



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA  
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

FRANCIEZER VICENTE DE LIMA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E ORGÂNICA EM VIDEIRA: CARACTERÍSTICAS  
QUÍMICAS DO SOLO, COMPONENTES PRODUTIVOS E DECOMPOSIÇÃO DE  
RESÍDUOS FOLIARES E ESTERCO BOVINO**

MOSSORÓ  
2017

FRANCIEZER VICENTE DE LIMA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E ORGÂNICA EM VIDEIRA: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO, COMPONENTES PRODUTIVOS E DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS FOLIARES E ESTERCO BOVINO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Fertilidade do Solo e Adubação

Orientador: Prof. Dr. Vander Mendonça

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Eulene Francisco da Silva

MOSSORÓ  
2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L734a Lima, Franciezer Vicente de.

Adubação nitrogenada e orgânica em videira: características químicas do solo, componentes produtivos e decomposição de resíduos foliares e esterco bovino / Franciezer Vicente de Lima. - 2017. 88 f. : il.

Orientador: Vander Mendonça.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2017.

1. *Vitis vinífera* L. 2. Esterco bovino. 3. Nitrogênio. 4. Produtividade.  
I. Mendonça, Vander, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FRANCIEZER VICENTE DE LIMA

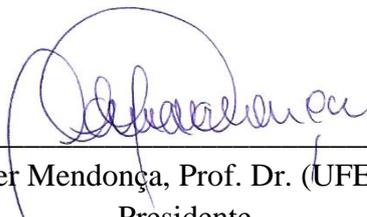
**ADUBAÇÃO NITROGENADA E ORGÂNICA EM VIDEIRA: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO, COMPONENTES PRODUTIVOS, E DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS FOLIARES E ESTERCO BOVINO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Fertilidade do Solo e Adubação

Aprovada em: 10 / 11 / 2017

**BANCA EXAMINADORA**



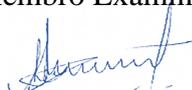
---

Vander Mendonça, Prof. Dr. (UFERSA)  
Presidente



---

Eulene Francisco da Silva, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Luciana Freitas de Medeiros Mendonça, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Renato Dantas Alencar, Prof. Dr. (IFRN)  
Membro Examinador



---

José Rodrigues Pereira, Pesquisador Dr. (EMBRAPA)  
Membro Examinador

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

FRANCIEZER VICENTE DE LIMA (LIMA, F. V. de). Filho de Francisco Tavares de Lima e Ana Paula Vicente de Lima, nasceu em 18 de março de 1987, na cidade de Ibiara, PB. Concluiu o Ensino Médio no Colégio Padre Manoel Otaviano, Ibiara, PB. Realizou curso de Graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus Areia, PB. Na mesma instituição obteve título de Mestre em Ciência do Solo no ano de 2013. Em 2014 ingressou no Curso de Doutorado, no Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, concluindo em novembro de 2017.

## **OFEREÇO**

A toda minha família, em especial a minha mãe **Ana Paula Vicente de Lima** responsável por minha formação e educação, principalmente após a partida de meu pai, estando sempre ao meu lado quando precisei e a minha irmã **Franciany Vicente de Lima**, que é testemunha de todo esforço para alcançar este objetivo. E sei que ambas estão muito orgulhosas com essa conquista.

## **DEDICO**

A meu pai **Francisco Tavares de Lima** (*in memoriam*). Ele que foi meu professor de vida, exemplo de dignidade e caráter, pelo qual guardo o meu sentimento mais puro de amor, e que sem dúvidas deve estar muito feliz pelos passos que seu filho alcança.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter chegado até esse momento, com saúde, disposição e sabedoria.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), instituição a qual passei a ter muito respeito, por me proporcionar a realização de mais uma etapa de qualificação acadêmico-profissional, e por todo apoio humano, científico, tecnológico e estrutural.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação de Manejo de Solo e Água, pela oportunidade concedida e a todos os professores e corpo técnico pelos conhecimentos transmitidos.

A todos os companheiros do Grupo de Pesquisa em Fruticultura do qual levo verdadeiros amigos (as) e que sem ajuda deles minha caminhada teria sido muito mais árdua.

Ao orientador e amigo Vander Mendonça, pessoa esta, que adoto como exemplo profissional, por me encaminhar durante essa jornada, pelos ensinamentos e pelo apoio que nunca me faltou ao longo destes anos de Doutorado.

À professora e co-orientadora Eulene Francisco da Silva, a quem tenho enorme respeito e admiração como pessoa e profissional.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade, ensinamentos anteriores e contribuições nesta pesquisa.

Aos técnicos de laboratório por onde passei durante as fases de análises e avaliações experimentais: Laboratório de Nutrição de Plantas; Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta e Laboratório de Tecnologia Pós-colheita pelos bons momentos vividos e as conversas de experiência.

À minha noiva Pollyanna Agra, pelo seu jeito amável, a dedicação e o companheirismo, que foram fundamentais durante os momentos bons e principalmente nos difíceis. Obrigado por tudo.

A todos meus familiares e amigos, que torceram e torcem por esta conquista. Enfim, para não pecar por omissão, agradeço de coração a todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desta conquista.

**A todos, o meu muito obrigado de coração!**

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 3 - Influência da adubação nitrogenada na decomposição e liberação de nutrientes em folhas de videira no semiárido ..... 58**

**Figura 1.** Massa remanescente de folhas de videira 'Isabel Precoce', com e sem aplicação de nitrogênio, nos períodos de avaliação. Mossoró, RN, 2017 ..... 64

**Figura 2.** Teores remanescentes de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio de folhas de videira 'Isabel Precoce', com e sem aplicação de nitrogênio, nos períodos de avaliação. Mossoró, RN, 2017 ..... 66

### **CAPÍTULO 4 - Influência da adição de nitrogênio sobre a decomposição e mineralização de nutrientes em esterco bovino no semiárido ..... 73**

**Figura 1.** Massa remanescente do esterco bovino, com e sem aplicação de nitrogênio, nos períodos de avaliação. Mossoró, RN, 2017 ..... 79

**Figura 2.** Teores remanescentes de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio de esterco bovino, com e sem aplicação de nitrogênio, nos períodos de avaliação. Mossoró, RN, 2017 ..... 81

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1 – Características químicas do solo cultivado com videira ‘Isabel Precoce’ submetida a adubação nitrogenada e orgânica no semiárido potiguar ..... 18**

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, mensais, registradas durante o período de realização dos experimentos. Mossoró, RN. 2017 ..... 21

**Tabela 2.** Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 cm), textura arenosa, antes da instalação do experimento. Mossoró, RN. 2017 ..... 22

**Tabela 3.** Características químicas do esterco bovino utilizado no experimento e a quantidade proporcional de nutrientes adicionadas por planta e por hectare contidos nos 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (13,3 ton ha<sup>-1</sup>) do adubo orgânico em cada ciclo de cultivo. Mossoró, RN. 2017..... 23

**Tabela 4.** Desdobramento da concentração total de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no solo cultivado com videira, sob influência da adubação nitrogenada, sem e com uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção. Mossoró, RN. 2017 ..... 25

**Tabela 5.** Desdobramento da concentração total de sódio, ferro, zinco e manganês no solo cultivado com videira, sob influência da adubação nitrogenada, sem e com uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção. Mossoró, RN. 2017 ..... 31

**Tabela 6.** Desdobramento dos valores de pH, condutividade elétrica, matéria orgânica e soma de bases do solo cultivado com videira, sob influência da adubação nitrogenada, sem e com uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção. Mossoró, RN. 2017..... 33

### **CAPÍTULO 2 – Componentes de produção da videira ‘Isabel Precoce’ submetida a adubação nitrogenada e orgânica no semiárido potiguar..... 41**

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, mensais, registradas durante o período de realização dos experimentos. Mossoró, RN. 2017 ..... 44

**Tabela 2.** Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 cm), textura arenosa, antes da instalação do experimento. Mossoró, RN. 2017 ..... 45

**Tabela 3.** Características químicas do esterco bovino utilizado no experimento, e a quantidade proporcional de nutrientes adicionadas por planta e por hectare contidos nos 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> do adubo orgânico em cada ciclo de cultivo. Mossoró, RN. 2017..... 46

**Tabela 4.** Desdobramento dos valores do Peso do cacho (PC), número de bagas por cacho (NBC), peso de 10 bagas (P10B), comprimento (COMP) e largura (LARG) dos cachos da videira ‘Isabel precoce’, sob influência da adubação nitrogenada, sem e com uso de adubo orgânico em dois ciclos de produção. Mossoró, RN. 2017 ..... 48

**Tabela 5.** Desdobramento dos valores do Número de cachos por planta (NCP), produção por planta (PDP) e produtividade (PDT) da videira ‘Isabel Precoce’, sob influência da adubação nitrogenada, sem e com uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção. Mossoró, RN. 2017 ..... 51

**CAPÍTULO 3 – Influência da adubação nitrogenada na decomposição e liberação de nutrientes em folhas de videira no semiárido ..... 58**

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, mensais, durante o período de realização do experimento. Mossoró, RN. 2017 ..... 61

**Tabela 2.** Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 cm), textura arenosa, antes da instalação do experimento. Mossoró, RN. 2017 ..... 61

**Tabela 3.** Características químicas de folhas de videira 'Isabel Precoce'. Mossoró, RN. 2017 ..... 62

**Tabela 4.** Estimativa dos parâmetros da equação  $X = X_0e^{-kt}$ , ajustada aos valores de decomposição e liberação de nutrientes ( $k$ ) da massa seca de folhas de videira, utilizados pelo modelo exponencial de primeira ordem e tempo necessário para decomposição e liberação de 50% ( $t_{0,5}$ ) e 95% do material depositado ( $t_{0,05}$ ) (dias), sem e com adição de nitrogênio. Mossoró, RN. 2017..... 64

**CAPÍTULO 4 - Influência da adição de nitrogênio sobre a decomposição e mineralização de nutrientes em esterco bovino no semiárido ..... 73**

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, mensais, durante o período de realização do experimento. Mossoró, RN, 2017 ..... 76

**Tabela 2.** Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 cm), textura arenosa, antes da instalação do experimento. Mossoró, RN. 2017 ..... 77

**Tabela 3.** Composição química do esterco bovino utilizado no experimento. Mossoró, RN. 2017 ..... 77

**Tabela 4.** Estimativa dos parâmetros da equação  $X = X_0 e^{-kt}$ , ajustada aos valores de decomposição ou liberação de nutrientes ( $k$ ) da massa seca de esterco bovino, utilizados pelo modelo exponencial de primeira ordem e, tempo necessário para decomposição ou liberação de 50% ( $t_{0,5}$ ) e 95% do material depositado ( $t_{0,05}$ ) (dias), sem e com adição de nitrogênio. Mossoró, RN. 2017..... 80

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 1 – Características químicas do solo cultivado com videira ‘Isabel Precoce’ submetida a adubação nitrogenada e orgânica no semiárido Potiguar .....</b>	<b>18</b>
1 - INTRODUÇÃO .....	20
2 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	21
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4 - CONCLUSÕES .....	36
5 - REFERÊNCIAS .....	36
<b>CAPÍTULO 2 – Componentes de produção da videira ‘Isabel Precoce’ submetida a adubação nitrogenada e orgânica no semiárido Potiguar .....</b>	<b>41</b>
1 - INTRODUÇÃO .....	43
2 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	44
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
4 - CONCLUSÕES .....	55
5 - REFERÊNCIAS .....	56
<b>CAPÍTULO 3 - Influência da adubação nitrogenada na decomposição e liberação de nutrientes em folhas de videira no semiárido .....</b>	<b>58</b>
1 - INTRODUÇÃO .....	60
2 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	61
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	63
4 - CONCLUSÕES .....	70
5 - REFERÊNCIAS .....	70
<b>CAPÍTULO 4 - Influência da adição de nitrogênio sobre a decomposição e mineralização de nutrientes em esterco bovino no semiárido .....</b>	<b>73</b>
1 - INTRODUÇÃO .....	75
2 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	76
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	79
4 - CONCLUSÕES .....	85
5 - REFERÊNCIAS .....	85

LIMA, F. V. de. **Adubação nitrogenada e orgânica em videira: características químicas do solo, componentes produtivos e decomposição de resíduos foliares e esterco bovino**. 2017. 88f (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, 2017.

## RESUMO

O cultivo da videira na região semiárida nordestina é uma realidade consagrada, a exemplo disto tem-se o Vale do Sub Médio do São Francisco, que atualmente é responsável por boa parte da produção nacional de uvas. A região Oeste Potiguar apresenta condições para explorar essa cultura, no entanto são escassas pesquisas sobre o comportamento da videira em solos dessa região. Tendo em vista a baixa disponibilidade natural de matéria orgânica (M.O.) e conseqüentemente de nitrogênio (N), bem como do aproveitamento de fontes orgânicas para melhoria da fertilidade do solo e acúmulo de M.O., desta forma, teve-se por objetivo avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e orgânica nas características químicas do solo e nos componentes de produção da videira 'Isabel Precoce', além de avaliar a dinâmica de decomposição dos resíduos foliares da videira e do esterco bovino, quando submetidos a adubação nitrogenada nas condições semiáridas da região Oeste Potiguar. Foram implantados experimentos na Fazenda da UFERSA, em Mossoró, RN, constituídos de quatro frentes de pesquisa. No experimento I, avaliou-se as características químicas do solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, correspondendo a 5 doses de fertilizante nitrogenado (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), com e sem adubação orgânica (AO) (0 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, de esterco bovino), distribuídos em 6 blocos. Foram avaliados macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Na, Fe, Mn e Zn), além do pH, condutividade elétrica, matéria orgânica e soma de bases. A interação N e AO, ocasionaram aumento nos teores de macro e micronutrientes, na matéria orgânica e na soma de bases. As doses de N foram responsáveis por reduzir os níveis de pH para um patamar que proporcionou maior disponibilidade de nutrientes. No experimento II, seguiu-se o mesmo delineamento do experimento I. Foram avaliados número de cachos por planta, produção por planta e produtividade, além do peso, comprimento e largura dos cachos, número de bagas por cacho e peso de dez bagas. A dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na presença do AO foi a que proporcionou os melhores resultados para os componentes de produção analisados. A elevação dos níveis de N, a partir da dose de 60 até 120 kg ha<sup>-1</sup> combinadas ou não a fonte orgânica, inibiram os componentes produtivos da videira 'Isabel Precoce'. No experimento III, avaliou-se a decomposição de folhas de videira e a liberação de nutrientes quando submetidas a adubação nitrogenada. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições, em esquema fatorial 6 x 2, sendo 6 tempos de coleta (0, 20, 40, 60, 90 e 120 dias), com e sem adição de N (0 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). A adição de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N nos resíduos da videira, embora tenha reduzido a relação C:N, não influenciou a velocidade de decomposição dos resíduos deixados na superfície do solo. A adubação nitrogenada promoveu aumento na velocidade de liberação de P e Mg, diminuindo em 27 e 23 dias sua liberação final. O experimento IV, seguiu o mesmo delineamento estatístico do experimento III, porém, avaliou-se a decomposição e liberação de nutrientes do esterco bovino. A adubação nitrogenada no esterco bovino embora tenha reduzido a relação C:N, não influenciou a velocidade de decomposição do esterco, nem a mineralização do carbono. A adição de nitrogênio promoveu maior liberação de P, Mg, K, reduzindo o tempo para que 95% dos nutrientes contidos nos resíduos fossem liberados em 27, 65 e 226 dias.

**PALAVRAS CHAVE:** *Vitis vinífera* L. Esterco bovino. Nitrogênio. Produtividade.

LIMA, F. V. de. **Nitrogen and organic fertilization on vine: soil fertility characteristics, productive components and decomposition of leaf residue and bovine manure.** 2017. 88f (Doctorate in Soil and Water Management) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

## ABSTRACT

The cultivation of the vine in the semi-arid region of the Northeast is a consecrated reality, for example the Sub-Valley of the São Francisco Valley, which currently accounts for a large part of the national grape production. The Potiguar Western region of presents conditions to explore this crop, however, there is little research on the behavior of the grapevine in soils of this region. Considering the low natural availability of organic matter (OM) and consequently nitrogen (N), as well as the use of organic sources to improve soil fertility and OM accumulation, the objective was to evaluate the effects of nitrogen and organic fertilization on the chemical characteristics of the soil and on the production components of 'Isabel Precoce' vine, as well as the dynamics of the decomposition of leaf litter and cattle manure when submitted to nitrogen fertilization in the semi-arid conditions of the Potiguar West region. Experiments were implemented at the UFERSA Farm in Mossoró, RN, consisting of four research fronts. In the Experiment I, the chemical characteristics of the soil were evaluated. The experimental design was a randomized complete block design in a 5 x 2 factorial scheme, corresponding to 5 doses of nitrogen fertilizer (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>), with and without organic fertilization (AO) (0 and 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, of bovine manure), distributed in 6 blocks. Micronutrients (Na, Fe, Mn and Zn), as well as pH, electrical conductivity, organic matter and base sum were evaluated (N, P, K, Ca and Mg) and micronutrients. The interaction N and AO, caused increase in macro and micronutrient contents, in organic matter and in the sum of bases. N doses were responsible for reducing pH levels to a level that provided greater availability of nutrients. In the Experiment II, the same design of experiment I was followed. The number of bunches per plant, yield per plant and productivity, besides the weight, length and width of the bunches, number of berries per bunch and weight of ten berries were evaluated. The dose of 60 kg ha<sup>-1</sup> of N in the presence of AO provided the best results for the production components analyzed. The elevation of N levels, from the dose of 60 to 120 kg ha<sup>-1</sup> combined or not with the organic source, inhibited the productive components of the vine 'Isabel Precoce'. In the Experiment III, it was evaluated the decomposition of grape leaves and the nutrient release when submitted to nitrogen fertilization. A completely randomized design was used with 4 replications, in a 6 x 2 factorial scheme, 6 collection times (0, 20, 40, 60, 90 and 120 days), with and without addition of N (0 and 60 kg ha<sup>-1</sup>). The addition of 60 kg ha<sup>-1</sup> of N in the vineyard residues, although reducing the C: N ratio, did not influence the rate of decomposition of residues left on the soil surface. Nitrogen fertilization promoted an increase in the release rate of P and Mg, decreasing its final release by 27 and 23 days. Experiment IV followed the same statistical design of experiment III, however, the decomposition and nutrient release of bovine manure was evaluated. Nitrogen fertilization in cattle manure, although reducing the C:N ratio, did not influence the decomposition rate of manure or carbon mineralization. The addition of nitrogen promoted greater release of P, Mg, K, reducing the time for 95% of the nutrients contained in the residues to be released in 27, 65 and 226 days.

