



EFEITO DA APLICAÇÃO DE VINHAÇA CONCENTRADA E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO PH, UMIDADE E NITROGÊNIO DO SOLO SOB O CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR.

TAMARA, Ana Flávia Rufino¹; BARBOSA, Rogério Zanarde²; OLIVEIRA, Bruna Gonçalves³

RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma gramínea originária da ilha Papua Nova Guiné, cultivada hoje em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Mundialmente, o Brasil é o país que mais contribui com energias renováveis na matriz energética com 43,5%, sendo que 18,1% é representado pela bioenergia da cana-de-açúcar. A utilização do etanol da cana-de-açúcar como fonte de combustível constitui-se, na atualidade, como biotecnologia de grande impacto econômico e possui grande margem para crescimento. Para cada litro de etanol produzido são gerados em torno de 13 litros de vinhaça. A vinhaça é um subproduto que possui alta concentração de matéria orgânica, concentrações consideráveis de macro e micronutrientes e pH ácido, podendo ser utilizada como fertilizante. Com isso, este estudo objetivou avaliar a campo o efeito da aplicação da vinhaça concentrada enriquecida ou não com ureia, na umidade, conteúdos de N inorgânico e no pH do solo sob cultivo de cana. O experimento foi conduzida em uma área experimental da Usina Iracema em Americana, estado de São Paulo. Conclui-se que ao aplicar fontes nitrogenadas no solo combinadas com o subproduto vinhaça, promove maior disponibilidade de $N-NH_4^+$ e quanto ao pH apenas o tratamento somente ureia se destacou dos demais.

Palavras-chave: Nutrição mineral; Etanol; Açúcar.

¹Discente do Curso de Agronomia, Faef, Garça/SP; ²Professor titular do Curso de Agronomia, Faef, Garça/SP; ³Usina Iracema, Americana/SP.

ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is a gramineous plant native to Papua New Guinea, grown today in all tropical and subtropical regions of the world. Worldwide, Brazil is the country that contributes most with renewable energies in the energy matrix with 43.5%, and 18.1% is represented by bioenergy of sugarcane. The use of ethanol from sugarcane as a source of fuel is nowadays a biotechnology with great economic impact and has great scope for growth. For each liter of ethanol produced are generated around 13 liters of vinasse. Vinasse is a byproduct that has high concentration of organic matter, considerable concentrations of macro and micronutrients and acid pH, and can be used as fertilizer. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of the application of concentrate vinasse enriched or not with urea, moisture content, inorganic N content and soil pH under cane cultivation. The experiment was conducted in an experimental area of the Iracema Plant in Americana, state of São Paulo. It is concluded that when applying nitrogen sources in the soil combined with the vinasse byproduct, it promotes greater availability of N-NH₄⁺ and as for pH only the treatment only urea was highlighted in the others.

Keywords: Mineral nutrition; Ethanol; Sugar.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma gramínea originária da ilha Papua Nova Guiné, cultivada hoje em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. O cultivo ocorre em mais de 70 países, mas destacam-se como grandes produtores Brasil, Índia e China, nessa ordem. Os estados brasileiros onde se concentram as maiores produções são: São Paulo, Goiás e Minas Gerais. Este país é responsável por 61,8% das exportações mundiais de açúcar, além de lugar de destaque no setor de biocombustível que está em constante crescimento (FONTANETTII e BUENO, 2017).

No final do ano de 1975, o governo brasileiro criou o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), com o intuito de implantar um conjunto de ações relacionadas à produção de energias renováveis, por conta da grande elevação do preço do petróleo. Antes desta criação, a cultura da cana estava relacionada a uma economia atrasada e arcaica. Mundialmente, o Brasil é o país que mais contribui com energias renováveis na matriz energética com 43,5%, sendo que 18,1% é representado pela bioenergia da cana-de-açúcar. A utilização do etanol da cana-de-açúcar como fonte de combustível constitui-se, na atualidade, como biotecnologia de grande impacto econômico e possui grande margem para crescimento. Além disso, ao considerar seu uso em substituição aos combustíveis fósseis poderá contribuir para a redução dos gases do efeito estufa (GEE) (CRUZ *et al.*, 2016).

