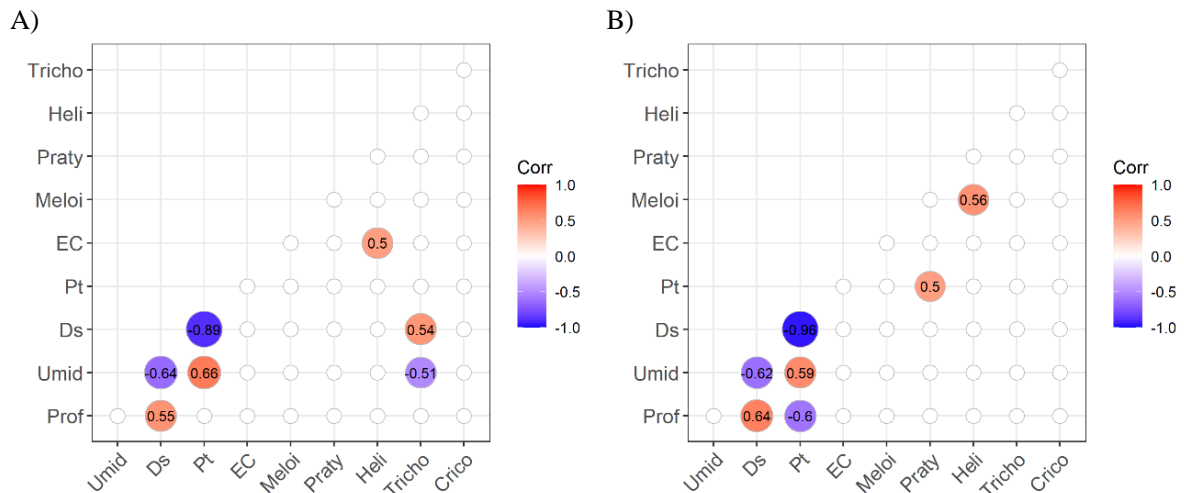


Figura 4. Coeficientes de correlação das propriedades físicas, estoque de carbono e fitonematoides do solo, em área sem (A) e com (B) aplicação de vinhaça.

Os maiores valores da densidade e, conseqüentemente, os menores valores da porosidade total, nas camadas mais profundas do solo indicam que as atividades de cultivo estão atingindo essas áreas. Corroborando, Silva et al. (2005) relataram menor densidade do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar irrigada com vinhaça quando comparado a outros sistemas de manejo. Dos Santos et al. (2017), analisando alterações nas propriedades físicas do solo após fertirrigação com vinhaça em área cultivada com cana-de-açúcar, concluíram que, a densidade do solo foi significativamente menor na camada de 0 - 10 cm, além de redução da porosidade do solo a partir da camada de 20 cm.

Ao contrário do resultado encontrado nessa pesquisa, Barros et al. (2013), observaram reduções no estoque de carbono do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar com e sem aplicação de vinhaça, entretanto, não sendo essa diferença significativa. Similar, Canellas et al. (2007), analisando o estoque e qualidade da matéria orgânica de solo cultivado com cana-de-açúcar por longo período (55 anos) não encontraram diferenças significativas para o estoque de carbono comparando os manejos da lavou sem e com aplicação de vinhaça na profundidade de 20-40 cm.

Matos et al. (2011) avaliando as relações entre a nematofauna e atributos químicos do solo cultivado com cana-de-açúcar com aplicação de vinhaça, relataram redução do número de fitonematoides em áreas irrigadas com vinhaça em relação a áreas não irrigadas. Similar aos

resultados encontrados nesse estudo, Miranda et al. (2012) relataram redução na abundância de *Helicotylenchus* entre avaliações realizadas antes e 10 dias após aplicação da vinhaça em área cultivada com cana-de-açúcar.

Os resultados encontrados nesse estudo, os descritos por Matos et al. (2011), Miranda et al. (2012), além de outros citados na literatura mostram o efeito supressivo que a vinhaça exerce sobre os nematoides parasitos de plantas. Rodríguez-kábana (1986) explica que, a decomposição da matéria orgânica por bactérias e fungos originam ácidos orgânicos que conseguem ultrapassar a cutícula dos nematoides provocando a morte dos nematoides parasitos de plantas.

CONCLUSÕES

O sistema de manejo da cana-de-açúcar com adição de vinhaça favoreceu a redução do estoque de carbono e da densidade do solo, com aumento da porosidade total. Com relação aos nematoides parasitos de planta presentes no solo, apenas a comunidade de *Helicotylenchus* mostrou-se significativamente sensível à aplicação da vinhaça. A umidade do solo não foi afetada pelos diferentes manejos e ao longo do perfil do solo.

REFERÊNCIAS

BARROS, J. D. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; FARIAS, C. H. A.; PEREIRA, W. E. Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de manejo do solo, nos tabuleiros costeiros paraibanos. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 35-42, 2013.

BARROS, R. P.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L. D.; SOUZA, R. M. D.; BARBOSA, L. T.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. V.; MELO, A. S. D. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2010.

CAIXETA, L. B.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. P.; BARROS, P. A.; ROLIM, M. M. Variações no solo e nematofauna após o corte de cana-de-açúcar e aplicação de vinhaça. **Nematropica**. v. 41, n. 2, p. 271-280, 2011.

CANELLAS, L. P.; BALDOTTO, M. A.; BUSATO, J. G.; MARCIANO, C. R.; MENEZES, S. C.; DA SILVA, N. M.; RUMJANEK, V. M.; VELLOSO, A. C. X.; SIMÕES, M. L.;

- MARTIN-NETO, L. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 331-340, 2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira – Cana-de-açúcar**, v.8 - Safra 2021/22, n.2 - Segundo levantamento, p. 1-63, 2021.
- SANTOS, C. H. dos; CARDIN, C. A.; CRESTE, J. E.; MATIVI, W. L.; MOREIRA, A. C. M.; ESCARMÍNIO, M. A. Propriedades físicas de um argissolo após fertirrigação com vinhaça e sistemas de colheitas da cana de açúcar. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 3, p. 58-86, 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 2ed., 1997, 212 p.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant disease reporter**, v. 48, n. 9, 1964.
- KOPPEN, W. **Climatologia**. México: Fundo de Cultura Venezolana, 1948, 278 p.
- MATOS, D. S. S.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. P.; RODRIGUES, C. V. M. A.; BARBOSA, N. M. R. Relações entre a nematofauna e atributos químicos de solo com vinhaça. **Nematropica**, v. 41, n. 1, p. 23-38, 2011.
- MAY, W. F.; MULLIN, P. G.; LYON, H. H.; LOEFFLE, K. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**, 5ed., 1996, 277 p.
- MIRANDA, T. L.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M. Alterações físicas e biológicas em solo cultivado com cana-de-açúcar após colheita e aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 150-158, 2012.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R. Foundation for statistical computing**, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 2021.
- RODRIGUEZ-KÁBANA, R. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. **Journal of Nematology**, v. 18, p. 129-135, 1986.
- ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 24-32, 2010.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; LIMA, J. F. W. F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um argissolo amarelo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 833-842, 2005.

TAVEIRA, J. H. S.; COSTA, K. A. P.; AQUINO, M. M.; SILVA, C. V.; SOUZA, W. F.; DIAS, M. B. C.; COSTA, A. R.; GIONGO, P. R.; PEREIRA, A. D. Fermentation parameters and quality of sweet and biomassorghum silages with doses of vinasse. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 3, 2020.