**KEY WORDS:** *Vitis vinifera* L. Bovine cowpea. Nitrogen. Yield.

## 1 - INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da videira encontra-se atualmente difundida por quase todas as regiões do país, no entanto, os estados da região Sul foram pioneiros na exploração da cultura, com destaque para o Rio Grande do Sul que atualmente representa a maior área plantada brasileira, com longa vantagem quando comparado aos demais estados produtores (IBGE, 2017). Porém, a região Nordeste vem apresentando nas duas últimas décadas uma forte evolução na cadeia produtiva da videira, em decorrência da utilização de tecnologias que vem colocando o Nordeste em destaque no âmbito nacional e internacional, proporcionando ao Brasil, condições de competir com os tradicionais países produtores de uva de mesa, especialmente quanto à qualidade da fruta e por obter produções praticamente durante o ano inteiro (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

No ano de 2016 a área plantada com videira no Brasil, representou um total de 78.553 hectares, sendo que deste total 59.367 estavam localizados na região Sul, correspondendo a um total de 75,6%. Já a região Nordeste apresentou uma área plantada de 9.839 hectares, o que corresponde à apenas 12,5% da área nacional (IBGE, 2017). Evidencia-se, a grande disparidade existente em termos de área plantada. No entanto, quando se refere à produção por hectare, a região Sul obteve média de 8,8 toneladas ha<sup>-1</sup>, neste quesito a região Nordeste supera em muito o Sul do país, com produtividade média de 32 toneladas ha<sup>-1</sup>. Muito embora a região Sul seja ainda responsável por mais da metade (52%) de toda uva produzida no Brasil, vale ressaltar que a uva dessa região se destina principalmente à fabricação de vinho, enquanto na região Nordeste predomina a produção de uvas de mesa (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

O cultivo de videira na região Nordeste concentra-se em maior parte no Vale do Submédio do São Francisco, nos estados de Pernambuco e Bahia, mais precisamente nos municípios de Petrolina e Juazeiro, respectivamente. Essa região vem sendo favorecida pela potencialidade dos recursos naturais, pelos investimentos públicos e privados em projetos de irrigação e melhoramento genético de plantas, que garantiram uma grande expansão do plantio nos últimos anos (CUNHA et al., 2011). Não tão distante dessa realidade, o estado do Rio Grande do Norte tem uma ampla representatividade na produção de frutas na região Nordeste, com destaque para a cultura do melão, considerado atualmente o maior produtor e exportador da cultura (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017). No entanto, existe atualmente o interesse e a difusão por parte de alguns produtores na exploração do cultivo da videira, abrindo-se a porta para mais uma alternativa de exploração na região. Desta forma, para que se possa gerar conhecimento e obter-se um melhor aparato de informações para a realidade

local de cultivo, é necessário o uso da experimentação agrícola, realizando investigações sobre as melhores condições para produção desta cultura. Dentre os fatores de manejo que podem promover alterações na produção da videira, a fertilidade do solo é uma das mais importantes a ser levada em consideração.

Investigando a literatura, pode-se constatar relatos da influência exercida pelo nitrogênio (N) na produção e qualidade dos frutos da videira (BRUNETTO et al., 2006, 2007, 2008, 2009, 2013; LORENSINI et al., 2014, 2015), e como a maioria dos solos da região Nordeste apresentam baixo conteúdo de matéria orgânica, que resulta conseqüentemente em uma baixa capacidade no fornecimento natural de nitrogênio as plantas, tornando-se necessário o uso de fontes minerais de N para atender as necessidades das plantas e, com isso, obter produções satisfatórias (CUNHA et al., 2010).

Partindo-se desta hipótese, o suprimento de nitrogênio bem como de outros nutrientes que venham propiciar melhor fertilidade ao solo, pode ser conseguida com aplicação de adubos orgânicos. No entanto, para que efetivamente ocorra a disponibilidade de nutrientes ao solo, deve existir um balanço entre os processos de mineralização e de imobilização, visto que a disponibilidade de N, depende em grande parte, da mineralização do N presente no resíduo orgânico aplicado. Conseqüentemente, o balanço entre esses processos pode variar com o tempo e, principalmente, com a natureza do resíduo orgânico em decomposição, além da atividade microbiana do solo (GIACOMINI et al., 2008; COSTA et al., 2008).

Portanto, a adoção de estratégias que melhor beneficiem as condições de fertilidade do solo, são essenciais, ficando cada vez mais nítida e tecnicamente embasada a convicção de que o solo não é apenas um substrato onde se desenvolvem as raízes, mas sim um ecossistema complexo, que engloba aspectos físicos, químicos e biológicos, que resultam em peculiaridades que irão afetar não somente o desenvolvimento do sistema radicular, mas sim de um ambiente favorável ao desenvolvimento da planta cultivada e da fauna benéfica do solo, além do equilíbrio térmico e hídrico que irão compor condições mais favoráveis ao desenvolvimento da planta e à sua produção. Portanto, iniciativas de pesquisa que possam demonstrar estratégias de melhor aproveitamento de materiais orgânicos ou minerais com foco no manejo do solo para a viticultura têm um forte viés de ligação com a qualidade final dos frutos e são fundamentais para gerar um sistema de produção mais equilibrado de forma sustentável e econômica (MELO et al., 2016).

Desta forma, esta pesquisa teve por objetivo avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e orgânica nas características químicas do solo e nos componentes de produção da videira 'Isabel Precoce', bem como avaliar a dinâmica de decomposição dos resíduos foliares da videira

e do esterco bovino quando submetidos a adubação nitrogenada, nas condições semiáridas do Oeste Potiguar.

## 2 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNETTO, G.; BONGIORNO, C.L.; MATTIAS, J.L.; DEON, M.; MELO, G.W.B.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C.A. Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2622-2625, 2008.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; MELO, G. W. B. de; GIROTTO, E.; FERREIRA, P. A. Application of nitrogen sources on grapevines and effect on yield and must composition. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1042-1051, 2013.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. M.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2035-2041, 2009.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 389-393, 2007.

BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W.; BRUNNING, F.; MALLMANN, F. J. K. Destino do nitrogênio em videiras ‘Chardonnay’ e ‘Riesling Renano’ quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 497-500, 2006.

CARVALHO, C. de (et. al). **Anuário brasileiro da fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, Santa Cruz, 88p, 2017.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E. C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de Capim-Marandu. I - Alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1591-1599, 2008.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da; ALVAREZ, I. A. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 50-87.

CUNHA, T. J. F.; SÁ, I. B.; TAURA, T. A.; GIONGO, V.; SILVA, M. S. L.; OLIVEIRA NETO, M. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. **Uso atual e ocupação dos solos na margem direita do Rio São Francisco em municípios do Estado da Bahia**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 91).

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; MIOLA, E. C. C.; RECOUS, S. Mineralização do carbono da palha de aveia e dejetos de suínos aplicados na superfície ou incorporados ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, número especial, p. 2661-2668, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro. v. 30, n. 3, p. 1-83, 2017.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SCHAPANSKI, D. E. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. **Revista Ceres**, v.61, n.2, p.241-247, 2014.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; TRENTIN, G.; BRUNETTO, G. Nitrogen fertilization of Cabernet Sauvignon grapevines: yield, total nitrogen content in the leaves and must composition. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 37, n. 3, p. 321-329, 2015.

MELO, G. W. B.; BRUNETTO, J. Z. G.; CERETTA, C. A. **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. (Documentos, 100). Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. 138p. 2016.

## CAPÍTULO 1

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO CULTIVADO COM VIDEIRA 'ISABEL PRECOCE' SUBMETIDA A ADUBAÇÃO NITROGENADA E ORGÂNICA NO SEMIÁRIDO POTIGUAR

#### RESUMO

A baixa disponibilidade de nitrogênio nos solos semiáridos é consequência dos escassos níveis naturais de matéria orgânica dos solos dessa região, que proporciona uma dependência de fertilizantes minerais para atender a demanda de culturas em exploração. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e orgânica e sua interação sobre as propriedades químicas do solo, cultivado com videira 'Isabel Precoce', no semiárido Potiguar. O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró, RN, cujo clima é semiárido. O solo da área é um Argissolo Vermelho Distrófico de textura arenosa. A pesquisa foi realizada em dois ciclos de produção da videira. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, que corresponderam a 5 doses de fertilizante nitrogenado (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), na ausência e presença de adubação orgânica (0 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, esterco bovino), distribuídos em 6 blocos. Foram coletadas amostras da camada 0-20 cm, para avaliação dos teores de macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Na, Fe, Mn e Zn), além do pH, condutividade elétrica, matéria orgânica e soma de bases. A aplicação das doses de N e esterco influenciaram as características químicas do solo analisadas. A interação N e AO, ocasionaram aumento nos teores de macro e micronutrientes, na matéria orgânica e na soma de bases. As doses de N foram responsáveis por reduzir os níveis de pH para um patamar que proporcionou maior disponibilidade de nutrientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fertilidade do solo. Adubação mineral. Esterco bovino. Mineralização

## CHAPTER 1

### CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL CULTIVATED WITH ISABEL PRECOCE VINE SUBMITTED NITROGEN AND ORGANIC FERTILIZATION IN THE SEMIARID POTIGUAR

#### ABSTRACT

The low availability of nitrogen in semi-arid soils is a consequence of the scarce natural levels of organic matter in the soils of this region, which provides a dependence on mineral fertilizers to meet the demand of crops under cultivation. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effects of nitrogen and organic fertilization and its interaction on soil chemical properties, cultivated with 'Isabel Precoce' vine, in the semi-arid region of. The experiment was implemented at the UFERSA Experimental Farm, in Mossoró, RN, whose climate is semi-arid. The soil in the area is a sandy-textured Reddish Argisol. The research was carried out in two cycles of grape production. The experimental design was randomized blocks, in a 5 x 2 factorial scheme, corresponding to 5 doses of nitrogen fertilizer (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>), in the absence and presence of organic fertilization (0 and 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, bovine manure), distributed in 6 blocks. Samples were collected from the 0-20 cm layer for the evaluation of macro (N, P, K, Ca and Mg) and micronutrients (Na, Fe, Mn and Zn), pH, electrical conductivity, organic matter and soma of bases. The application of N doses and manure influenced the chemical characteristics of the soil analyzed. The interaction N and AO, caused increase in macro and micronutrient contents, in organic matter and in the sum of bases. N doses were responsible for reducing pH levels to a level that provided greater availability of nutrients.

**KEYWORDS:** Soil fertility. Mineral fertilization. Bovine manure. Mineralization

## 1 - INTRODUÇÃO

A região Oeste Potiguar é considerada a maior produtora e exportadora nacional de melão (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017), advindos de cultivos realizados em sua maior parte por grandes empresas do setor agrícola. No entanto, a região vem aos poucos apresentando produtores com interesse na exploração da cultura da videira, principalmente pequenos e médios produtores, e como as pesquisas sobre a cultura da videira na região Nordeste estão concentradas quase que exclusivamente no Vale do Submédio do São Francisco, são inexistentes resultados experimentais com adubação para a cultura da videira na região em estudo.

É observado que boa parte dos solos localizados na região semiárida nordestina apresentam baixo teor de matéria orgânica e como esta é a grande disponibilizadora natural de nutrientes para o solo, principalmente de nitrogênio, sua baixa concentração impede a ciclagem de nutrientes e conseqüentemente proporciona uma pequena capacidade natural na reposição da fertilidade do solo (CUNHA et al., 2010; SILVA et al., 2014a). Deste modo, para que se possa alcançar níveis satisfatórios de produção é necessária a utilização de fertilizantes minerais para suprir a demanda exigida pela planta.

Dentre os nutrientes exigidos pelas culturas, o nitrogênio (N) é um dos mais limitantes ao desenvolvimento, e seus efeitos são observados tanto na produtividade quanto na qualidade final dos produtos agrícolas (VERAS et al., 2016). Para a cultura da videira o N pode afetar o crescimento vegetativo, a produção e a composição das bagas, influenciando também na qualidade final da fruta (BRUNETTO et al., 2009; LORENSINI et al., 2015), assim, torna-se importante buscar uma nutrição equilibrada, para garantir a quantidade de nutrientes suficientes às necessidades de desenvolvimento produtivo (CIANCIO et al., 2014).

Como a disponibilidade de N às plantas sofre grande variação com as manifestações do clima e do solo, torna-se necessária a realização de experimentos regionais de campo para a obtenção de informações sobre o melhor manejo do N, visando harmonizar condições satisfatórias de fertilidade (OLIVEIRA et al., 2011; MONTES et al., 2016). Os agricultores da região quando usam adubação em suas culturas, é quase que exclusivamente por fontes minerais, e mesmo que disponham em suas propriedades fertilizantes orgânicos como o esterco bovino, o uso é pouco frequente (GALVÃO et al., 2008).

Devido aos baixos teores de matéria orgânica dos solos da região semiárida, a adição de adubos orgânicos como os esterco, seria uma alternativa para incrementar os teores nesses solos, além disso, estima-se que a aplicação do material orgânico induza o aumento da atividade

microbiana do solo, influenciando em numerosas propriedades, como nos teores de macro e micronutrientes, facilitando a construção e manutenção da fertilidade, assim como a liberação de N inorgânico (CUNHA et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2011; SOUTO et al., 2013). Resultando uma economia com adubação, em vista aos elevados custos dos fertilizantes minerais, podendo realizar o aproveitamento racional dos recursos disponíveis dentro da propriedade rural, conseqüentemente reduzindo custos e melhorando sua produtividade de maneira mais sustentável e econômica (STEINER et al., 2012).

Diante do exposto, esta pesquisa teve o objetivo de averiguar os efeitos da adubação nitrogenada e orgânica e sua interação sobre as propriedades químicas do solo cultivado com videira ‘Isabel Precoce’ no semiárido Potiguar.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), no município de Mossoró, região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, cujas coordenadas geográficas são 5°03’37’’S de latitude e, 37°23’50’’W de longitude, com altitude de 78 m, e relevo plano. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSw'h', tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 695,8 mm e temperatura média de 27,4 °C, marcado por dois períodos bem definidos: seco (prolongado) e úmido (curto e irregular). A vegetação natural é a Caatinga hiperxerófila. Na Tabela 1, constam-se os dados meteorológicos registrados durante a realização dos experimentos.

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, mensais registrados durante o período de realização dos experimentos. Mossoró-RN, 2017

Meses	Precipitação (mm)	Temp. média (°C)	Umidade (%)
2015			
Setembro	0,0	27,9	57,0
Outubro	0,0	28,0	56,8
Novembro	0,0	28,2	59,6
Dezembro	8,0	28,8	58,7
2016			
Abril	51,0	28,6	63,7
Mai	8,0	28,7	61,5
Junho	29,0	28,2	59,8
Julho	0,0	28,2	52,8

**Fonte:** Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UFERSA, Mossoró-RN.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico, textura arenosa (RÊGO et al., 2016). Antes da instalação do experimento, amostras de solo da camada de 0-20 cm foram coletadas e determinadas as características físicas e químicas (TEDESCO et al, 1995 e EMBRAPA, 2011), sendo os resultados dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 cm), textura arenosa, antes da aplicação do experimento, Mossoró, RN. 2017

Atributo	Valor	Atributo	Valor
pH (H <sub>2</sub> O)	7,95	V (%)	100
Condutividade elétrica (μS m <sup>-1</sup> )	80,0	M (%)	0
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	4,07	PST (%)	1
N total (g kg <sup>-1</sup> )	0,77	Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	1,11
P (mg dm <sup>-3</sup> )	39	Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	12,57
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	117	Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	29,75
Na <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	49	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	4,0
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,17	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	836
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,05	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	84
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	80
(H+Al) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,54
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73	Densidade de partículas (kg dm <sup>-3</sup> )	2,63
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73	Porosidade total (%)	41,44
CTC do solo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73		

pH = potencial hidrogeniônico; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V (%) = saturação por bases; M (%) = saturação por alumínio; PST = porcentagem de sódio trocável.

**Fonte:** Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFERSA.

A pesquisa foi realizada em dois ciclos de produção da videira, o primeiro ocorreu no período de 22 de setembro a 23 de dezembro de 2015, o segundo teve início em 14 de abril e se estendeu até 20 de julho de 2016, e corresponderam a um total de 92 e 97 dias, respectivamente, período este a contar da poda de produção até a colheita.

Foi utilizada a variedade de videira ‘Isabel Precoce’ enxertadas sobre ‘IAC 766’, implantadas na área no ano de 2010, sendo a primeira colheita realizada em 2013. Na ocasião da instalação deste experimento, as videiras estavam com cinco anos de idade e entrando para o quarto ano de produção, que é considerado um tempo hábil para que a videira venha expressar seu potencial produtivo. As plantas estavam distribuídas em espaçamento de 3 x 2 m linhas e plantas, respectivamente (1667 plantas ha<sup>-1</sup>), conduzidas no sistema de espaldeira (em Y aberto) com 3 fios de arame e orientação Norte-Sul.

Os tratos culturais para o desenvolvimento da cultura foram semelhantes nos dois ciclos, sendo procedido o manejo da copa, englobando as atividades de desbrota, eliminação de gavinhas, desponte e na medida de desenvolvimento dos ramos os mesmos eram conduzidos sobre a espaldeira. Antes da aplicação dos tratamentos foi realizada capina manual para retirada das plantas espontâneas num raio de aproximadamente 70 cm (tomando-se o caule da videira como centro da área), enquanto que nas entrelinhas foi utilizado roçadeira mecânica, sempre

mantendo controlado o crescimento das plantas espontâneas. No decorrer do experimento o raio de 70 cm foi mantido isento de plantas espontâneas para não afetar a disponibilidade de nutrientes.