A obtenção do etanol faz-se através da fermentação das moléculas de açúcar, em que são adicionados ao caldo microrganismos que as quebram, transformando-as em moléculas etanol (C₂H₅OH) e de gás carbônico (CO₂). Esta etapa dura diversas horas e gera o vinho fermentado que contém levedura, açúcar não fermentado e etanol (aproximadamente 10%). Na etapa seguinte, que é a destilação, o etanol, a água e os demais componentes são separados através da evaporação, seguida da condensação, em que se separa a vinhaça do etanol (NOVACANA, 2018).

Para cada litro de etanol produzido são gerados em torno de 13 litros de vinhaça. A vinhaça é um subproduto que possui alta concentração de matéria orgânica, concentrações consideráveis de macro e micronutrientes e pH ácido, este último por conta do processo de preparo da matéria prima para a fermentação (FUESS e GARCIA, 2012).

A utilização da vinhaça como fertilizante nos canaviais iniciou-se na década de 40 de maneira empírica. Somente no ano 1952, iniciaram-se os estudos sobre seu efeito no solo e

descobriu-se uma rica fonte potássio e matéria orgânica. Anteriormente, este subproduto era despejado nos rios e causava problemas de contaminação de águas superficiais. Devido ao alto potencial poluidor, no ano de 1978 foi publicada a portaria MINTER n° 323, de 29/11/78, que proibia o despejo da vinhaça em quaisquer cursos d'água pelas destilarias de álcool (NETO, 2016).

Dentre as vantagens notadas quando se aplica a vinhaça ao solo enumeram-se: eleva a fertilidade, melhora as propriedades físicas, biológicas e químicas, contribui para elevação do pH, chegando à alcalinização do solo, além de contribuir para aumento da microflora proporcionando uma maior e mais fácil nitrificação (ALMEIDA 1955 apud BARROS, 2009). Este subproduto promove estes benefícios desde que aplicado em quantidades que não ultrapassem a capacidade de retenção de íons do solo. Quando aplicado em excesso, pode causar a salinização do solo, desbalanceamento catiônico, e reduzir a produção vegetal (MIRANDA, 2009).

Mesmo sendo uma grande fonte de nutrientes, a vinhaça possui baixa quantidade de nitrogênio, por isso é necessária a complementação com fertilizantes nitrogenados (ROSSETTO e SANTIAGO, 2018). A ureia é o fertilizante mais utilizado devido à alta concentração de nitrogênio (45%) e ao menor valor por quilo comparado com as outras fontes nitrogenadas. A ureia e a vinhaça podem ser aplicadas juntas e isso implica em economia de mão-de-obra e tempo (ZENATTI *et al.*, 2017).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da aplicação de vinhaça concentrada e adubação nitrogenada no pH, na umidade e no nitrogênio total do solo no cultivo de cana-de-açúcar.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Material e métodos

Este estudo visou avaliar a campo o efeito da aplicação de vinhaça concentrada enriquecida ou não com ureia, na umidade, conteúdos de N inorgânico e pH do solo cultivado com cana-de-açúcar.

Desta forma os tratamentos utilizados foram: (1) Controle – (Solo sem N); (2) Vinhaça Concentrada (VC); (3) Ureia (U) e (4) VC + U.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com quatro repetições para cada tratamento, totalizando 16 parcelas experimentais. Cada parcela experimental possuía 6 linhas de cana-de-açúcar espaçadas a 1,5 m e 10 m de comprimento, totalizando uma área de 90 m². O experimento foi implantado em outubro de 2017, conduzido em cana soca pertencente à usina Iracema, em área de cultivo localizada em Americana – SP.

O fertilizante nitrogenado utilizado foi a ureia, por conta de ser um fertilizante economicamente viável e também comumente utilizado no setor sucroenergético. A dose de N aplicada foi de 120 kg ha⁻¹, considerando a faixa de adubação de 20% da área total. A vinhaça utilizada foi a concentrada, obtida na usina Iracema. A dose aplicada foi de 7 m³ ha⁻¹. No tratamento VC + U, a ureia foi diluída na vinhaça concentrada a fim de completar os 120 Kg N e testar esta nova alternativa de fertilização da usina.