O sistema de irrigação empregado foi o de microaspersão, com turno de rega de 1 hora e frequência de irrigação de uma vez a cada 24 horas. O cálculo da lâmina de irrigação foi baseado na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), por meio de parâmetros aferidos através da estação meteorológica instalada na Fazenda Experimental. Aplicou-se a lâmina de água em conformidade com coeficiente de cultivo da videira para cada fase fenológica (BASSOI et al., 2007).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com seis repetições, em esquema fatorial 5 x 2, que corresponderam a 5 doses de fertilizante nitrogenado (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), na ausência e presença de adubação orgânica (0 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondente a 13,3 toneladas ha<sup>-1</sup>, base seca). O fertilizante nitrogenado utilizado foi a uréia, a aplicação foi parcelada da seguinte maneira: 50% uma semana antes da poda de produção, e os 50% restantes foram fracionados em quatro aplicações semanais. A fonte de adubação orgânica foi o esterco bovino, aplicado em dose única em conjunto com a primeira aplicação do nitrogênio. Uma amostra do adubo orgânico foi coletada e enviada para análise, as características químicas encontram-se descritas na Tabela 3. Os fertilizantes minerais e orgânicos foram aplicados na superfície do solo e logo após o processo de adubação a área foi irrigada para diminuir as perdas de N por volatilização.

**Tabela 3.** Características químicas do esterco bovino utilizado no experimento, e a quantidade proporcional de nutrientes adicionadas por planta e por hectare contidos nos 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (13,3 ton ha<sup>-1</sup>) do adubo orgânico, em cada ciclo de cultivo, Mossoró, RN. 2017

N	C	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn
----- g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
9,81	104,11	2,43	9,47	2,78	10,04	4,88	11	157	250	164
----- g planta <sup>-1</sup> -----										
78,5	832,9	19,44	75,8	22,24	80,32	39,04	0,09	1,26	2,0	1,31
----- kg ha <sup>-1</sup> -----										
130,86	1.388,8	32,42	126,33	37,08	133,93	65,1	0,15	2,1	3,33	2,18

**Fonte:** Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFERSA.

A partir dos resultados da análise do solo da área experimental (Tabela 2), foi averiguada a atual fertilidade, com intuito de se constatar a necessidade de correção do solo, propiciando assim, condições ótimas de desenvolvimento a todas as unidades experimentais. Com base nestes resultados e seguindo as recomendações de adubação para a cultura da videira (IPA, 2008) foi realizada uma adubação corretiva, com exceção do N, privando o solo do nutriente

que estava em teste. Desta forma, foram aplicados 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando como fontes o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. O fósforo foi aplicado em dose única juntamente com a primeira aplicação de N e o potássio seguiu o mesmo parcelamento utilizado para as doses de N.

Ao final de cada ciclo experimental, foram coletadas amostras de solo da camada 0-20 cm em todas as unidades experimentais, para avaliação das características químicas. As variáveis analisadas foram teores de macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Na, Fe, Mn e Zn), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), teor de matéria orgânica (MO) e soma de bases (SB).

O pH e a CE foram determinados em água, na relação da suspensão solo:água de 1: 2,5. O nitrogênio foi determinado a partir da digestão sulfúrica e quantificado pelo método de Kjeldahl. O Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foram extraídos com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, na proporção solo:solução de 1:10, e determinados por titulação com EDTA. O K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e P foram extraídos com solução de Mehlich 1, na proporção solo:solução 1:10, em que o K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> foram determinados por fotometria de chama, e o P por espectrofotometria. O teor de matéria orgânica foi determinado pela oxidação via úmida da matéria orgânica pelo dicromato de potássio 0,2 mol L<sup>-1</sup>, em meio sulfúrico, e titulação pelo sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Os micronutrientes foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica, utilizando-se o extrator Mehlich 1. Com os resultados analíticos foi calculada a soma de bases (SB), seguindo metodologia da Embrapa (2009).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste t para comparação das médias para o fator qualitativo (AO), ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (N) e para interação entre os fatores, foram ajustadas equações de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático pelo teste f, escolhendo-se aquele com significância menor que 5% ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se o programa estatístico software R, pacote Expdes.pt.

### **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após as avaliações realizadas ao final dos ciclos de produção, constatou-se a ocorrência de alterações nas características químicas do solo. Houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) da interação Nitrogênio (N) x Adubo Orgânico (AO) para todas as variáveis analisadas.

Para os teores de nitrogênio total do solo, analisando dentro dos níveis de N estudados, observa-se que os valores da concentração média de N nos níveis de AO, após os ciclos de cultivo da videira e em todas as doses de N, se ajustaram, ambas ( $p \leq 0,01$ ), ao modelo de

regressão linear, significando que, tanto na presença, como na ausência do AO, a concentração média de N no solo aumentou de forma proporcional ao aumento das doses de N aplicadas. Para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, na presença de AO, estimou-se o teor de 1,36 e 1,35 g kg<sup>-1</sup> de N, no primeiro e segundo ciclo, respectivamente. Enquanto que na ausência do AO, estimou-se o teor de 1,14 e 1,17 g kg<sup>-1</sup> de N (Tabela 4). Quando na presença do AO a concentração de N total do solo apresentou uma superioridade de 19,3% no primeiro ciclo e de 15,4% no segundo, comprovando, a importância da adução nitrogenada no processo de mineralização dos nutrientes presentes no AO adicionado ao solo. Levando-se em consideração que o teor estimado de N presente no esterco foi de aproximadamente 131,0 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3), o mesmo pode ter contribuído para estes resultados.

**Tabela 4.** Desdobramento da concentração total de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo cultivado com videira, sob influência da adubação nitrogenada, com e sem uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção. Mossoró, RN, 2017

Variável	AO	Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )					Equação	R <sup>2</sup>
		0	30	60	90	120		
1° Ciclo								
N	Sem	0,51a	0,59b	0,78b	1,04b	1,12b	y = 0,4743+0,0056x	0,97**
	Com	0,41b	0,81a	1,03a	1,17a	1,28a	y = 0,5226+0,007x	0,93**
P	Sem	41,55a	42,90b	43,34b	42,92b	43,02b	y = 41,674+0,0419x-2,6e <sup>-4</sup> x <sup>2</sup>	0,88*
	Com	41,65a	47,22a	48,68a	49,98a	50,78a	y = 42,069+0,1625x-7,7e <sup>-4</sup> x <sup>2</sup>	0,97**
K	Sem	127,5b	128,9b	130,5b	131,0b	132,0b	y = 127,650+0,0387x	0,97**
	Com	128,8a	133,7a	138,1a	143,4a	147,9a	y = 128,753+0,1601x	0,99**
Ca	Sem	4,04b	4,09b	4,15b	4,10b	4,14b	$\bar{y} = 4,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	- <sup>2</sup>
	Com	4,16a	4,30a	4,37a	4,43a	4,43a	y = 4,16+0,0051x-2,3 e <sup>-5</sup> x <sup>2</sup>	0,99**
Mg	Sem	0,99b	1,04b	1,03b	1,03b	1,02b	$\bar{y} = 1,02 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	- <sup>1</sup>
	Com	1,15a	1,27a	1,37a	1,45a	1,55a	y = 1,1397+0,0035x	0,98*
2° Ciclo								
N	Sem	0,48a	0,59b	0,76b	1,04b	1,17b	y = 0,449+0,0060x	0,98**
	Com	0,42b	0,81a	1,02a	1,17a	1,27a	y = 0,531+0,0068x	0,93**
P	Sem	41,12b	41,84b	42,60b	42,68b	42,79b	y = 41,101+0,0321x-1,5e <sup>-4</sup> x <sup>2</sup>	0,98**
	Com	42,43a	46,52a	49,07a	50,18a	50,30a	y = 42,483+0,1539x-7,4e <sup>-4</sup> x <sup>2</sup>	0,99**
K	Sem	126,7b	128,0b	129,7b	130,1b	131,1b	y = 126,826+0,0374x	0,95**
	Com	129,7a	134,6a	138,8a	144,0a	148,1a	y = 129,865+0,1531x	0,99**
Ca	Sem	3,99b	4,09b	4,13b	4,12b	4,12b	$\bar{y} = 4,09 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	- <sup>2</sup>
	Com	4,19a	4,33a	4,41a	4,42a	4,44a	y = 4,196+0,0049x-2,3e <sup>-5</sup> x <sup>2</sup>	0,98**
Mg	Sem	0,95b	0,96b	0,98b	0,96b	0,96b	$\bar{y} = 0,96 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	- <sup>1</sup>
	Com	1,14a	1,34a	1,41a	1,45a	1,57a	y = 1,1886+0,0032x	0,93**

AO = adubo orgânico; N = g kg<sup>-1</sup>; P e K = mg dm<sup>-3</sup>; Ca e Mg = cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Nas linhas, para cada variável, estão as médias dos níveis de AO dentro de cada nível de N e suas respectivas regressões. Médias seguidas de mesma letra na coluna (níveis de N dentro de cada nível de AO), não diferem entre si pelo teste de t (p≤0,05). <sup>1</sup>= as médias desse fator foram consideradas estatisticamente iguais de acordo com o teste F. <sup>2</sup>= os dados não se adequaram a nenhum modelo de regressão. \* e \*\* significativo 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Por sua vez, analisando dentro dos níveis AO estudados, todas as doses de N aplicadas promoveram maior concentração média de N no solo na presença de AO, exceto a dose 0 kg

ha<sup>-1</sup> de N, onde o efeito da adição de AO no solo não foi verificado (Tabela 4). Isso pode ser consequência da imobilização do N pela biomassa microbiana (MENEZES e SALCEDO, 2007), que devido a alta carga de carbono adicionada ao solo pelo esterco (1.389 kg ha<sup>-1</sup>, Tabela 3), tenha ocasionado alterações na relação C:N do solo, favorecendo o processo de imobilização.

De forma simplificada, pode-se explicar que quando ocorre a deposição de resíduos orgânicos (vegetais ou animais) na superfície do solo, promove-se o desenvolvimento de microrganismos devido ao aumento na disponibilidade de carbono e energia. Esses microrganismos são responsáveis pela decomposição do material orgânico depositado no solo e necessitam de N para usá-lo como fonte de energia no processo de decomposição. Se o material depositado possuir alta relação C:N, o que significa pouco nitrogênio para suprir as necessidades dos microrganismos, tanto o N presente no material orgânico, como o N do solo poderão ser incorporados pela biomassa microbiana, causando com isso sua imobilização (ROSCOE et al., 2006; GIACOMINI et al., 2009; DONEDA et al., 2012 e SILVA et al., 2014b).

A relevância deste fato anterior, assim como boa parte dos resultados que foram e ainda serão apresentados neste trabalho, tem forte ligação com a atividade dos microrganismos do solo. Para que os nutrientes presentes em um adubo orgânico venham a ser realmente mineralizados e disponibilizados para o solo, existem inúmeros fatores que influenciam neste processo (SILVA et al., 2014b), dentre estes a relação carbono:nitrogênio (C:N) apresenta grande importância, uma vez que o desbalanceamento desta relação pode retardar de forma significativa a velocidade com que este material é decomposto pela biomassa microbiana, ocasionando imobilização do N presente no solo.

Desta forma, as doses de N (0,30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) utilizadas como tratamentos neste trabalho, podem ter promovido um melhor equilíbrio na relação C:N acarretando em condições mais satisfatórias para o processo de mineralização dos nutrientes presentes no AO. Em consequência disto, a disponibilidade dos nutrientes pode ter sofrido variações no tempo de liberação, quer seja de forma acelerada, quer seja mais compassada. Nos trabalhos realizados por Carneiro et al. (2013), Silva et al. (2014a) e Lorensini et al. (2014), os autores evidenciaram a influência na liberação de nutrientes por diversos materiais orgânicos em decorrência de alterações provocadas na relação C:N, como também pela influência proporcionada pela adição de N mineral associado aos materiais orgânicos (ASSIS et al., 2003; POTCHICH et al., 2014 e SILVA et al., 2016). Segundo Aita (1997), isso ocorre porque tanto a população como a atividade dos microrganismos decompositores são muito influenciadas pela quantidade de N e

assim, o aumento na disponibilidade de N pode favorecer a velocidade de decomposição e consequente a liberação de nutrientes para o solo.

De forma geral, na presença de AO, após os dois ciclos de produção avaliados, todas as doses de N conferiram maiores valores na concentração média de fósforo (P) no solo, exceto a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N no primeiro ciclo, no qual, tanto na ausência como na presença do AO não foi observada influencia na concentração de P no solo (Tabela 4). Isto indica que, pelo resultado do primeiro ciclo, quando o AO se encontra ausente do N a disponibilização do P comporta-se no mesmo nível que sem N adicionado ao solo, isso pode ser decorrência da própria imobilização mencionada anteriormente, visto que, como não foi adicionado N, o processo de decomposição pode ter sido diminuído e com isso, estima-se que tenha afetado a liberação do P presente no AO. Relativo ao segundo ciclo, a presença do AO disponibilizou mais P no solo em todos os níveis de N aplicados.

Em ambos os ciclos, o P apresentou incrementos com ajuste quadrático para o aumento dos seus teores. Na combinação das doses de N com AO, os maiores valores foram 50,6 e de 50,5 mg dm<sup>-3</sup> de P, estimados nas doses de 105,5 e 103,9 kg ha<sup>-1</sup> de N. Enquanto que na ausência do AO, os teores foram de 43,3 e 42,8 mg dm<sup>-3</sup> de P, estimados nas doses de 84,6 e 107,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente. As concentrações médias de P quando na presença do AO, podem ser explicadas devido ao próprio fornecimento de P pelo esterco, que foi estimado em aproximadamente 33 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 3) e corresponderia a uma aplicação 183,3 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples (18% de P). Aumentos nas concentrações de P pelo uso de AO também foram relatados por Damatto Júnior et al., (2006) e Bustamante et al., (2011).

Vale ressaltar também que todas as unidades experimentais receberam aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (80 kg ha<sup>-1</sup>) como forma de adubação corretiva e, possivelmente, os valores médios observados no tratamento sem aplicação do AO para os teores de P, tenham sofrido influência da diminuição do pH, visto que, antes da instalação do experimento o solo da área apresentava pH de 7,95 (Tabela 2) e nestas condições, a disponibilidade do P fica comprometida. De acordo com Malavolta (1979) a faixa de pH que permite a melhor disponibilidade de P, fica compreendida entre 6,5 a 7,2, ocorrendo indisponibilidade progressiva para valores inferiores ou superiores a esta faixa. Desta forma, se observado os valores da variável pH do solo contido na Tabela 6, percebe-se que, com o aumento das doses de N ocorreu a diminuição linear do pH do solo, o que provavelmente propiciou melhores condições na disponibilidade do P. Essa dinâmica verificada na redução do pH e o motivo para ocorrência de tal efeito, será tratada com maior ênfase na discussão desta variável em específico.

Pode-se relatar que a influência do pH do solo sobre a disponibilidade de P, torna-se possível, uma vez que, com a redução do pH ocorre um aumento na densidade de cargas negativas na superfície dos colóides do solo, resultando em uma menor adsorção do íon fosfato, reduzindo, com isso, a capacidade de adsorção de P do solo e conseqüentemente aumentando a eficiência do fósforo aplicado (NOVAIS & SMYTH, 1999). Em trabalho realizado por Maeda e Bognola (2012) avaliando a influência do pH na eficiência de aproveitamento do fósforo, os autores concluíram que, com pH próximo da neutralidade, conseguiu-se elevar a disponibilidade de fósforo no solo, aumentando conseqüentemente a eficiência de utilização.

Para a concentração de potássio (K) no solo dentro dos níveis de AO estudados, todos os níveis de N promoveram maior concentração média de K na presença de AO (Tabela 4). A adição de AO foi primordial para a disponibilização do K ao solo. Por sua vez, analisando dentro dos níveis de N estudados, os valores da concentração média de K nos níveis de AO, ajustaram-se, ambas ( $p \leq 0,01$ ), ao modelo de regressão linear, significando que, tanto na presença como na ausência de AO, a concentração média de K no solo aumentou de forma proporcional ao aumento das doses de N aplicadas.

Na maior dose de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), estimou-se através das equações de regressão ajustadas, teores de  $147,9$  e  $148,2 \text{ mg dm}^{-3}$  de K quando utilizado AO e de  $132,2$  e  $131,3 \text{ mg dm}^{-3}$ , na sua ausência do AO, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente. Levando-se em consideração a média obtida pela soma dos valores encontrados em cada ciclo, verifica-se que, na presença do AO as doses de N proporcionaram um aumento de  $12,4\%$  em relação ao efeito das doses de N. Esse aumento linear nos teores de K, podem ter sido ocasionados pela própria contribuição exercida pelo esterco, que foi de aproximadamente  $126,0 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 3), onde fazendo-se uma conversão, utilizando como fonte o cloreto de potássio (KCl), seriam necessários uma quantia de aproximadamente  $211,0 \text{ kg ha}^{-1}$  para alcançar este resultado. O efeito do esterco e outros resíduos orgânicos sobre o aumento dos níveis de K no solo, também foram relatados por Jiménez Becker et al. (2010), Bustamante et al. (2011) e Clemente et al. (2012).

No caso dos resultados observados para os teores de K no solo quando as doses de N estavam ausentes do AO, pode-se observar que mesmo ocorrendo ajuste de regressão linear (Tabela 4), os valores médios encontrados na dose  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N ( $127,5$  e  $126,7 \text{ mg dm}^{-3}$  de K) no primeiro e segundo ciclo, e comparando aos valores médios de  $132,0$  e  $131,1 \text{ mg dm}^{-3}$  encontrados na dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, a diferença seria de apenas  $4,5$  e  $4,4 \text{ mg dm}^{-3}$  de K. Já quando utilizado AO, esta diferença aumenta para  $19,1$  e  $18,4 \text{ mg dm}^{-3}$ . Lembrando-se que,

como mencionado anteriormente para o fósforo, também foi aplicado  $K_2O$  como forma de adubação corretiva do solo, sendo adicionada uma dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Existe na literatura trabalhos que relatam a interação entre estes elementos na planta (N e K), o que pode de alguma forma ter correlação ao solo (DIBB e THOMPSON JUNIOR, 1985). De acordo com Hedge e Srinivas (1991), o aumento das doses de N resultou em acréscimo nas quantidades de P e K. Primavesi et al. (2006), trabalhando com doses de N ( $50, 100$  e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) verificaram que as concentrações de K aumentaram com as doses de N, variando de  $28$  a  $35 \text{ g kg}^{-1}$ , quando aplicaram  $100$  e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, respectivamente. Em estudo da absorção de cátions e ânions pelo Capim-Coastcross adubado com doses de nitrogênio ( $0, 25, 50, 100$  e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) Primavesi et al. (2005) verificaram que doses crescentes de N propiciaram aumentos nos teores de K. Panaullah et al. (2006) avaliando a absorção de K no cultivo de arroz e trigo em sucessão, verificaram que a adubação nitrogenada aumentou a absorção de K pela cultura do trigo, e segundo os autores, o emprego da adubação nitrogenada incrementou a absorção de K em  $57\%$ , com o fornecimento de  $120$  e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e K respectivamente.