Durante os primeiros meses do experimento foram retiradas semanalmente amostras de solo, camada 0-10 cm, nas três linhas centrais de cada parcela, a fim de se obter uma amostra composta de cada parcela experimental. Após esse período as amostragens foram realizadas mensalmente até a verificação de baixos teores de N inorgânico. As amostras foram homogeneizadas e armazenadas em sacos plásticos em freezer a -20°C para posterior análise em laboratório.

Para a determinação do pH, N inorgânico e umidade do solo, amostras de solo foram retiradas nos dias 2, 5, 10, 23, 30, 60 e 90 dias após aplicação dos tratamentos. O solo foi mantido a -20°C e analisado quanto à umidade, realizada gravimetricamente após peso constante a 105°C; pH do solo (relação de 1:2,5; solo: solução), determinado em solução de CaCl₂ 0,0125 mol L⁻¹; e teores de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻, realizados por destilação a vapor (CANTARELLA & TRIVELIN, 2001).

A determinação do pH foi realizada pelo seguinte procedimento: cachimbou-se 10 cm³ de terra e transferiu para um frasco, onde foi adicionado 25 ml da solução de CaCl₂ a concentração de 0,01 mol.L⁻¹, e ficou descansando por 15 minutos. O frasco foi colocado na mesa agitadora de movimentação circular horizontal por 10 minutos na rotação de 220. Após esta etapa, deixou-se a suspensão decantar por 30 minutos. Enquanto isso, o medidor de pH foi aferido com as soluções- tampão de pH 4,0 e 7,0. Sem agitar o frasco, o eletrodo foi mergulhado na suspensão da maneira que a ponta do eletrodo tocasse ligeiramente a camada de sedimento e a saída do eletrodo de referência ficasse submersa. Assim, lendo o pH após o estabelecimento do equilíbrio (CANTARELLA & TRIVELIN, 2001).

Para determinação do N inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor foram seguidos os seguintes procedimentos: mediu-se 5 cm³ de solo em um frasco de extração e foi adicionado 50 ml de KCl 1 mol.L⁻¹. As amostras foram agitadas por 60 minutos e deixadas para decantar por 30 minutos. Após, foi transferido com uma pipeta volumétrica 25 ml do sobrenadante para o frasco de destilação.

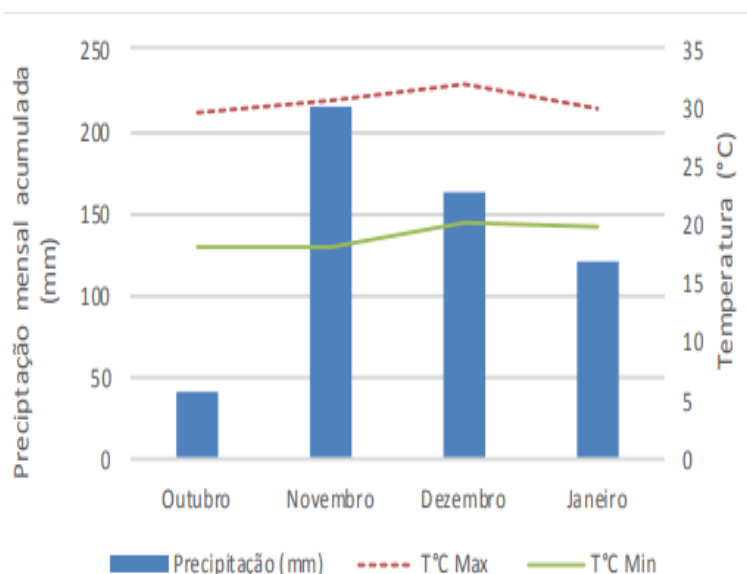
Para determinar amônio (N-NH₄⁺) foi adicionado 0,2 de MgO no frasco com o extrato de KCl e colocado para destilar por cerca de 4 minutos coletando aproximadamente 30 ml de destilado em béquer de 50 ml, que possuía 5 ml de solução de ácido bórico-indicador. A solução passou de cor vinho para azul à medida que o líquido é destilado. Em relação a determinação do nitrato (N-NO₃⁻), foi adicionado 0,2g de liga de Devarda e terminado a destilação. Foi preciso provas em branco para determinação de cada fração de N inorgânico analisado, ou seja, destilação de 25 ml da solução de KCl com a adição dos reagentes descritos acima. Para cada fração de N inorgânico foi titulado o conteúdo do destilado com solução padronizada de H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹. Tendo mudança da cor azul para rosa (CANTARELLA & TRIVELIN, 2001).

Para determinação da umidade do solo, existem vários métodos. Porém, um dos mais simples, rápidos e utilizados é o método gravimétrico em que, a determinação da quantidade de água do solo, é realizada através da pesagem de amostras do solo antes e após a secagem em estufa (BUSKE, 2013).

2.2 Resultados e discussão

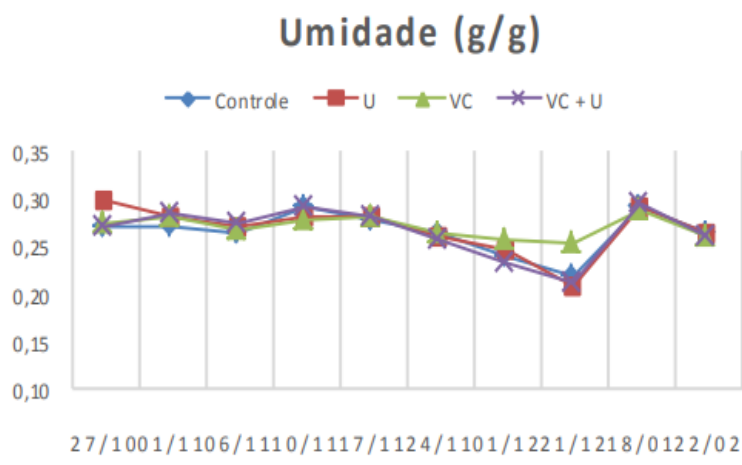
Durante o período do experimento, a temperatura mínima, máxima e a precipitação foram quantificadas (Figura 1), para auxiliar na interpretação dos dados. A temperatura mínima do ar variou de 18,23 a 20,36°C (média de 19,14°C) e a temperatura máxima teve variação de 29,69 a 32,03°C (média de 30,59°C). A precipitação nos meses de novembro, dezembro e janeiro ultrapassaram os 100 mm, tendo destaque o mês de novembro que atingiu 215,5 mm.

Figura 1. Precipitação, temperatura mínima e máxima mensal de Americana-SP.



Do final de outubro a primeira quinzena de novembro, o teor de umidade do solo sofreu pouca variação por conta de chuvas mais volumosas, mantendo a umidade entre 0,25 a 0,30 g/g (Figura 2). Nos meses de novembro e dezembro o volume da precipitação aumenta, porém a umidade do solo diminuiu devido as pancadas de chuvas esporádicas.

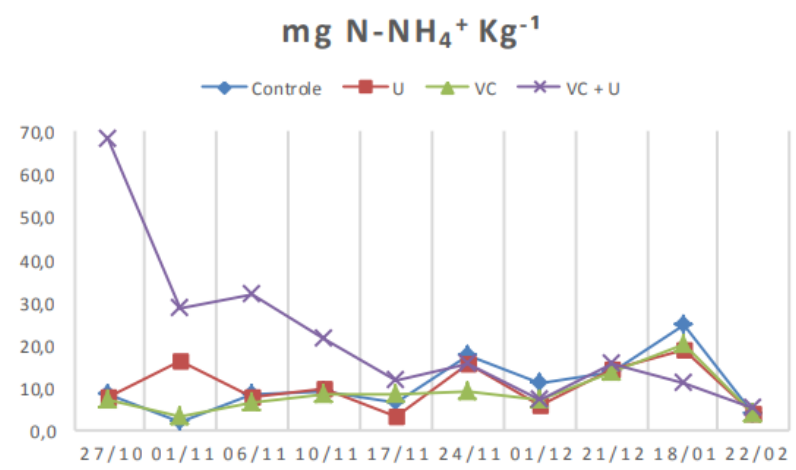
Figura 2. Umidade do solo ao longo do tempo.