Analisando a concentração de cálcio (Ca) no solo após os dois ciclos de avaliação, verifica-se que, dentro dos níveis de AO estudados, todas as doses de N testadas, apresentaram melhores resultados para os teores de Ca no solo na presença do AO. Avaliando agora os teores de Ca dentro dos níveis de N, verifica-se que em ambos os ciclos, quando na ausência do AO os dados não se ajustaram aos modelos de regressão testados, já quando foi adicionado AO, houve ajuste ao modelo quadrático para aumento dos teores de Ca conforme níveis de N, em ambos os ciclos avaliados.

Estimou-se, através das equações de regressão que os maiores teores de Ca foram de  $4,44$  e  $4,46 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , nas doses de  $110,8$  e  $106,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente. Deste modo, constata-se que, com a aplicação de N e AO a concentração de Ca no solo, aumenta, mas só até certo ponto. Tomando-se como base o teor inicial de Ca presente no solo antes da aplicação dos tratamentos ( $4,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , Tabela 2) e comparando com o teor médio obtido nos dois ciclos, verifica-se que ocorreu um aumento  $6,7\%$ . Esse valor pode ser considerado baixo, visto que, o conteúdo de Ca presente no AO era considerável ( $134,0 \text{ kg ha}^{-1}$ , Tabela 3). Para suprir esta mesma quantidade por uma fonte mineral, a exemplo do gesso agrícola ( $16\%$  de Ca), seriam necessários aproximadamente  $830 \text{ kg ha}^{-1}$  para atender a mesma quantidade proporcionado pelo uso do adubo orgânico.

Os teores de magnésio (Mg) no solo foram afetados do mesmo modo que os teores de Ca pelas doses de N e níveis de AO estudados (Tabela 4). No entanto, observou-se em ambos

os ciclos, que para o efeito das doses de N, as médias de Mg presentes no solo foram consideradas estatisticamente iguais pelo teste F. Somente os dados dos teores de Mg referentes as doses de N na presença de AO se ajustaram ao modelo de regressão linear, verificando-se na maior dose de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) os teores estimados de  $1,56$  e  $1,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente.

Levando-se em consideração o conteúdo de Mg presente no solo antes da instalação do experimento ( $1,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , Tabela 2) e a média obtida entre os dois ciclos, constata-se uma elevação de  $48,6\%$  proporcionada pelo uso do AO. Com sua introdução, estima-se que foram adicionados ao solo o conteúdo de aproximadamente  $65,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg (Tabela 3). Tomando-se esse valor como parâmetro, seria necessária a aplicação de aproximadamente  $722 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de magnésio ( $9\%$  de Mg) para atender a mesma quantidade proporcionada pelo AO.

Resultados de outras pesquisas mostram a relevante contribuição no uso de AO para aumento dos teores de Ca e Mg no solo. De acordo com Silva et al. (2016), ao avaliarem o uso de AO e doses de N nas características químicas do solo cultivado com videira, verificaram que quando adicionado adubo orgânico ao solo, os teores de Ca e Mg conferidos pela fonte orgânica, foram de  $301,5$  e  $103,5 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, valores estes, superiores aos encontrados nesta pesquisa ( $134,0$  e  $65,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ). No entanto, a composição nutricional dos esterco, podem sofrer muita variação a depender do animal excretor, como também da dieta ao qual os animais estão submetidos (KIEHL, 1985) visto que na pesquisa mencionada anteriormente, o adubo orgânico utilizado foi o esterco caprino.

Na concentração de sódio (Na), observa-se que dentro dos níveis de AO estudados, todas as doses de N causaram maior teor médio de sódio no solo, quando na presença de AO. Contudo, os dados resultantes da ausência de AO dentro dos níveis de N foram considerados estatisticamente iguais pelo teste F, em contrapartida, quando foi adicionado AO, exibiu comportamento quadrático para aumento dos teores de Na conforme níveis de N, em ambos os ciclos avaliados. Este acréscimo pode ser explicado devido a própria introdução do AO, pois se verificado o teor de Na contido, estima-se que foram adicionados ao solo aproximadamente  $37,0 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 3).

Para a maior dose de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na presença do AO, estimou-se através das equações de regressão os teores de  $54,76$  e  $54,99 \text{ mg dm}^{-3}$  de Na, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente (Tabela 5). Fazendo-se uma comparação ao teor inicial presente no solo ( $49,0 \text{ mg dm}^{-3}$ , Tabela 2) e adotando-se a média encontrada nos dois ciclos, constata-se que ocorreu um aumento de aproximadamente  $12\%$  no nível de Na. O teor de sódio nem sempre é levado em consideração ao se fazer o uso de esterco como fonte de nutrientes ao solo, pois na

maioria das vezes, só é dada importância aos efeitos positivos proporcionados pelo seu uso. Desta forma, uma averiguação do teor de Na torna-se essencial, uma vez que, caso o solo já possua problemas com salinidade ou mesmo apresente tendência, a introdução de esterco com a intenção de melhorar a fertilidade do solo, pode acabar trazendo um efeito maléfico para outro fator, que neste caso, seria o aumento dos teores de sódio na área, trazendo os já conhecidos problemas relacionados a este processo (Jiménez Becker et al.,2010).

**Tabela 5.** Desdobramento da concentração total de sódio (Na), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) no solo cultivado com videira, sob influência da adubação nitrogenada, com e sem uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção. Mossoró-RN, 2017

Variável	AO	Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )					Equação	R <sup>2</sup>
		0	30	60	90	120		
1° Ciclo								
Na	Sem	50,39b	50,42b	50,44b	50,40b	50,43b	$\bar{y} = 50,42 \text{ mg dm}^{-3}$	— <sup>1</sup>
	Com	52,33a	53,28a	53,84a	54,15a	54,67a	$y = 52,5413+0,0185x$	0,96**
Fe	Sem	12,30b	12,23b	12,23b	12,29b	12,30b	$\bar{y} = 12,27 \text{ mg dm}^{-3}$	— <sup>1</sup>
	Com	12,42a	12,61a	13,32a	13,90a	14,30a	$y = 12,3030+0,0168x$	0,98**
Mn	Sem	29,98b	30,09b	30,31b	30,88b	31,06b	$y = 29,874+0,0098x$	0,94**
	Com	33,36a	38,33a	42,30a	46,20a	46,64a	$y = 34,48+0,1147x$	0,95**
Zn	Sem	3,55b	3,65b	3,73b	3,74b	3,86b	$y = 3,560+0,0024x$	0,95**
	Com	4,00a	4,52a	5,04a	5,47a	5,86a	$y = 4,0486+0,01548x$	0,99**
2° Ciclo								
Na	Sem	50,27b	50,36b	50,38b	50,35b	50,37b	$\bar{y} = 50,35 \text{ mg dm}^{-3}$	— <sup>1</sup>
	Com	52,62a	53,50a	53,97a	54,43a	54,92a	$y = 52,7856+0,0184x$	0,98**
Fe	Sem	12,20b	12,31b	12,32b	12,37b	12,37b	$y = 12,2407+0,00133x$	0,84**
	Com	12,50a	12,70a	13,42a	14,00a	14,38a	$y = 12,393+0,0168x$	0,98**
Mn	Sem	29,91b	30,18b	30,39b	30,97b	31,15b	$y = 29,868+0,0109x$	0,97**
	Com	33,45a	38,42a	42,38a	46,29a	46,72a	$y = 34,570+0,1147x$	0,95**
Zn	Sem	3,46b	3,73b	3,81b	3,82b	3,94b	$y = 3,5480+0,0035x$	0,86**
	Com	4,09a	4,61a	5,13a	5,55a	5,94a	$y = 4,1386+0,0155x$	0,99**

AO = adubo orgânico; Na, Fe, Mn e Zn = mg dm<sup>-3</sup>. Nas linhas, para cada variável, estão as médias dos níveis de AO dentro de cada nível de N e suas respectivas regressões. Médias seguidas de mesma letra na coluna (níveis de N dentro de cada nível de AO), não diferem entre si pelo teste de t (p≤0,05). <sup>1</sup>= as médias desse fator foram consideradas estatisticamente iguais de acordo com o teste F. \* e \*\* significativo 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Analisando a concentração média dos demais micronutrientes (Fe, Mn e Zn) no solo após os ciclos de cultivo da videira, observa-se que dentro dos níveis de AO estudados, todas as doses de N aplicadas promoveram maior concentração de Fe, Mn e Zn na presença de AO.

Para os níveis de N estudados dentro dos níveis de AO, observa-se que os teores médios de Fe, Mn e Zn, ajustaram-se, ao modelo de regressão linear, em ambos os ciclos, significando que, tanto na presença como na ausência do AO, a concentração média de N no solo aumentou de forma proporcional ao aumento das doses de N aplicadas.

Por sua vez, os teores médios de Fe no primeiro ciclo, na ausência do AO foram considerados estatisticamente iguais pelo teste F. Já para o segundo ciclo, na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, o valor estimado foi de 12,39 mg dm<sup>3</sup>, comparando esse resultado ao teor de 12,57 mg dm<sup>3</sup> (Tabela 2), presente no solo antes da instalação dos tratamentos, ressalta-se que ocorreu um pequeno declínio (0,18 mg dm<sup>3</sup>), que pode ser explicado devido a própria absorção realizada pelo sistema radicular da videira. Tratando-se da interação N e AO, encontrou-se na maior dose de N (120 kg ha<sup>-1</sup>) os valores estimados de 14,32 e 14,41 mg dm<sup>3</sup> de Fe, no primeiro e segundo ciclo, respectivamente. Sendo verificado através da média obtida nos dois ciclos, um aumento de 14% em relação ao teor inicial presente no solo (12,57 mg dm<sup>3</sup>, Tabela 2). Ressaltando-se que o uso do AO proporcionou a introdução de aproximadamente 2,1 kg ha<sup>-1</sup> de Fe (Tabela 3).

Os teores de Mn e Zn para o efeito das doses de N ausentes do AO, foram estimados em 31,05 e 31,17 mg dm<sup>3</sup> para o Mn, e de 3,86 e 3,97 mg dm<sup>3</sup> para o Zn. Já na interação N e AO, os valores estimados foram de 48,24 e 48,33 mg dm<sup>3</sup> para o Mn e de 5,90 e 5,99 mg dm<sup>3</sup> para o Zn, correspondes ao primeiro e segundo ciclo, respectivamente. Levando-se em conta o teor inicial presente no solo de 29,75 mg dm<sup>3</sup> de Mn e de 4,0 mg dm<sup>3</sup> de Zn (Tabela 2) e adotando-se a média obtida pelo resultado nos dois ciclos, constata-se que houve um aumento de 1,36 mg dm<sup>3</sup> de Mn, e um declínio de 0,09 mg dm<sup>3</sup> para o Zn, isto em relação ao efeito das doses de N na ausência do AO. Para a interação N e AO, verifica-se um aumento de 18,53 e 1,94 mg dm<sup>3</sup> de Mn e Zn, que correspondeu a um acréscimo 62,3 e 48,5% respectivamente, em comparação ao teor inicial. Estes resultados encontrados para interação N e AO, podem ser explicados devido ao teor de nutrientes fornecidos pelo AO, uma vez que, foram simultaneamente adicionas ao solo uma estimativa de 3,33 e 2,18 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e Zn (Tabela 3).

Em trabalho realizado por Silva et al. (2016), os autores verificaram que com o uso de adubo orgânico (esterco caprino), os níveis de Mn aumentaram, em média, 35% e 41% nas camadas 0,0-20,0 e 20,0-40,0 cm, respectivamente. Tais resultados foram atribuídos ao teor de 4,7 kg ha<sup>-1</sup> de Mn presentes no AO adicionado ao solo. Esse mesmo efeito da aplicação de composto e outros resíduos orgânicos também foi descrito por Bustamente et al. (2011) e Clemente et al. (2012).

A provável explicação para os valores dos micronutrientes em relação ao efeito das doses de N ausentes de AO, seguem o mesmo raciocínio empregado para o fósforo. Onde de acordo com Malavolta (1979), a disponibilidade de Fe, Mn e Zn são proporcionais ao declínio do pH do solo. Como o valor do pH averiguado antes da instalação dos tratamentos era de 7,95 (Tabela 2), e com o aumento das doses de N ocorreu a diminuição linear do pH do solo, provavelmente ocasionou melhores condições para disponibilidade dos mesmos (Tabela 6).

**Tabela 6.** Desdobramento do valor de pH, condutividade elétrica (CE), matéria orgânica (MO) e soma de bases (SB) do solo cultivado com videira, sob influência da adubação nitrogenada, com e sem uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção. Mossoró-RN, 2017

Variável	AO	Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )					Equação	R <sup>2</sup>
		0	30	60	90	120		
1° Ciclo								
pH	Sem	7,90a	7,82a	7,68a	7,58a	7,39b	$y = 7,930 - 0,0044x$	0,98**
	Com	7,86b	7,73b	7,68a	7,58a	7,54a	$y = 7,836 - 0,0026x$	0,97**
CE	Sem	79,65b	79,83b	80,75b	81,65b	81,47b	$y = 79,580 + 0,0181x$	0,89**
	Com	82,62a	84,78a	85,82a	87,72a	88,33a	$y = 82,980 + 0,0479x$	0,97**
MO	Sem	3,75b	3,72b	3,68b	3,67b	3,61b	$y = 3,753 - 0,0011x$	0,95**
	Com	13,41a	11,62a	10,88a	10,33a	10,11a	$y = 13,324 - 0,058x + 2,6e^{-4}x^2$	0,99**
SB	Sem	5,59b	5,74b	5,73b	5,68b	5,73b	$\bar{y} = 5,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	— <sup>2</sup>
	Com	5,83a	6,14a	6,33a	6,48a	6,60a	$y = 5,90 + 0,0063x$	0,96**
2° Ciclo								
pH	Sem	7,86a	7,61a	7,47b	7,37b	7,17b	$y = 7,822 - 0,0054x$	0,98**
	Com	7,71b	7,62a	7,55a	7,49a	7,46a	$y = 7,696 - 0,0021x$	0,97**
CE	Sem	80,55b	80,73b	81,65b	82,55b	82,36b	$y = 80,480 + 0,0181x$	0,89*
	Com	83,51a	85,68a	86,71a	88,61a	89,23a	$y = 83,880 + 0,0479x$	0,97**
MO	Sem	3,71b	3,64b	3,54b	3,60b	3,54b	$\bar{y} = 3,60 \text{ g kg}^{-1}$	— <sup>1</sup>
	Com	15,51a	13,58a	12,62a	12,28a	12,24a	$y = 15,445 - 0,0679x + 3,4e^{-4}x^2$	0,99**
SB	Sem	5,50b	5,63b	5,67b	5,63b	5,63b	$\bar{y} = 5,61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	— <sup>2</sup>
	Com	5,89a	6,32a	6,41a	6,46a	6,63a	$y = 5,941 + 0,0107x - 4,5e^{-5}x^2$	0,93**

AO = adubo orgânico; CE =  $\mu\text{s m}^{-1}$ ; MO =  $\text{g kg}^{-1}$ ; SB =  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Nas linhas, para cada variável, estão as médias dos níveis de AO dentro de cada nível de N e suas respectivas regressões. Médias seguidas de mesma letra na coluna (níveis de N dentro de cada nível de AO), não diferem entre si pelo teste de t ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>= as médias desse fator foram consideradas estatisticamente iguais de acordo com o teste F. <sup>2</sup>= os dados não se adequaram a nenhum modelo de regressão. \* e \*\* significativo 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Os resultados apresentados na Tabela 6 são de extrema relevância para a discussão deste trabalho, uma vez que, estas variáveis podem ser consequência dos resultados apresentados anteriormente (Tabelas 4 e 5) ou os resultados da Tabela 6 podem explicar a ocorrência das variáveis anteriores. Partindo-se deste ponto e adentrando na variável pH do solo, este foi usado como explicação para disponibilidade de alguns nutrientes discutidos anteriormente (P, Fe, Mn e Zn). Deste modo, relata-se que tanto as doses de N como sua interação com AO ajustaram-se ao modelo de regressão linear, em ambos os ciclos.

Fazendo-se uso das equações de regressões, estimou-se para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, os valores de 7,40 e 7,17 quando usado apenas N. Para interação com o AO os valores estimados foram de 7,52 e 7,44, correspondentes ao primeiro e segundo ciclo, respectivamente. Tomando-se como base o valor médio obtido pela soma dos dois ciclos e fazendo-se uma correlação com o valor inicial de pH 7,95 (Tabela 2), observa-se que houve um declínio de aproximadamente 0,7 pontos quando utilizado apenas N, enquanto para interação com AO, essa redução foi de aproximadamente 0,47 pontos.

De acordo com Tasca et al. (2011), após aplicação no solo, a uréia é hidrolisada pela enzima uréase, resultando na formação de amônio. Durante esse processo, ocorre inicialmente

um aumento do pH, principalmente ao redor dos grânulos do fertilizante devido ao consumo de íons  $H^+$ . Porém, após a nitrificação do amônio, o pH decresce para valores inferiores aos originais (ROCHETTE et al., 2009), desta forma, cada molécula de uréia produz, ao final do processo de nitrificação do amônio, um saldo positivo de dois íons  $H^+$ . Rosado et al. (2014), testando doses e fontes de N aplicados ao solo, observaram comportamento similar, também atribuindo os resultados ao efeito da hidrólise da uréia no solo, que produzem  $H^+$  e contribuíram para decrescer o pH do solo, o que corrobora os resultados obtidos neste trabalho.

Para a condutividade elétrica (CE) do solo, observou-se ajuste dos dados ao modelo de regressão linear para ambos os ciclos (Tabela 6). Ressalta-se que, os valores médios observados para o efeito das doses de N na ausência do AO, são muito próximos ao valor original da CE ( $80,0 \mu S m^{-1}$ , Tabela 2) antes da aplicação dos tratamentos. Com base na derivada das equações de regressões, para as doses de N na ausência do AO, encontrou-se na dose de  $120 kg ha^{-1}$  de N, os valores estimados de  $81,75$  e  $82,65 \mu S m^{-1}$ . Para interação N e AO, os valores estimados foram de  $88,75$  e  $89,63 \mu S m^{-1}$ , no primeiro e segundo ciclo, respectivamente. Desta forma, usando-se a média dos valores obtidos em cada ciclo, observa-se que ocorreu um aumento de  $2,75\%$  para as doses de N, e de aproximadamente  $11,5\%$  para interação N e AO.