De maneira geral foi observado aumento no teor de $N-NH_4^+$ na profundidade de 0 – 10 cm, logo após a aplicação dos tratamentos em comparação ao controle (Figura 3). O tratamento VC + U apresentou 68,1 mg de $N-NH_4^+ \cdot kg^{-1}$ de solo, enquanto que nos demais tratamentos os valores foram bem próximos, com diferença máxima de 1,2 mg. Na segunda

coleta, 5 dias após a fertilização, o tratamento VC + U apresentou uma queda brusca de 39,5 mg de $N-NH_4^+ \cdot kg^{-1}$ no teor de $N-NH_4^+$ enquanto que no tratamento U, houve os teores de $N-NH_4^+$ praticamente dobraram, passando de 7,7 para 15,9 mg de $N-NH_4^+ \cdot kg^{-1}$ de solo. De acordo com Mariano (2010), esse aumento nos teores de amônio é decorrente da solubilização da fonte N na solução do solo, muito comum logo após realização da fertilização nitrogenada. No tratamento VC a quantidade de N presente neste subproduto é tão baixa que não altera o teor de amônio do solo, sendo percebida a semelhança ao controle. Fato que pode ser explicado pela forma de N encontrada na vinhaça, que muitas vezes pode ser orgânica e não, mineral.

Figura 3. Teor de $N-NH_4^+$ no solo ao longo do tempo.



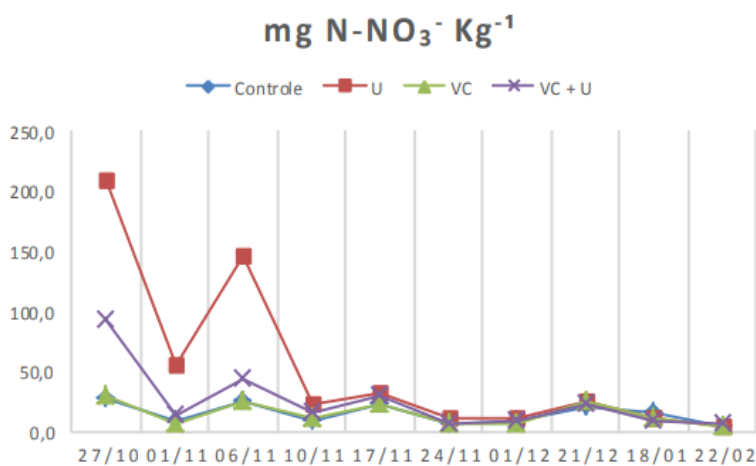
Em relação aos conteúdos de $N-NO_3^-$ no solo, o tratamento U foi o que apresentou maior teor de $N-NO_3^-$ na primeira coleta (209,3 mg.kg⁻¹ de solo), seguido pelo tratamento VC + U (92,4 mg.kg⁻¹) (Figura 4). Verificou-se que a aplicação dos fertilizantes aumentou os conteúdos de $N-NO_3^-$ no solo por pouco tempo, até a quarta coleta, realizada 12 dias após a fertilização.

O aumento do nitrato ocorreu pelo processo de nitrificação do amônio a nitrato. Quando se aplica fonte mineral de nitrogênio no solo, no caso a ureia, esta precisa ser transformada em NH_4^+ . Para isso, os microrganismos liberam a enzima uréase que rapidamente hidrolisa a ureia gerando o NH_4^+ . O NH_4^+ pode ser absorvido pelas plantas, mas também pode ser convertido a nitrito (NO_2^-) e NO_3^- através da ação de bactérias nitrificantes (*Nitrosomas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*). O NO_2^- é tóxico para as plantas superiores, mas

difícilmente acumula nos solos; o NO_3^- é a forma preferencial de assimilação do N pelas plantas (MARTINS, 2018; CASSINI, 2018).

Ao final do experimento foi possível verificar que tanto o N-NH_4^+ e o N-NO_3^- tiveram o teor reduzido, isso é explicado pela incorporação da ureia através chuva. Segundo Cantarella et al., (2007), a incorporação da ureia ocorre através da precipitação e da irrigação, estas tornam a hidrólise da ureia é rápida. A precipitação deve ocorrer em quantidade suficiente num prazo que varia de um a três dias para ser considerada efetiva.

Figura 4. Teor de N-NO_3^- no solo ao longo do tempo.

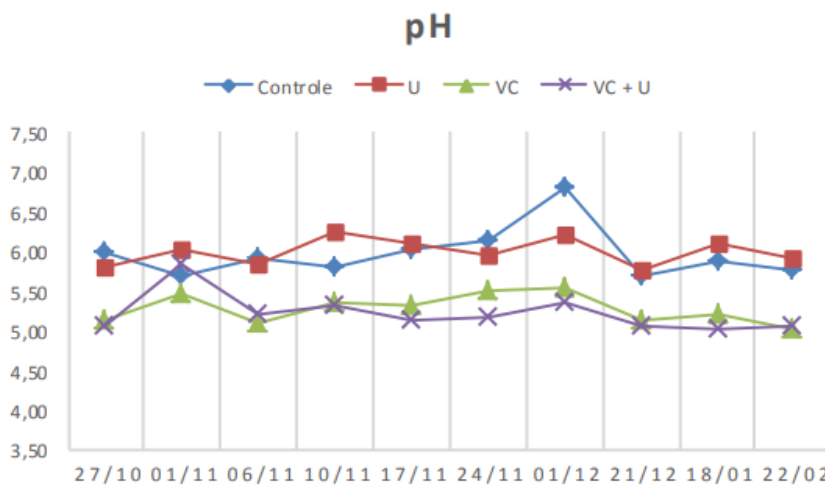


O gráfico abaixo demonstra que tratamento U se sobressaiu entre tratamentos VC e VC + U desde a primeira coleta. Porém na última coleta, as diferenças do foram de 0,88 e 0,84 respectivamente, ou seja, a ureia contribuiu para elevação do pH. De acordo com Martins (2018), ao se aplicar ureia no solo, ocorre a conversão a NH_4^+ e a liberação de OH^- , que ajuda a elevar o pH ao redor do local em que aplicou a ureia.

De maneira geral, ao analisar as figuras é possível verificar que o solo já apresentava o pH ideal para o desenvolvimento da cultura, que é na faixa de 5,5 – 6,5.

Os solos fertirrigados com vinhaça tendem a apresentar aumento de pH. Nos primeiros dez dias há uma redução considerável para que depois haja a elevação, podendo ultrapassar o pH 7. Isto tem relação com a ação dos microrganismos (SILVA e RIBEIRO, 1998; ROSSETTO, 1987 apud SILVA et al., 2007). Apesar da literatura indicar que após a aplicação da vinhaça deve ocorrer um aumento significativo do pH, neste experimento não foi comprovado o que antes havia sido preconizado (Figura 5).

Figura 5. pH do solo ao longo do tempo.



3. CONCLUSÃO

Conclui-se que ao aplicar fontes nitrogenadas no solo combinadas com o subproduto vinhaça, promove maior disponibilidade de $N-NH_4^+$; o tratamento VC se assemelha ao controle pois a quantidade de N é muita baixa e na maioria das vezes este nutriente é encontrado na forma orgânica e não mineral. Em relação ao $N-NO_3^-$, a ureia quando aplicada sozinha apresentou maior disponibilidade, isso se deu pelo processo de transformação do NH_4^+ a NO_3^- (nitrificação) promovido pelas bactérias nitrificantes do solo. Nas coletas finais do experimento, o teor de N-mineral ($N-NH_4^+$ $N-NO_3^-$) foi diminuído, fato explicado pela incorporação dos tratamentos ao solo, devido a precipitação que ocorreu em tempo efetivo e quantidade suficiente.