Este fato observado para interação (N e AO) pode ser explicado justamente pelo aporte de sais, principalmente de Na e K presentes no AO (Tabela 3). Quando as doses de N estavam ausentes do AO, ocorreu um pequeno aumento em comparação ao valor original, podendo este, ser efeito da adubação corretiva utilizada no solo, onde o uso do KCl (cloreto de potássio) pode ter proporcionado esta alteração. De qualquer forma, estes teores não seriam capazes de provocar prejuízos para o desenvolvimento das videiras. Silva et al. (2016) observaram resultados similares aos deste trabalho, onde a aplicação de esterco caprino conferiu um certo grau de elevação na CE do solo, mas sem causar problemas para a cultura da videira. No entanto, Jiménez Becker et al. (2010) observaram que a aplicação de composto orgânico, elevou a CE do solo a um nível tão alto que o uso do solo seria restrito apenas a plantas tolerantes ao sal.

Para a os tores de matéria orgânica (M.O.) no solo dentro dos níveis de AO estudados, verifica-se nos dois ciclos avaliados, que as doses de N promoveram melhores resultados quando estavam associadas com AO. Analisando os teores de MO dentro dos níveis de N estudados, verifica-se que na ausência do AO, os dados referentes ao primeiro ciclo, ajustaram-se ao modelo de regressão linear, estimando-se para a maior dose de N o teor de  $3,62 g kg^{-1}$  e no segundo ciclo, os dados foram considerados estatisticamente iguais para o teste F. Já para o efeito conjunto das doses de N e AO, em ambos os ciclos, foram ajustadas equações quadráticas,

com teores de 10,1 e 12,0 g kg<sup>-1</sup>, estimados nas doses de 111,5 e 99,8 kg ha<sup>-1</sup> de N. Se levado em consideração o teor inicial de 4,07 g kg<sup>-1</sup> presente no solo (Tabela 2), observa-se que ocorreu um pequeno declínio quando foi usado apenas N, no entanto, quando utilizado AO associado as doses de N, constata-se através da média obtida pelos valores máximos de cada ciclo, que ocorreu um aumento de aproximadamente 172% no teor de M.O.

Aumentos na M.O. do solo em decorrência da aplicação de resíduos orgânicos, também foram descritos por outros autores (CLEMENTE et al., 2012; SILVA et al., 2014a). Em trabalho realizado por Silva et al. (2016), avaliando a influência de AO e doses de N nas características químicas do solo cultivado com videira, verificaram que quando adicionado AO, os teores de M.O. saltaram de 6,87 para 17,09 g kg<sup>-1</sup>. Mesmo assim, os autores salientaram que esse valor ainda é considerado baixo, o ideal para cultivos com videira deveria exceder os 20 g kg<sup>-1</sup>.

Para os valores da soma de bases (SB) do solo dentro dos níveis de AO estudados, verifica-se nos dois ciclos avaliados, que as doses de N promoveram melhores resultados quando estavam associadas com AO. Por sua vez, para os valores da SB dentro dos níveis de N, observa-se que na ausência da adubação orgânica os dados não se adequaram a nenhum modelo de regressão, para ambos os ciclos. Já para o efeito conjunto das doses de N e AO, os dados referentes ao primeiro ciclo, ajustaram-se ao modelo de regressão linear, estimando-se para a maior dose de N o teor de 6,65 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e para o segundo ciclo, houve ajuste ao modelo quadrático, com valor de 6,57 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, estimada na dose de 118,9 kg ha<sup>-1</sup> de N.

O teor inicial presente no solo antes da aplicação dos tratamentos era de 5,73 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Tabela 2), fazendo-se uma comparação com a média obtida entre os dois ciclos, verifica-se que houve um acréscimo de 0,88 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na SB, que corresponde aproximadamente a 15%. A explicação para os valores superiores da SB nos tratamentos que receberam AO, devem-se ao suprimento nos teores de Ca, Mg, Na e K proporcionado pelo AO e já mencionados anteriormente na discussão de ambos os nutrientes.

Como pode-se perceber ocorreu uma superioridade da combinação esterco bovino e N demonstrando a possibilidade de se estabelecer alternativas mais viáveis de adubação para os solos da região semiárida, especialmente para os locais em que o esterco bovino esteja disponível dentro da propriedade ou a baixo custo. Desta forma, estratégias de utilização combinada entre adubação mineral convencional de elevado custo e esterco bovino pode ser uma alternativa para a redução de custos e para melhoria da qualidade ambiental das áreas cultivadas.

#### 4 - CONCLUSÕES

A aplicação das doses de N e esterco influenciaram as características químicas do solo analisadas. A interação N e AO, ocasionaram aumento nos teores de macro e micronutrientes, na matéria orgânica e na soma de bases. As doses de N foram responsáveis por reduzir os níveis de pH para um patamar que proporcionou maior disponibilidade de nutrientes.

#### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R. & DALMOLIN, R.S.D. **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, p.76-111, 1997.

ASSIS, E. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade Microbiana e na decomposição da palhada e sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 2, p. 107-112, 2003.

BASSOI, L. H.; DANTAS, B. F.; LIMA FILHO, J. M. P.; LIMA, M. A. C.; LEÃO, P. C. S.; SILVA, D. J.; MAIA, J. L. T.; SOUZA, C. R.; SILVA, J. A. M.; RAMOS, M. M. Preliminary results of a longterm experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in São Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 754, n. 35, p. 275-282, 2007.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. M.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2035-2041, 2009.

BUSTAMANTE, M. A.; SAID-PULLICINO, D.; AGULLÓ, E.; AUDREU, J.; PAREDES, C. Application of winery and distillery waste composts to a Jumilla (SE Spain) vineyard: effects on the characteristics of a calcareous sandy-loam soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 140, n. 2, p. 80-87, 2011.

CARNEIRO, W. J. O.; SILVA, C. A.; MUNIZ, J. A.; SAVIAN, T. V. Mineralização de nitrogênio em Latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 715-725, 2013.

CIANCIO, N. R.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; FERREIRA, P. A. A.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; CONTI, L.; GIROTTO, E.; BRUNETTO, G. Crop response to organic fertilization with supplementary mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 912-922, 2014.

CARVALHO, C. de (et al), **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 88p.

CLEMENTE, R.; WALKER, D. J.; PARDO, T.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, D.; BERNAL, M. P. The use of a halophytic plant species and organic amendments for the remediation of a

trace elements-contaminated soil under semi-arid conditions. **Journal of Hazardous Materials**, v. 223-224, n. 3, p. 63-71, 2012.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da; ALVAREZ, I. A. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 50-87, 2010.

DAMATTO JÚNIOR, E. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEONEL, S.; FERNANDES, D. M. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 546-9, 2006.

DIBB, D. W.; THOMPSON JUNIOR, W. R. Interaction of potassium with other nutrients. In: MUNSON, R. D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, p. 515-533, 1985.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 1714-1723, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 230p. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2º. ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Aproveitamento pelo milho do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 761-768, 2009.

HEGDE, D. M.; SRINIVAS, K. Growth, yield, nutrient uptake and water use of bananas crops under drip and basin irrigation with N and K fertilization. **Tropical Agriculture**, v. 69, p. 331-4, 1991.

Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. Recife: IPA, 2008. 64p.

JIMÉNEZ BECKER, S.; EBRAHIMZADEH, A.; PLAZA HERRADA, B. M.; LAO, M. T. Characterization of compost based on crop residues: changes in some chemical and physical properties of the soil after applying the compost as organic amendment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, n. 6, p. 696-708, 2010.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1985. 492p.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SCHAPANSKI, D. E. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 241-247, 2014.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; TRENTIN, G.; BRUNETTO, G. Nitrogen fertilization of Cabernet Sauvignon grapevines: yield, total nitrogen content in the leaves and must composition. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 37, n. 3, p. 321-329, 2015.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Influência de calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial de eucalipto e nos níveis críticos de P. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 401-407, 2012.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 4a edição. São Paulo SP, Editora Agronomia Ceres, 1979. 255 p.

MENEZES, R.S.C. & SALCEDO, I.H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

MONTES, R. M.; PARENT, L. E.; AMORIM, D. A.; ROZANE, D. E.; PARENT, S. E.; NATALE, W.; MODESTO, V. C. Nitrogen and Potassium Fertilization in a Guava Orchard Evaluated for Five Cycles: Soil Cationic Balance. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, número especial, p. 1-11, 2016.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. & NUNES, F. N. **Fósforo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.471-550. 2007.

OLIVEIRA, F. F.; SALCEDO, I. H.; GALVÃO, S. R. S. Adubação orgânica e inorgânica de batatinha em solos arenosos: Produtividade, nutrientes na planta e lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1228-1234, 2011.

PANAULLAH, G. M.; TIMSINA, J.; SALEQUE, M. A.; ISHAQUE, M.; PATHAN, A. B. M. B. U.; CONNOR, D.J.; SAHA, P. K.; QUAYYUM, M. A.; HUMPHREYS, E.; MEISNER, C.A. Nutrient uptake and apparent balances for rice-wheat sequences. III. Potassium. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, n. 1, p.173-187, 2006.

POTRICH, D. C.; MARCHETTI, M. E.; POTRICH, D. C.; ENSINAS, S. C.; SERRA, A. P.; SILVA, E. F.; SOUZA, N. H. Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1751-1760, 2014.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-Coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 247-253, 2005.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G. & CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agrotécnica**, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.

- RÊGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, State of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1036-1042, 2016.
- ROCHETTE, P.; MACDONALD, J.D.; ANGERS, D.; CHANTINI, M.H.; GASSER, M. & BERTRAND, N. Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 38, n. 4, p. 1383-1390, 2009.
- ROSADO, T. L.; GONTIJO, I.; ALMEIDA, M. S.; ANDRADE, F. V. Fontes e doses de nitrogênio e alterações nos atributos químicos de um Latossolo cultivado com Capim-Mombaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 840-849, 2014.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; JÚNIOR, F. B. R.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Eds.) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 165-198. 2006.
- SILVA, D. J.; BASSOI, L. H.; ROCHA, M. G.; SILVA, A. O.; DEON, M. D. Organic and nitrogen fertilization of soil under ‘Syrah’ grapevine: effects on soil chemical properties and nitrate concentration. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, 2016.
- SILVA, D. J.; SILVA, A. O.; BASSOI, L. H.; COSTA, B. R. S.; TEIXEIRA, R.; SOUZA, D. R. M. Adubação orgânica e fertirrigação potássica em videira ‘Syrah’ no Semiárido. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 168-178, 2014a.
- SILVA, V. B.; SILVA, A. P.; DIAS, B. O.; ARAÚJO, J. L.; SANTOS, D.; FRANCO, R. P. Decomposição e liberação de N, P e K de esterco Bovino e de cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1537-1546, 2014b.
- SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. A. M. Liberação de nutrientes de esterco em Luvissolo no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 69-78, 2013.
- STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; ZOZ, T.; PINTO JUNIOR, A. S. Estoque de carbono orgânico no solo afetado por adubação orgânica e sistemas de culturas no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2775-2788, 2012.
- TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C. & CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 493-502, 2011.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; HERNANDES, J. L. Alterações em atributos químicos de um solo submetido à adubação e cultivado com videira Niágara Rosada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 983-992, 2011.
- VERAS, M. S.; RAMOS, M. L. G.; OLIVEIRA, D. N. S.; FIGUEIREDO, C. C.; CARVALHO, A. M.; PULROLNIK, K.; SOUZA, K. W. Cover Crops and Nitrogen Fertilization Effects on

Nitrogen Soil Fractions under Corn Cultivation in a No-Tillage System. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 40, 2016.

## CAPÍTULO 2

### COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA VIDEIRA 'ISABEL PRECOCE' SUBMETIDA A ADUBAÇÃO NITROGENADA E ORGÂNICA NO SEMIÁRIDO POTIGUAR

#### RESUMO

A adubação nitrogenada na videira apresenta-se como um fator limitante para produção de qualidade, visto que seu excesso ou deficiência são capazes de propiciar alterações na quantidade e qualidade final dos frutos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros produtivos da videira 'Isabel Precoce' submetida a adubação nitrogenada e orgânica na região semiárida do Oeste Potiguar. O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró, RN, cujo clima é semiárido. O solo da área é um Argissolo Vermelho Distrófico de textura arenosa. A pesquisa foi realizada em dois ciclos de produção. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, que corresponderam a 5 doses de fertilizante nitrogenado (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), na ausência e presença de adubação orgânica (0 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> esterco bovino) distribuídos em seis blocos. Foram avaliados número de cachos por planta, produção por planta e produtividade, bem como peso, comprimento e largura dos cachos, número de bagas por cacho e peso de dez bagas. A aplicação das doses de nitrogênio (N), bem como o uso ou não de adubo orgânico (AO) no solo, conferiram efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para todos os componentes de produção avaliados. A dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na presença do AO foi a que proporcionou os melhores resultados para os componentes de produção analisados. A elevação dos níveis de N, a partir da dose de 60 até 120 kg ha<sup>-1</sup> combinadas ou não a fonte orgânica, inibiram os componentes produtivos da videira 'Isabel Precoce'.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Vitis vinifera* L. Esterco bovino. Fertilizante mineral. Produtividade.

## CHAPTER 2

### PRODUCTION OF THE ISABEL PRECOCE VINE SUBMITTED NITROGEN AND ORGANIC FERTILIZATION IN THE SEMIARID POTIGUAR

#### ABSTRACT

Nitrogen fertilization on the vine is a limiting factor for the production with quality, since its excess or deficiency are capable of promoting changes in the quantity and final quality of the fruits. Thus, the objective of this work was to evaluate the productive components of the vine 'Isabel Precoce' submitted to nitrogen and organic fertilization in the semi-arid region of Potiguar West. The experiment was implemented at the Experimental Farm of UFERSA, in Mossoró, RN, whose climate is semi-arid. The soil in the area is a sandy-textured Reddish Argisol. The research was carried out in two production cycles. The experimental design was randomized blocks, in a 5 x 2 factorial scheme, corresponding to 5 doses of nitrogen fertilizer (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>), in the absence and presence of organic fertilization (0 and 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> bovine manure) distributed in six blocks. The number of bunches per plant, yield per plant and productivity, as well as weight, length and width of bunches, number of berries per cluster and weight of ten berries were evaluated. The application of nitrogen (N) doses, as well as the use of organic fertilizer (AO) in the soil, gave a significant effect ( $p \leq 0.05$ ) for all evaluated components of production. The dose of 60 kg ha<sup>-1</sup> of N in the presence of AO provided the best results for the production components analyzed. The elevation of N levels, from the dose of 60 to 120 kg ha<sup>-1</sup> combined or not with the organic source, inhibited the productive components of the vine 'Isabel Precoce'.

**KEY WORDS:** *Vitis vinifera* L. Bovine cowpea. Mineral fertilizer. Yield.

## 1 - INTRODUÇÃO

A produção de frutas tropicais irrigadas na região Oeste Potiguar, consagra o estado do Rio Grande do Norte em uma das áreas de maior dinamismo na produção de frutas do Nordeste. Somente em lavouras de maior tecnologia, a área cultivada em 2016 chegou a 12 mil hectares, o que conferiu ao estado, apenas com as exportações de melão, um faturamento de US\$ 75,3 milhões (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017). Diversas outras espécies frutíferas nativas e exóticas com exploração já consolidada em outros estados do Nordeste, também apresentam aptidão de cultivo na região Oeste Potiguar, por possuir características climáticas semelhantes e uma cadeia produtiva bem estabelecida no mercado da fruticultura tropical, apresentando possibilidade na produção de frutas o ano inteiro mediante suas condições edafoclimáticas.

Dentre as espécies promissoras, pode-se destacar a cultura da videira, que se encontra bem estabelecida na região do Vale do São Francisco, região que apresenta condições muito semelhantes as encontradas no semiárido Potiguar. Poucos estudos têm sido realizados com relação à viticultura no semiárido brasileiro que não esteja concentrado no Vale do Submédio do São Francisco, dificultando um panorama mais detalhado dos benefícios e/ou dificuldades do solo e do clima local para a expansão da cultura em outras regiões.

Tratando-se do fator fertilidade, boa parte dos solos localizados em áreas do semiárido nordestino apresentam, baixo teor de matéria orgânica e conseqüentemente uma baixa capacidade no suprimento de nutrientes de forma natural, principalmente de nitrogênio (N) tornando necessária a aplicação de fertilizantes minerais para alcançar bons níveis de produção (CUNHA, 2008; CUNHA et al., 2010). Desta forma, a aplicação de esterco animal constitui-se em uma boa fonte de nutrientes as plantas, sobretudo de N, P e K e quando manejada adequadamente, pode suprir boa parte ou até totalmente as necessidades de algumas culturas (CASTOLDI et al., 2011; FREITAS et al., 2012; ECKHARDT et al., 2016).

Salienta-se que em função do elevado custo dos fertilizantes nitrogenados e a baixa disponibilidade de N nos solos da região semiárida, mesmo pequenas contribuições de N, proveniente do adubo orgânico, devem ser consideradas e deduzidas das adubações subsequentes. Desta forma, pode-se aumentar a eficiência de uso deste nutriente e propiciar um ganho econômico para o agricultor, devido muitas vezes dispor de material orgânico em sua propriedade (LOURENZI et al., 2016).

A utilização do N pode afetar o crescimento vegetativo da videira, a produção e a composição das bagas, influenciando na qualidade final da fruta (BRUNETTO et al., 2009). A

deficiência de N pode reduzir a produtividade, entretanto, o suprimento excessivo provoca perdas na qualidade dos frutos por estimular a competição entre a atividade vegetativa e reprodutiva da planta, predominando a primeira (LORENSINI et al., 2015).

Diante deste contexto, torna-se imprescindível a busca por uma nutrição equilibrada, realizando o monitoramento do estado nutricional das plantas e a disponibilidade no solo, para garantir a quantidade de nutrientes suficientes às necessidades de desenvolvimento vegetativo e produtivo da videira (LORENZINI et al., 2014), uma vez que, existem carências de informações sobre a resposta da videira a adubação nitrogenada na região em estudo. Como o estado nutricional da planta se reflete na produção e na composição dos frutos, o nitrogênio deve ser usado em doses que não permitam influenciar negativamente os componentes de produção e o teor de outros nutrientes, tanto na planta como no solo (ROCHA et al., 2015). Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os parâmetros produtivos da videira ‘Isabel Precoce’, submetida a adubação nitrogenada e orgânica na região semiárida do Oeste Potiguar.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), no município de Mossoró, região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, cujas coordenadas geográficas são 5°03’37’’S de latitude e, 37°23’50’’W de longitude, com altitude de 78 m, e relevo plano. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSw'h', tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 695,8 mm e temperatura média de 27,4 °C, marcado por dois períodos bem definidos: seco (prolongado) e úmido (curto e irregular). A vegetação natural é a Caatinga hiperxerófila. Na Tabela 1, constam-se os dados meteorológicos registrados durante a realização dos experimentos.