O pH do solo, de maneira geral, estava na faixa de 5,5 – 6,5 que é considerado o ideal para o desenvolvimento de diversas culturas. Por isso, pode ser que os tratamentos não comprovaram o que diz a literatura. Apenas o tratamento U se destacou dos demais, pelo fato que a ureia contribui para elevação do pH ao redor do local aplicado, por conta da liberação do OH^- no processo de conversão da ureia a NH_4^+ .

4. REFERÊNCIAS

BARROS, R. P. ATRIBUTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS DE UM SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) FERTIRRIGADO COM VINHAÇA. **Dissertação** – Mestrado UFS. São Cristóvão – SE, 2009.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. Nitrogênio e Enxofre na Cultura da Cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. IPNI. Piracicaba – SP, 2007. p. 355-392.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p. 271 – 276.

CASSINI, S. T. Ciclo do Nitrogênio. Programa de Pós Graduação Engenharia Ambiental – UFES. Vitória – ES, 2018. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/57971299/CicloNPS>>. Acesso em: 14 de outubro de 2018.

CRUZ, C. H. B.; SOUZA, G. M.; CANTARELLA, H.; SLUYS, M. V.; FILHO, R. M.; CORTEZ, L. A. B. Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro. Blucher. São Paulo – SP, 2016. Disponível em: < <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/openaccess/9788521210627/completo.pdf>>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica. Canal 6. Bauru – SP, 2017. Disponível em: < http://www.canal6.com.br/livros_loja/Ebook_Cana.pdf>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

FUESS, L. T.; GARCIA, M. L. **Qual o valor da vinhaça? Mitigação de impacto ambiental e recuperação de energia por meio da digestão anaeróbia**. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação. São Paulo – SP, 2012. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Lucas_Fuess/publication/292155232_Qual_o_valor_da_vinhaca_Mitigacao_de_impacto_ambiental_e_recuperacao_de_energia_por_meio_da_digestao_anaerobia/links/56ab711008aed814bdea19d8/Qual-o-valor-da-vinhaca-Mitigacao-de-impacto-ambiental-e-recuperacao-de-energia-por-meio-da-digestao-anaerobia.pdf>. Acesso em: 15/08/2018.

MARIANO, E. Mineralização e disponibilidade de nitrogênio em solos cultivados com cana-de-açúcar. **Dissertação** de mestrado –Esalq. Piracicaba – SP, 2010.

MARTINS, A. G. DINÂMICA DOS FERTILIZANTES NITROGENADOS A BASE DE NITRATO. AGRIPPOINT. 2018. Disponível em: < https://www.cafepoint.com.br/img_news/lp/adubacao/artigo3.pdf>. Acesso em: 14 de outubro de 2018.

MIRANDA, T.L. Relações entre atributos físicos e biológicos do solo após operações de colheita e aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar. **Dissertação** – Mestrado UFRP. Recife – PE, 2009.

NETO, A. E. Estado da Arte da Vinhaça. ÚNICA - União da Industria de Cana-de- Açúcar. Piracicaba – SP, 2016. Disponível em: < www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=35414851>. Acesso em: 29 de setembro de 2018

NOVACANA. Processos de fabricação do etanol. Revista – NovaCana.com. Curitiba – PR, 2018. Disponível em: < <https://www.novacana.com/etanol/fabricacao/>>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. Árvore do Conhecimento – Cana-de-açúcar: Adubação – resíduos alternativos. Ageitec – Embrapa. Brasília – DF, 2018.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, C. L. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.108–114, 2007.

ZENATTI, T. F.; SILVA, A. D.; POSSIGNOLO-VITTI, N. V.; BERTONICINI, E. I.; VITTI, A. C. PERDAS DE NITROGÊNIO POR VOLATILIZAÇÃO DA FONTE UREIA MISTURADA OU NÃO À VINHAÇA CONCENTRADA EM SISTEMA DE COLHEITA DE CANA CRUA. 11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. Campinas – SP, 2017. Disponível em: < <http://www2.apta regional.sp.gov.br/ciic2017/resumo2017/APTA/RE17305.pdf> >. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