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, mensais registrados durante o período de realização dos experimentos. Mossoró-RN, 2017

Meses	Precipitação (mm)	Temp. média (°C)	Umidade (%)
2015			
Setembro	0,0	27,9	57,0
Outubro	0,0	28,0	56,8
Novembro	0,0	28,2	59,6
Dezembro	8,0	28,8	58,7
2016			
Abril	51,0	28,6	63,7
Mai	8,0	28,7	61,5
Junho	29,0	28,2	59,8
Julho	0,0	28,2	52,8

**Fonte:** Estação meteorológica da fazenda experimental da UFERSA, Mossoró-RN.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico, textura arenosa (RÊGO et al., 2016). Antes da instalação do experimento, amostras de solo da camada de 0-20 cm foram coletadas e, determinadas as características físicas e químicas (EMBRAPA, 2011 e TEDESCO et al, 1995), sendo os resultados dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 cm), textura arenosa, antes da aplicação do experimento, Mossoró-RN, 2017

Atributo	Valor	Atributo	Valor
pH (H <sub>2</sub> O)	7,95	V (%)	100
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S m}^{-1}$ )	80,0	M (%)	0
Matéria orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ )	4,07	PST (%)	1
N total ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,77	Cu ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	1,11
P ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	39	Fe ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	12,57
K <sup>+</sup> ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	117	Mn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	29,75
Na <sup>+</sup> ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	49	Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	4,0
Ca <sup>2+</sup> ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	4,17	Areia ( $\text{g kg}^{-1}$ )	836
Mg <sup>2+</sup> ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	1,05	Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ )	84
Al <sup>3+</sup> ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,0	Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ )	80
(H+Al) ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,0	Densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ )	1,54
SB ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	5,73	Densidade de partículas ( $\text{kg dm}^{-3}$ )	2,63
CTC efetiva ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	5,73	Porosidade total (%)	41,44
CTC do solo ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	5,73		

pH = potencial hidrogênio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V (%) = saturação por bases; M (%) = saturação por alumínio; PST = porcentagem de sódio trocável.

**Fonte:** Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFERSA.

A pesquisa foi realizada em dois ciclos de produção da videira, o primeiro ocorreu no período de 22 de setembro a 23 de dezembro de 2015, o segundo teve início em 14 de abril e se estendeu até 20 de julho de 2016, e corresponderam a um total de 92 e 97 dias, respectivamente, período este a contar da poda de produção até a colheita.

Foi utilizada a variedade de videira ‘Isabel Precoce’ enxertadas sobre ‘IAC 766’, implantadas na área no ano de 2010, sendo a primeira colheita realizada em 2013. Na ocasião da instalação deste experimento, as videiras estavam com cinco anos de idade e entrando para o quarto ano de produção, que é considerado um tempo hábil para que a videira venha expressar seu potencial produtivo. As plantas estavam distribuídas em espaçamento de 3 x 2 m linhas e plantas, respectivamente ( $1667 \text{ plantas ha}^{-1}$ ), conduzidas no sistema de espaldeira (em Y aberto) com 3 fios de arame e orientação Norte-Sul.

Os tratos culturais para o desenvolvimento da cultura foram semelhantes nos dois ciclos, sendo procedido o manejo da copa, englobando as atividades de desbrota, eliminação de gavinhas, desponte e na medida de desenvolvimento dos ramos os mesmos eram conduzidos sobre a espaldeira. Antes da aplicação dos tratamentos foi realizada capina manual para retirada das plantas espontâneas num raio de aproximadamente 70 cm (tomando-se o caule da videira como centro da área), enquanto que nas entrelinhas foi utilizado roçadeira mecânica, sempre

mantendo controlado o crescimento das plantas espontâneas. No decorrer do experimento o raio de 70 cm foi mantido isento de plantas espontâneas para não afetar a disponibilidade de nutrientes.

O sistema de irrigação empregado foi o de microaspersão, com turno de rega de 1 hora e frequência de irrigação de uma vez a cada 24 horas. O cálculo da lâmina de irrigação foi baseado na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), por meio de parâmetros aferidos através da estação meteorológica instalada na Fazenda Experimental. Aplicou-se a lâmina de água em conformidade com coeficiente de cultivo da videira para cada fase fenológica (BASSOI et al., 2007).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com seis repetições, em esquema fatorial 5 x 2, que corresponderam a 5 doses de fertilizante nitrogenado (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), na ausência e presença de adubação orgânica (0 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondente a 13,3 toneladas ha<sup>-1</sup>, base seca). O fertilizante nitrogenado utilizado foi a uréia, a aplicação foi parcelada da seguinte maneira: 50% uma semana antes da poda de produção, e os 50% restantes foram fracionados em quatro aplicações semanais. A fonte de adubação orgânica foi o esterco bovino, aplicado em dose única em conjunto com a primeira aplicação do nitrogênio. Uma amostra do adubo orgânico foi coletada e enviada para análise, as características químicas encontram-se descritas na Tabela 3. Os fertilizantes minerais e orgânicos foram aplicados na superfície do solo e logo após o processo de adubação a área foi irrigada para diminuir as perdas de N por volatilização.

**Tabela 3.** Características químicas do esterco bovino utilizado no experimento, e a quantidade proporcional de nutrientes adicionadas por planta e por hectare contidos nos 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (13,3 ton ha<sup>-1</sup>) do adubo orgânico, em cada ciclo de cultivo, Mossoró-RN, 2017

N	C	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn
			g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
9,81	104,11	2,43	9,47	2,78	10,04	4,88	11	157	250	164
			g planta <sup>-1</sup>							
78,5	832,9	19,44	75,8	22,24	80,32	39,04	0,09	1,26	2,0	1,31
			kg ha <sup>-1</sup>							
130,86	1.388,8	32,42	126,33	37,08	133,93	65,1	0,15	2,1	3,33	2,18

**Fonte:** Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFRSA.

A partir dos resultados da análise do solo da área experimental (Tabela 2), foi averiguada a atual fertilidade, com intuito de se constatar a necessidade de correção do solo, propiciando assim, condições ótimas de desenvolvimento a todas as unidades experimentais. Com base nestes resultados e seguindo as recomendações de adubação para a cultura da videira (IPA, 2008) foi realizada uma adubação corretiva, com exceção do N, privando o solo do nutriente que estava em teste. Desta forma, foram aplicados 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O,

utilizando como fontes o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. O fósforo foi aplicado em dose única juntamente com a primeira aplicação de N e o potássio seguiu o mesmo parcelamento utilizado para as doses de N.

Ao final de cada ciclo produtivo foram realizadas avaliações que se procederam da seguinte maneira: coletou-se aleatoriamente oito cachos em cada planta, os mesmos foram acondicionados em sacos plástico, depositados em caixas de polietileno e separados por tratamento e repetição. Em seguida foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da UFERSA. Posteriormente, os cachos restantes nas plantas foram colhidos, quantificados e pesados para obtenção do número de cachos por planta e a produção por planta. Em cada um dos cachos encaminhados para o laboratório, foram determinados peso, comprimento, largura, número de bagas por cacho e peso de dez bagas. A produtividade foi determinada através da multiplicação do número estimado de plantas por hectare pela produção de cada planta em seus respectivos tratamentos.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste t para comparação das médias para o fator qualitativo (AO), ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (N) e para interação entre os fatores, foram ajustadas equações de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático pelo teste f, escolhendo-se aquele com significância menor que 5% ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se o programa estatístico software R, pacote Expdes.pt.

### **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A aplicação das doses de nitrogênio (N), bem como o uso ou não de adubo orgânico (AO) no solo, conferiram efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para todos os componentes de produção da videira avaliados. Verificou-se ainda que, independente do uso ou não de AO, as variáveis apresentaram incrementos com ajuste quadrático em ambos os ciclos. Isto permite constatar que doses desse nutriente (N) acima do requerido pela planta, podem promover um efeito depreciativo, sem reflexo no aumento da produção.

O peso do cacho (PC) obtido pelo efeito conjunto do N e AO superou o peso médio dos cachos obtidos em relação à adubação nitrogenada sem adição do AO. Os maiores pesos foram de 104,3 g no primeiro e de 105,7 g no segundo ciclo, estimados nas doses de 60,0 e 61,2 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando associado com AO, enquanto que, na ausência do AO, os maiores pesos obtidos foram de 95,7 e 97,0 g, estimados nas doses de 51,0 e 53,8 kg ha<sup>-1</sup> de N, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente (Tabela 4). Os melhores resultados podem ser atribuídos aos

nutrientes presentes no AO (Tabela 3) que podem ter sido liberados de forma mais gradual para o solo, atendendo melhor as necessidades da planta.

**Tabela 4.** Desdobramento dos valores de Peso do cacho (PC), número de bagas por cacho (NBC), peso de 10 bagas (P10B), comprimento (COMP) e largura (LARG) dos cachos da videira ‘Isabel precoce’ sob influência da adubação nitrogenada, com e sem uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção, Mossoró-RN, 2017

Variável	AO	Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )					Equação	R <sup>2</sup>
		0	30	60	90	120		
1° Ciclo								
PC	Sem	88,9a	89,3b	89,3b	91,8b	78,2b	$y = 86,873+0,3469x-0,0034x^2$	0,81**
	Com	81,2b	99,9a	104,8a	96,4a	82,4a	$y = 81,962+0,7448x-0,0062x^2$	0,98**
NBC	Sem	31,0a	32,8b	33,5b	32,2a	27,4a	$y = 30,748+0,1194x-0,0012x^2$	0,97*
	Com	28,1b	35,6a	36,8a	33,0a	27,6a	$y = 28,516+0,2832x-0,0024x^2$	0,96**
P10B	Sem	30,2a	31,2b	32,0b	32,7b	27,5b	$y = 29,771+0,1053x-0,00098x^2$	0,78*
	Com	28,4b	32,4a	33,8a	34,2a	29,4a	$y = 28,205+0,1907x-0,0015x^2$	0,95**
COMP	Sem	8,55a	9,32b	9,51b	9,27a	8,56a	$y = 8,571+0,0319x-0,00026x^2$	0,99**
	Com	7,42b	10,62a	10,60a	9,51a	8,75a	$y = 7,784+0,0908x-0,00071x^2$	0,82**
LARG	Sem	5,15a	5,56b	5,79b	5,54a	5,16a	$y = 5,147+0,0195x-0,00016x^2$	0,98**
	Com	4,40b	5,78a	5,92a	5,54a	5,25a	$y = 4,528+0,0418x-0,0003x^2$	0,88**
2° Ciclo								
PC	Sem	88,1a	90,5b	99,2b	93,0b	79,4b	$y = 86,302+0,3983x-0,0037x^2$	0,85**
	Com	80,4b	101,1a	106,0a	97,6a	83,6a	$y = 81,390+0,7962x-0,0065x^2$	0,98**
NBC	Sem	33,9a	35,8b	36,5b	35,2a	30,4a	$y = 33,748+0,1194-0,0012x^2$	0,97*
	Com	31,1b	38,6a	39,9a	36,0a	30,6a	$y = 31,516+0,2832x-0,0024x^2$	0,97**
P10B	Sem	30,8a	31,8b	32,5b	33,2b	28,0b	$y = 30,271+0,1052x-0,00098x^2$	0,78**
	Com	28,9b	32,9a	34,3a	34,7a	29,9a	$y = 28,705+0,191x-0,0014x^2$	0,95**
COMP	Sem	8,33a	9,55b	9,74b	9,50a	8,79a	$y = 8,393+0,0438x-0,00034x^2$	0,97**
	Com	7,19b	10,86a	10,82a	9,74a	8,98a	$y = 7,607+0,1027x-0,00078x^2$	0,82**
LARG	Sem	5,06a	5,65b	5,88b	5,63a	5,25a	$y = 5,078+0,0241x-0,00019x^2$	0,98**
	Com	4,30b	5,87a	6,01a	5,63a	5,34a	$y = 4,458+0,0464x-0,00033x^2$	0,87**

AO = adubo orgânico; PC e P10B = gramas; COMP e LARG = centímetros. Médias seguidas de mesma letra, na coluna (Doses de N dentro dos níveis de AO), não diferem entre si pelo teste de t ( $p \leq 0,05$ ). Nas linhas, curvas ajustadas (regressões) da ausência ou presença de AO (Níveis de AO dentro das doses de N). \* e \*\* significativo 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

De acordo com a média obtida pela soma dos valores encontrados nos dois ciclos, observa-se que houve um ganho de 8,2 g por cacho para a combinação N e AO. Este pode ser considerado um valor baixo, no entanto, quando multiplicado pela quantidade total de cachos produzidos por hectare, pode representar ganhos significativos de produção. Brunetto et al. (2009) testando o efeito de doses crescentes de N (0,15, 30,45 e 60 kg ha<sup>-1</sup>) na videira ‘Cabernet Sauvignon’, encontraram resposta linear positiva para a variável peso do cacho e explicaram que os resultados foram positivos devido ao solo ser de textura arenosa e possuir baixos teores de matéria orgânica, o que consequentemente lhe confere uma baixa disponibilidade natural de nutrientes e nestas condições a adubação utilizada proporcionou melhores condições as plantas.

Para o número de bagas por cacho (NBC), a máxima eficiência agrônômica foi de 36,7 e 39,8 bagas obtidas nas doses de 59,0 e 59,2 kg ha<sup>-1</sup> de N na presença de AO, valores estes correspondentes ao primeiro e segundo ciclo, respectivamente. Já sem uso do AO os melhores

valores para o NBC foram de 33,8 e 36,7 nas doses de 49,7 e 49,9 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 4). De acordo com a média obtida pela soma dos valores encontrados em cada ciclo, ocorreu um ganho de 2,9 bagas por cacho na combinação N e AO. Estes melhores resultados observados nas videiras submetidas aplicação de N com AO, podem ser explicados devido ao melhor estado nutricional das plantas, resultante da liberação de nutrientes de forma mais gradual pelo AO, sincronizada com as necessidades da planta (MELO et al., 2012).

Em trabalho realizado por Rocha et al. (2015) sob condições semelhantes às testadas neste trabalho, relataram que na avaliação do número de bagas por cacho de três ciclos produtivos de videira ‘Syrah’, apenas no último ciclo conseguiram resultados positivos para uso de AO, no entanto, as doses de N (0, 10, 20, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) não apresentaram efeito significativo para a variável NBC. Brunetto et al. (2013) avaliando o comportamento da videira ‘Cabernet Sauvignon’ na aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando como fonte uréia e composto orgânico, não encontraram diferença significativa para o número de bagas por cacho, porém relataram tendência de crescimento para esta variável com uso do composto orgânico.

Desta forma, verifica-se que o uso do AO proporcionou melhorias no NBC, apesar que de maneira tímida. Fica evidente também, que a aplicação de doses do fertilizante mineral (N), acima dos teores de máxima eficiência agrônômica, independentemente de estarem associados ou não com o AO, proporcionaram uma inibição do NBC. Esse fato pode ser explicado devido a um desequilíbrio em função do excesso de N em disponibilidade para a planta via solo. A condição ao qual as plantas estavam dispostas, com fornecimento satisfatório de água pelo sistema de irrigação e pronta disponibilidade de nutrientes, propiciou a videira uma condição ótima para o desenvolvimento vegetativo em detrimento do reprodutivo. Isso porque o N é o elemento que mais impacta no vigor das videiras em produção, afetando tanto os fatores de produtividade como os de qualidade e composição da uva (BRUNETTO et al., 2013; MELO et al., 2016).

Para a variável peso de 10 bagas (P10B) encontrou-se os melhores resultados nas doses estimadas de 63,6 e 68,2 kg ha<sup>-1</sup> de N com uso do AO, que conferiram o peso de 34,3 g no primeiro e de 35,2 g no segundo ciclo, enquanto que na ausência do AO os melhores resultados foram verificados nas doses estimadas de 53,7 e 53,6 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondendo respectivamente aos pesos de 32,6 e 33,1 g. Pela obtenção da média dos valores anteriores, observa-se que o uso do AO propiciou um ganho de 1,9 g no peso conjunto das 10 bagas. Brunetto et al. (2009) verificaram efeito quadrático para o peso de bagas ao testar doses crescentes de N (0, 15, 30, 45 e 60 kg ha<sup>-1</sup>) em videiras ‘Cabernet Sauvignon’, encontrando os maiores resultados na dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Tanto o comprimento como a largura dos cachos seguiram a mesma tendência das variáveis anteriores, onde com o uso do AO, os valores foram superiores ao efeito das doses de N sem AO (Tabela 4). Estimou-se no primeiro ciclo que os maiores valores de comprimento e largura foram 10,69 e 5,98 cm e, no segundo de 10,99 e 6,09 cm. Estes valores foram estimados nas doses de 63,9; 69,7; 65,8 e 70,3 kg ha<sup>-1</sup> de N na presença de AO, respectivamente. Por outro lado, na ausência do AO, os maiores valores de comprimento e largura do cacho foram de 9,55 e 5,74 cm referentes ao primeiro ciclo e 9,80 e 5,84 cm, para o segundo, nas doses de 61,3; 60,9; 64,4 e 63,4 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Com a média obtida pela soma dos valores encontrados em cada ciclo, constatou-se que houve um aumento de 12% no comprimento e de 4,2% na largura dos cachos, quando as doses de N foram associadas com AO. Deve-se mencionar também que em ambos os ciclos, tanto o comprimento como a largura dos cachos, apresentaram-se estatisticamente iguais na presença ou não de AO nas doses de 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 4).

Verifica-se também que, a partir das doses de 60 até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, ocorreu um declínio em todas as variáveis analisadas neste trabalho. Esse é mais um indicio de que o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados pode trazer consequências negativas a cultura, visto que a aplicação de N em videiras deve ser realizada com prudência, pois impacta no crescimento vegetativo das plantas, como verificado nos trabalhos de BRUNETTO et al., 2009; 2013. A elevação das doses de N também proporcionou resultados decrescentes nos trabalhos de Bustamante et al. (2011) na cultura da videira e Sete et al. (2015) na cultura do pêssego.

Altas doses de fertilizantes nitrogenados em vinhedos, com conseqüente incremento nas formas de N mineral ao solo, podem estimular o crescimento vegetativo da parte aérea das plantas. Com isso, pode ocorrer a diminuição da incidência de raios solares no interior da planta, favorecendo o aparecimento de doenças fúngicas nas folhas e cachos, redução do número de flores fecundadas, produzindo menor número de bagas por cacho e conseqüentemente a produção fica comprometida (BRUNETTO et al., 2007; 2009).

Outro ponto a ser observado é que os valores médios obtidos na dose zero (0 kg ha<sup>-1</sup> de N) em todas as variáveis avaliadas neste trabalho (Tabela 4 e 5), quando com AO, são inferiores aos observados para sua ausência do AO, ou seja, as plantas que não receberam aplicação de AO no solo, apresentaram valores superiores as plantas que receberam AO, visto que esperava-se que o uso do mesmo conferisse melhores resultados. A provável explicação para ocorrência deste fato, é que em conseqüência da alta carga de carbono adicionada ao solo pelo esterco, estipulada em aproximadamente 1.389 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3) ocasionou alterações na relação C:N do solo, o que proporciona nestas condições, a imobilização do N pela biomassa microbiana

(MENEZES & SALCEDO, 2007), bem como um maior tempo para decomposição e liberação dos nutrientes presentes no material orgânico, o qual, por sua vez, privou as plantas de absorverem determinados nutrientes do solo, que possivelmente impactou as variáveis de produção, avaliadas nesta pesquisa.

**Tabela 5.** Desdobramento dos valores do Número de cachos por planta (NCP), produção por planta (PDP) e produtividade (PDT) da videira ‘Isabel Precoce’ sob influência da adubação nitrogenada, com e sem uso de adubo orgânico, em dois ciclos de produção. Mossoró, RN. 2017

Variável	AO	Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )					Equação	R <sup>2</sup>
		0	30	60	90	120		
1° Ciclo								
NCP	Sem	68,2a	83,3b	104,0b	92,8a	86,2a	$y = 66,971+0,8802-0,00607x^2$	0,88**
	Com	58,2b	115,2a	125,0a	96,5a	82,8a	$y = 63,733+1,8133x-0,0142x^2$	0,85**
PDP	Sem	5,92a	6,75b	11,14b	7,96b	6,57a	$y = 5,553+0,0985x-0,00076x^2$	0,74**
	Com	4,69b	11,13a	12,58a	8,82a	6,42a	$y = 5,242+0,220x-0,0018x^2$	0,88**
PDT	Sem	9,87a	11,25b	16,28b	13,27b	10,70a	$y = 9,258+0,1642x-0,0012x^2$	0,74**
	Com	7,82b	18,57a	20,97a	14,71a	10,96a	$y = 8,739+0,366x-0,0029x^2$	0,88**
2° Ciclo								
NCP	Sem	65,2a	88,2b	109,5b	97,8a	87,8a	$y = 64,885+1,0859x-0,0073x^2$	0,93**
	Com	55,2b	120,2a	130,0a	101,5a	91,2a	$y = 61,647+2,019x-0,0155x^2$	0,85**
PDP	Sem	5,68a	8,10b	10,99b	9,21b	7,35b	$y = 5,490+0,1407x-0,001x^2$	0,91**
	Com	4,39b	12,30a	13,92a	10,03a	7,48a	$y = 5,064+0,2651x-0,0021x^2$	0,89**
PDT	Sem	9,48a	13,50b	18,32b	15,35b	12,25a	$y = 9,152+0,2346x-0,0017x^2$	0,91**
	Com	7,32a	20,50a	23,21a	16,71a	12,41a	$y = 8,441+0,4419x-0,0035x^2$	0,89**

AO = adubo orgânico; PDP = kg planta<sup>-1</sup>; PDT = ton há<sup>-1</sup>. Médias seguidas de mesma letra, na coluna (Doses de N dentro dos níveis de AO), não diferem entre si pelo teste de t (p≤0,05). Nas linhas, curvas ajustadas (regressões) da ausência ou presença de AO (Níveis de AO dentro das doses de N). \* e \*\* significativo 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

O número de cachos por planta (NCP) foram de 121,6 no primeiro ciclo e 127,4 no segundo, estimados nas doses de 63,8 e 65,1 kg ha<sup>-1</sup> de N com uso do AO, respectivamente. Já na ausência do AO, o NCP foi de 98,8 e 105,2, encontrados nas doses estimadas de 72,5 e 74,4 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 5). De acordo com a média das doses de N estimadas nos dois ciclos, quando foi utilizado apenas N foram necessários 9,0 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio a mais para se chegar ao ponto de máxima eficiência agrônômica. Mesmo sendo necessária uma quantidade maior de N, ocorreu a diminuição de 22,5 cachos produzidos por planta quando utilizado apenas N, o que corresponde a uma diferença de aproximadamente 22% quando as doses de N estavam associadas com AO.

Este fato pode ser explicado devido aos avanços proporcionados pelo AO no solo, tais como fornecimento de nutrientes (Tabela 3) e melhoria das características físicas e da atividade microbiana no solo (MALAVOLTA, 2006). Rocha et al., (2015) trabalhando com videira ‘Syrah’ testando a aplicação de doses crescentes de N (0, 10, 20, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) com e sem adição de AO, não verificaram diferença significativa para o número de cachos planta<sup>-1</sup>, os autores ressaltam que reservas internas nos órgãos perenes da planta podem ter suprido suas

demandas. Sendo assim, as quantidades de N disponibilizadas no solo, juntamente com as reservas nitrogenadas internas podem ter sido suficientes, fato contrário ao verificado neste trabalho com videira ‘Isabel Precoce’.

Lorensini et al. (2015) avaliaram sob três ciclos produtivos o comportamento de videiras ‘Cabernet Sauvignon’ submetidas à aplicação anual de 0, 10, 15, 20, 40, 80 e 120 kg N ha<sup>-1</sup> e verificaram efeito quadrático para número de cachos por planta, sendo os melhores resultados obtidos na dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> N. Em trabalho realizado por Casali et al. (2015) avaliando o comportamento produtivo da videira ‘Niágara Rosada’, mediante disponibilização de doses crescentes de esterco bovino (0, 9, 18, 36 e 72 L planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) constaram que ocorreu efeito quadrático para a variável número de cachos por planta e os melhores resultados para esta variável foram obtidos com a utilização de 9 L planta<sup>-1</sup>, acima desta quantidade ocorreu declínio para o número de cachos por planta, os autores atribuíram tais resultados ao excesso de N fornecido pelo adubo orgânico.

As doses estimadas de 61,1 e 63,2 kg ha<sup>-1</sup> de N com uso de AO foram responsáveis pela maior produção por planta (PDP) obtendo-se respectivamente, para o primeiro e segundo ciclo o peso de 11,98 e 13,43 kg. Já sem o uso do AO, a produção por planta foi de 8,74 e 10,4 kg, sendo as doses estimadas para tais produções de 64,8 e 70,3 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 5). De acordo com a média obtida pelos valores encontrados nos dois ciclos, foram necessários 5,4 kg ha<sup>-1</sup> de N a mais para se chegar a máxima produção quando utilizado apenas nitrogênio. Já quando as doses de N estavam associadas com AO, utilizou-se uma menor quantidade de fertilizante mineral e a produção foi superior em 3,1 kg por planta, correspondendo a uma diferença de aproximadamente 32,7%. Em trabalho com videiras ‘Cabernet Sauvignon’ submetidas à aplicação de N, Brunetto et al. (2009) encontraram os maiores rendimentos da videira com aplicações de 15 a 30 kg ha<sup>-1</sup> N, inferindo-se que, nas condições estudadas, doses elevadas de N não proporcionam aumento na produção.

Também ‘Cabernet Sauvignon’, Lorensini et al. (2015) verificaram que à aplicação de doses crescentes de N ao solo aumentou a produção por planta de forma quadrática nas três safras avaliadas, sendo os melhores resultados encontrados na dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> N. Os autores atribuem este resultado, a superioridade verificada nas variáveis número de cachos por planta e do peso dos cachos, fato este também ocorrido neste trabalho com videira ‘Isabel Precoce’. O impacto positivo nestes parâmetros pode ser atribuído à absorção de N, visto que o solo da área apresentava baixos teores de matéria orgânica (< 10 g kg<sup>-1</sup>) que resulta em baixa disponibilidade de nitrogênio. Portanto, a aplicação anual de N ao solo sob a forma de uréia ou fonte orgânica

torna-se necessária para obtenção de melhores resultados de produção (LORENSINI et al., 2012; NASCIMBENE et al., 2012).

Independentemente das doses de N estarem associadas ou não com AO, a produtividade (PDT) se comportou de forma quadrática na videira 'Isabel Precoce'. Esta variável é consequência das variáveis anteriores: peso do cacho, número de bagas por cacho, bem como do comprimento e largura dos cachos. Porém, o principal responsável pelo aumento da produtividade, foi o número de cachos por planta (Tabela 5). Onde os melhores resultados da PDT foram obtidos para os dois ciclos na dose estimada de 63,1 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando na presença do AO, sendo encontrado para o primeiro e segundo ciclo o total de 20,3 e 22,4 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Enquanto que na ausência do AO os melhores resultados foram de 14,9 e 17,2 ton ha<sup>-1</sup>, obtidos nas doses estimadas de 68,4 e 69 kg ha<sup>-1</sup> N. Observa-se que sem uso do AO foram necessárias doses superiores de N para se alcançar a maior produtividade, e mesmo assim, os valores são inferiores quando comparados com a aplicação do AO. Mediante a utilização do AO foi observada uma superioridade de aproximadamente 33% se comparado ao uso das doses de N na ausência de AO.

Em pesquisa realizada por Rocha et al. (2015) na região semiárida, avaliando a aplicação de AO na forma de esterco caprino, em interação com doses de N (0, 10, 20, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) em três ciclos de produção da videira 'Syrah', os autores verificaram que a produtividade da videira sofreu influência do uso de AO apenas no último ciclo. Tais resultados foram correlacionados aos benefícios proporcionados pelo uso AO sobre as características do solo, sendo comumente observado nas videiras cultivadas na região. Embora o processo de mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) ocorra com maior intensidade em condições tropicais, a aplicação contínua de adubos orgânicos pode proporcionar um melhor equilíbrio entre os processos de transformação MOS, contribuindo para melhorias na fertilidade. Mugnai et al. (2012) também evidenciam os efeitos positivos da matéria orgânica sobre as características do solo cultivados com videiras 'Chardonnay' submetidas a adubação com composto orgânico.

Nos trabalhos com videira realizados por Brunetto et al. (2009) testando doses crescentes de N; em Brunetto et al. (2013) utilizando uréia e adubo orgânico; Lorensini et al. (2015) com doses de N; bem como Casali et al. (2015) fazendo uso de doses crescentes de composto orgânico, foram verificados que doses em excesso de N ou de materiais orgânicos que disponibilizam N, propiciaram declínio nos componentes de produção da videira. O mesmo fato foi constatado nesta pesquisa, onde observou-se que o aumento das doses de N (90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), bem como o teor de aproximadamente 131,0 kg ha<sup>-1</sup> de N disponibilizado pelo AO

(Tabela 3) contribuíram para o excesso de N no solo, ocasionando uma diminuição significativa na produção das videiras. Ressalta-se que o uso de N em taxas elevadas não propicia benefícios a cultura, e acaba comprometendo a otimização produtiva da planta, causando desperdícios e prejuízo econômico, além de prováveis consequências ambientais como a contaminação do lençol freático com nitrato (LORENSINI et al., 2012).

Desta forma, enfatiza-se que nas condições de estudo ao qual esta pesquisa foi realizada, doses elevadas de N não são apropriadas, pois levaram a uma redução do rendimento da videira 'Isabel Precoce'. Isso pode ser atribuído a um aumento desordenado na área foliar das plantas, o que causou prejuízos na produção (DUCHÊNE et al., 2001). Mesmo não sendo apresentado nenhum dado a respeito de área foliar nesta pesquisa, era perceptível que quando as plantas estavam submetidas as maiores doses de N, o dossel vegetal foliar era visivelmente superior. Corroborando com isso, o trabalho realizado por Piva et al. (2013) testando a influência de doses de cinzas vegetais (0, 750, 1.500 e 2.250 g planta<sup>-1</sup>) e de esterco bovino (0, 5 e 10 kg planta<sup>-1</sup>) na videira 'Isabel', os autores verificaram efeito linear positivo para o índice de área foliar, em consequência do aumento das doses de esterco e cinzas. Nascimento et al. (2014) também trabalhando com a videira 'Isabel', submetida a tipos e doses de biofertilizantes, constataram aumento na área foliar em relação ao tipo de biofertilizantes utilizado. Em ambos os trabalhos os autores atribuíram o aumento da área foliar em consequência da maior proporção de N contido nos insumos aplicados ao solo.

Como pode-se observar existe na literatura resultados distintos sobre o efeito do uso de N e sua relação com as características produtivas da videira. No entanto, é unânime que o excesso de N traz consequências negativas para a produção. São escassas ainda, informações mais detalhadas sobre tais influências mediante as características de solo e clima da região semiárida, sendo necessárias mais pesquisas, principalmente com uso de fontes alternativas de fertilizantes, visto que os mesmos podem ser uma fonte acessível de adubação, principalmente onde existe disponibilização local e que muitas vezes ficam sem uso. A utilização de fontes alternativas de nutrientes deve ser levada em consideração, frente aos preços cada vez maiores de fertilizantes minerais encontrados no mercado nacional.

Nas atuais circunstâncias de produção em larga escala vivenciada por boa parte da agricultura brasileira, fica quase impossível adotar manejos apenas com adubos orgânicos, mediante toda a logística envolvida. No entanto, em pequenos e médios produtores, principalmente de frutíferas, essa é uma alternativa viável, pois assim como constatado neste trabalho o uso do AO ocasionou melhores resultados de produção. Vale destacar também, os bons resultados verificados na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando acompanhado de AO,

demonstrando que podem ser adotadas estratégias que consistam na menor utilização de fertilizantes minerais adicionando-se insumos orgânicos (esterco animais) como forma complementar na adubação mineral.

#### 4 - CONCLUSÕES

A dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na presença do AO foi a que proporcionou os melhores resultados para os componentes de produção analisados.

A elevação dos níveis de N, a partir da dose de 60 até 120 kg ha<sup>-1</sup> combinadas ou não a fonte orgânica, inibiram os componentes produtivos da videira 'Isabel Precoce'.

#### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSOI, L. H.; DANTAS, B. F.; LIMA FILHO, J. M. P.; LIMA, M. A. C.; LEÃO, P. C. S.; SILVA, D. J.; MAIA, J. L. T.; SOUZA, C. R.; SILVA, J. A. M.; RAMOS, M. M. Preliminary results of a longterm experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in São Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 754, n. 35, p. 275-282, 2007.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 389-393, 2007.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; MELO, G. W. B. de; GIROTTO, E.; FERREIRA, P.A. Application of nitrogen sources on grapevines and effect on yield and must composition. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1042-1051, 2013.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. M.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2035-2041, 2009.

BUSTAMANTE M. A.; SAID-PULLICINO, D.; AGULLÓ, E.; AUDREU, J.; PAREDES, C. Application of winery and distillery waste composts to a Jumilla (SE Spain) vineyard: effects on the characteristics of a calcareous sandy-loam soil. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 140, n. 1, p. 80-87. 2011

CARVALHO, C. de (et al), **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 88p.

CASALI, Â. V.; MEURER, E. J.; MELO, G. W. B.; AMBROSINI, V. G.; COUTO, R. R.; BRUNETTO, G. Estado nutricional, produção e composição das uvas de 'Niágara Rosada' submetidas à aplicação de composto orgânico. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 58, n. 3, p. 257-262, 2015.

CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F.; COSTA, M. M. S. C.; COSTA, L. A. M. Sistemas de produção e sua influência na cultura do milho safrinha em plantio direto. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 1, p. 47-57, 2011.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, A. H. B. B. da; ARAÚJO FILHO, J. C. de. A pesquisa em ciência do solo no Semiárido brasileiro. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 2, cap. 5, p. 453-491, 2008.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da; ALVAREZ, I. A. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 50-87, 2010.

DUCHÊNE, E.; SCHNEIDER, C.; GAUDILLÈRE, J. P. Effects of nitrogen nutrition timing on fruit set of grapevine cv. Grenache. **Vitis**, v. 40, n. 1, p. 45-46, 2001.

ECKHARDT, D. P.; REDIN, M.; JACQUES, R. J. S.; LORENSINI, F.; SANTOS, M. L.; WEILER, D. A.; ANTONIOLLI, Z. I. Mineralization and efficiency index of nitrogen in cattle manure fertilizers on the soil. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 472-477, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2011. 230p.

FREITAS, M. S. C.; ARAÚJO, C. A. S.; SILVA, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárido De Visu**. v. 2, n. 1, p. 150-161, 2012.

IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. Recife: IPA, 2008. 64p.

LORENSINI, F.; CERETA, C. A.; GIROTTO, E.; CERENI, J. B.; LOURENZI, C. R.; DECONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida a adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1173-1179, 2012.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SCHAPANSKI, D. E. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 241-247, 2014.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; TRENTIN, G.; BRUNETTO, G. Nitrogen fertilization of Cabernet Sauvignon grapevines: yield, total nitrogen content in the leaves and must composition. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 37, n. 3, p. 321-329, 2015.

LOURENZI, C. R.; SCHERER, E. E.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T. L.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P. A. A.; BRUNETTO, G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas

aplicações de composto orgânico de dejetos líquido de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 233-242, 2016.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G. BASSO, A.; HEINZEN, J. Resposta das videiras a diferentes modos de distribuição de composto orgânico no solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 493-503, 2012.

MELO, G. W. B.; BRUNETTO, J. Z. G.; CERETTA, C. A. **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. (Documentos, 100). Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 138 p. 2016.

MENEZES, R. S. C. & SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

MUGNAI, S.; MASI, E.; AZZARELLO, E.; MANCUSO, S. Influence of long-term application of green waste compost on soil characteristics and growth, yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.). **Compost Science & Utilization**, v. 20, n. 1, p. 29-33. 2012.

NASCIMBENE, J.; MARINI, L.; PAOLETTI, M. G. Organic farming benefits local plant diversity in vineyard farms located in intensive agricultural landscapes. **Environmental Management**, v. 49, n. 1, p. 1054-1060, 2012.

NASCIMENTO, O. S.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, A. T.; ALVES, F. I. S.; SANTOS, J. G. R. Comportamento da área foliar da videira 'Isabel' submetida a diferentes tipos e doses de biofertilizantes. **Revista Verde**, v. 9, n. 2, p. 52-58, 2014.

PIVA, R. P.; BOTELHO, R. V.; ORTOLAN, C.; MÜLLER, M. M. L.; KAWAKAMI, J. Adubação em vinhedo orgânico da cv. 'Isabel' utilizando cinzas vegetais e esterco bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 608-615, 2013.

RÊGO, L. G. S., MARTINS, C. M.; SILVA, E. F., SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, State of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1036-1042, 2016.

ROCHA, M. G.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J. Atributos do solo, produção da videira 'Syrah' Irrigada e composição do mosto em função da adubação orgânica e nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 220-229, 2015.

SETE, P. B.; MELO, G. W. B.; OLIVEIRA, B. S.; FREITAS, R. F.; MAGRO, R. D.; AMBROSINI, V. G.; TRAPP, T.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G. Perdas de nitrogênio do solo e resposta do pessegueiro à adição de composto orgânico. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, 2015.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

## CAPÍTULO 3

### INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE VIDEIRA NO SEMIÁRIDO

#### RESUMO

A decomposição de resíduos orgânicos depende das condições ambientais locais, das características químicas do material vegetal e da adubação. Desta forma, a adição de N pode alterar a decomposição de resíduos, especialmente tecidos tenros como folhas de videira. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a dinâmica de decomposição de folhas de videira 'Isabel Precoce' e a liberação de nutrientes, quando estas foram submetidas a adição de nitrogênio no Semiárido Potiguar. O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró, RN, cujo clima é semiárido. O solo da área é um Argissolo Vermelho Distrófico de textura arenosa. Os *litter bags* com folhas de videira foram colocados em parreiral cultivado com 'Isabel Precoce'. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis tempos de coleta (0, 20, 40, 60, 90 e 120 dias), com e sem adição de N (0 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). Para decomposição e liberação de nutrientes adotou-se o modelo exponencial de decaída e calculou-se o  $t_{(0,5)} = \ln(2)/k$ , e o  $t_{(0,95)} = 3/k$  que são os tempos necessários para que 50% e 95 % do resíduo seja decomposto e nutrientes sejam liberados, respectivamente, onde o  $k$  é a constante de decomposição. A adição de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N nos resíduos da videira, embora tenha reduzido a relação C:N, não influenciou a velocidade de decomposição dos resíduos deixados na superfície do solo. A adubação nitrogenada promoveu aumento na velocidade de liberação de P e Mg, diminuindo em 27 e 23 dias sua liberação final. A partir dos valores de  $k$ , tornou-se possível estabelecer a seguinte ordem de liberação para os macronutrientes: sem N (K > N > P > Ca > Mg) e com N (K > P > N > Ca > Mg).

**PALAVRAS CHAVE:** *Vitis vinífera* L. Ciclagem de nutrientes. Relação carbono nitrogênio

## CHAPTER 3

### EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON DECOMPOSITION AND RELEASE OF NUTRIENTS ON SEMIARID VINE LEAVES

#### ABSTRACT

The decomposition of organic waste depends on the local environmental conditions, the chemical characteristics of the plant material and the fertilization. In this way, the addition of N can alter the decomposition of residues, especially tender tissues such as vine leaves. Thus, the objective of this research was to evaluate the dynamics of 'Isabel Precoce' vine leaf decomposition and the release of nutrients when they were submitted to nitrogen addition in the Potiguar Semi-arid. The experiment was implemented at the Experimental Farm of UFERSA, in Mossoró, RN, whose climate is semi-arid. The soil in the area is a sandy-textured Reddish Argisol. The *litter bags* with vine leaves were placed in a parreiral cultivated with 'Isabel Precoce'. The design was completely randomized with four replications in a 6 x 2 factorial scheme, with six collection times (0, 20, 40, 60, 90 and 120 days), with and without addition of N (0 and 60 kg ha<sup>-1</sup>). For the decomposition and release of nutrients, the exponential decay model was adopted and we calculated the  $t(0.5) = \ln(2)/k$ ,  $eot(0,05) = 3/k$  which are the times required for 50 % and 95% of the residue is decomposed and nutrients are released, respectively, where  $k$  is the decomposition constant. The addition of 60 kg ha<sup>-1</sup> of N in the vineyard residues, although reducing the C:N ratio, did not influence the rate of decomposition of residues left on the soil surface. Nitrogen fertilization promoted an increase in the release rate of P and Mg, decreasing its final release by 27 and 23 days. From the values of  $k$ , it was possible to establish the following order of release for the macronutrients: without N (K > N > P > Ca > Mg) and with N (K > P > N > Ca > Mg).

**KEY WORDS:** *Vitis vinifera* L. Nutrient cycling. Nitrogen carbon ratio

## 1 - INTRODUÇÃO

As práticas de manejo adotadas na produção da videira são cruciais para a qualidade dos frutos. Dentre os tratamentos culturais, a poda, desbrota de folhas, desbrote dos ramos, eliminação de gavinhas e, em algumas variedades, o raleio de bagas do cacho, contribuem para aumentar o aporte de resíduos vegetais sobre o solo, os quais contribuem para ciclagem de nutrientes no sistema. O potencial do uso de nutrientes de resíduos de culturas implica na necessidade de se conhecer sua dinâmica de decomposição para sincronizar a liberação de nutrientes com a época de maior demanda pela cultura.

A decomposição de resíduos depende de condições ambientais locais, características químicas de cada espécie vegetal e da adubação. Dentre esses fatores, o teor inicial de lignina, relações C:N e lignina:N do material a ser decomposto, vão influenciar diretamente na atividade dos organismos decompositores (COSTA et al., 2014; POTRICH et al., 2014). Assim, a adição de nitrogênio (N) mineral pode alterar a decomposição destes resíduos, especialmente, tecidos tenros como as folhas da videira. Isto torna-se mais importante, uma vez que, a aplicação de fontes minerais nitrogenadas é uma prática de manejo recomendada para a videira, pois, tem efeito potencial no crescimento vegetativo, na produtividade e nas características químicas da uva e do seu mosto, afetando os teores de sólidos solúveis totais, pH, acidez, ácidos orgânicos, polifenóis totais, antocianinas e nutrientes (BRUNETTO et al., 2007; BRUNETTO et al., 2009; BRUNETTO et al., 2013; ROCHA et al., 2015).

Associado a isso, quando o cultivo da videira é realizado em clima semiárido deve-se ter um cuidado maior, pois este é caracterizado por altas temperaturas, reduzida precipitação pluvial, solos pouco intemperizados e baixo aporte de resíduos, o que torna esse ambiente ainda mais frágil em termos de decomposição da matéria orgânica do solo. Como a dinâmica do N é interligada com a da matéria orgânica, tem-se muito déficit de N nesses solos, necessitando a adição de fertilizante mineral. Existem relatos sobre o efeito do N frente ao processo de decomposição de resíduos vegetais (ASSIS et al., 2003; VITTI et al., 2008; POTRICH et al., 2014), no entanto, para resíduos da videira estes são inexistentes. Para a videira os materiais gerados durante as etapas de produção, se depositados sobre o solo, podem contribuir para a melhoria da fertilidade e acúmulo de matéria orgânica.

Partindo da hipótese de que, a adição de N altera a decomposição dos resíduos das folhas da videira e liberação dos nutrientes nela contidos. O trabalho teve por objetivo avaliar a dinâmica de decomposição das folhas de videira 'Isabel Precoce' e a liberação de nutrientes quando submetidos a aplicação de nitrogênio nas condições semiáridas da região Oeste Potiguar.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), no município de Mossoró, região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, cujas coordenadas geográficas são 5°03'37''S de latitude e, 37°23'50''W de longitude, com altitude de 78 m, e relevo plano. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSw'h', tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 695,8 mm e temperatura média de 27,4 °C, marcado por dois períodos bem definidos: seco (prolongado) e úmido (curto e irregular). A vegetação natural é a Caatinga hiperxerófila. Na Tabela 1, constam-se os dados meteorológicos registrados durante a realização do experimento.

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, mensais registrados durante o período de realização do experimento. Mossoró, RN. 2017

Meses	Precipitação (mm)	Temp. média (°C)	Umidade (%)
2015			
Outubro	0,0	28,0	56,8
Novembro	0,0	28,2	59,6
Dezembro	8,0	28,8	58,7
2016			
Janeiro	239,0	27,2	71,9
Fevereiro	84,0	27,7	67,7

**Fonte:** Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UFERSA. Mossoró, RN.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico, textura arenosa (RÊGO et al., 2016). Antes da instalação do experimento, amostras de solo da camada de 0-20 cm foram coletadas e, determinadas as características físicas e químicas (EMBRAPA, 2011 e TEDESCO et al, 1995), sendo os resultados dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 cm), textura arenosa, antes da instalação do experimento. Mossoró, RN. 2017

Atributo	Valor	Atributo	Valor
pH (H <sub>2</sub> O)	7,95	V (%)	100
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,08	M (%)	0
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	4,07	PST (%)	1
N total (g kg <sup>-1</sup> )	0,77	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1,11
P (mg dm <sup>-3</sup> )	39	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	12,57
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	117	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	29,75
Na <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	49	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	4,0
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,17	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	836
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,05	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	84
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	80
(H+Al) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,54
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73	Densidade de partículas (kg dm <sup>-3</sup> )	2,63
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73	Porosidade total (%)	41,44
CTC do solo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73		

pH = potencial hidrogênio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V (%) = saturação por bases; M (%) = saturação por alumínio; PST = porcentagem de sódio trocável.

**Fonte:** Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFERSA.

Antes da implantação do experimento, foram coletadas folhas inteiras de videiras do parreiral da UFERSA, cultivado com a variedade ‘Isabel Precoce’, com 5 anos de idade. Por ocasião da coleta, amostras aleatórias de folhas foram levadas para estufa de circulação de ar forçado a 65°C, até atingir peso constante. Então, foram moídos e quantificados os teores de N, P, K, Ca, Mg (EMBRAPA, 2009), Carbono (TEDESCO et al., 1995), celulose, hemicelulose e lignina (VAN SOEST et al., 1991), os resultados encontram-se descritos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Características químicas das folhas de videira ‘Isabel Precoce’. Mossoró, RN. 2017

N	P	K	Ca	Mg	C	Lig.	Cel.	Hem.	Lig:N	C:N
-----g kg <sup>-1</sup> -----										
19,8	0,51	10,23	11,12	2,92	383,20	79,3	71,6	49,8	4,0	19,35

Lig. = lignina; Cel. = celulose; Hem. = hemicelulose; Lig:N = relação lignina nitrogênio; C:N = relação carbono:nitrogênio. **Fonte:** Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFERSA.

Após esse processo, uma porção de 10 g do material vegetal foi acondicionada em sacos de náilon (*litter bags*) de malha de 2 mm, e 25 x 25 cm de tamanho (0,0625 m<sup>2</sup>), o que equivale a quantidade de fitomassa de 1600 kg ha<sup>-1</sup>.

Em seguida, os *litter bags* foram distribuídos em formato de círculo ao redor do caule de plantas de videira, as quais foram irrigadas por microaspersão, com raio de molhamento de 2 m<sup>2</sup>, turno de rega de 1 hora, e frequência de irrigação de uma vez a cada 24 horas, ressaltando que os *litter bags* mantiveram-se em contato com a água advinda da irrigação dessas plantas. As amostragens dos *litter bags* foram realizadas durante 120 dias, sendo que o experimento foi de 08 de outubro de 2015 a 07 fevereiro de 2016.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizados com tratamentos distribuídos em quatro repetições, em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis tempos de coleta (0, 20, 40, 60, 90 e 120 dias), com e sem adição de N (0 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). O fertilizante nitrogenado utilizado foi a uréia (45% de N), diluído em água para manter a uniformidade no espalhamento sobre toda área dos *litter bags*. A adição de N foi realizada no mesmo dia em que os *litter bags* foram dispostos sobre o solo no campo.

A dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N foi estabelecida seguindo recomendação de adubação para a cultura da videira (IPA, 2008), com intuito de fornecer uma dose de fertilizante que pudesse atender às necessidades da planta, bem como auxiliasse no processo de decomposição do esterco bovino.

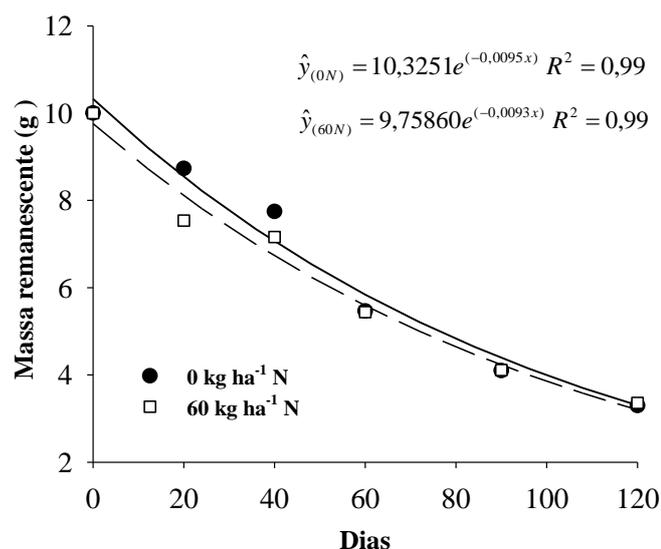
Nos períodos pré-determinados, os resíduos de folhas remanescentes no interior dos *litter bags* foram dispostos sobre uma bandeja individual para realização de limpeza (com pincel de cerdas macias), em seguida foram acondicionados em sacos de papel e secos em estufa com circulação de ar a 65°C, até atingir peso constante. Após esse período, foram pesados para

determinar a massa seca remanescente e, posteriormente moídos para serem analisados quimicamente. O nitrogênio foi determinado a partir da digestão sulfúrica e quantificado pelo método Kjeldahl. Os demais nutrientes foram obtidos a partir da digestão nítrica em forno microondas. O fósforo foi determinado por espectrofotometria; o potássio por fotometria de chamas e, o cálcio e o magnésio por espectrofotômetro de absorção atômica, todos conforme Embrapa (2009). O carbono foi determinado pela oxidação via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, sendo titulado com sulfato ferroso amoniacal, conforme Tedesco et al. (1995).

Com esses dados, foram determinadas as taxas de decomposição do resíduo vegetal e de liberação de nutrientes, utilizando-se o modelo matemático exponencial, descrito por Thomas & Asakawa (1993):  $X = X_0 e^{-kt}$ , em que  $X$  é a quantidade de massa seca, ou nutrientes remanescentes, depois de um período de tempo  $t$ , em dias;  $X_0$  refere-se à quantidade de matéria seca ou nutriente no início da decomposição;  $k$  é a constante de decomposição. Reorganizando os termos dessa equação, é possível calcular a constante de decomposição, ou valor  $k$ :  $k = \ln(X/X_0)/t$ . Outra característica útil na avaliação da decomposição de materiais vegetais é o tempo de meia-vida ( $t_{(0,5)}$ ) e o  $t_{(0,05)}$ , que expressam o período de tempo necessário para que metade e 95% dos resíduos se decomponham ou para que metade ou 95% dos nutrientes contidos nesses resíduos sejam liberados, respectivamente. Assim, calculou-se o  $t_{(0,5)} = \ln(2)/k$  e o  $t_{(0,05)} = 3/k$ , respectivamente. Na análise de variância das decomposições e da liberação de nutrientes, o teste F a 5% foi conclusivo, devido a comparação de duas médias.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cinética de decomposição das folhas de videira apresentou padrões semelhantes com decaimento exponencial, com progressivo decréscimo da matéria seca. Verificou-se, aos 20 dias após a instalação do experimento (DAI) que a decomposição inicial do tratamento que continha N foi de 24%, o dobro das folhas que não receberam adubação com N (Figura 1). Melo et al. (2008) relatam que na decomposição de resíduos, as substâncias mais facilmente degradáveis são decompostas rapidamente pelos microrganismos e, com o decorrer do tempo, se acumulam os compostos orgânicos mais recalcitrantes e de maior hidrofobicidade, que dificultam o ataque microbiano e com isso a susceptibilidade a decomposição é diminuída, reduzindo-se o processo de liberação do C. Porém, ao final dos 120 dias, ambos tiveram decomposições similares. Desta forma, as taxas de decomposição foram semelhantes, sendo que ao adicionar N a constante de decomposição ( $k$ ) teve um pequeno incremento (0,0095 g dia<sup>-1</sup>), em relação ao tratamento sem N (0,0092 g dia<sup>-1</sup>) (Tabela 4).



**Figura 1.** Massa remanescente das folhas de videira ‘Isabel Precoce’, com e sem aplicação de nitrogênio, em função dos períodos de avaliação. Mossoró, RN. 2017

**Tabela 4.** Estimativa dos parâmetros da equação  $X = X_0e^{-kt}$  ajustada aos valores de decomposição e liberação de nutrientes ( $k$ ) da massa seca de folhas de videira, utilizados pelo modelo exponencial de primeira ordem e, tempo necessário para decomposição ou liberação de 50% ( $t_{0,5}$ ) e 95% do material depositado ( $t_{0,05}$ ) (dias), sem e com adição de nitrogênio. Mossoró, RN. 2017

Dose de N kg ha <sup>-1</sup>	Equação				
	X <sub>0</sub>	k g dia <sup>-1</sup>	t <sub>0,5</sub> dia	t <sub>0,05</sub> dia	R <sup>2</sup> -
Decomposição					
0	10 (g)	0,0092a	75	325	0,99
60	10 (g)	0,0095a	73	316	0,99
C					
0	389,3 (g kg <sup>-1</sup> )	0,0111a	62	270	0,97
60	383,2 (g kg <sup>-1</sup> )	0,0114a	61	263	0,98
N					
0	18,9 (g kg <sup>-1</sup> )	0,01574a	44	191	0,99
60	19,8 (g kg <sup>-1</sup> )	0,01611a	43	186	0,98
P					
0	0,48 (g kg <sup>-1</sup> )	0,01494a	46	201	0,97
60	0,51 (g kg <sup>-1</sup> )	0,01726b	40	174	0,94
K					
0	10,06 (g kg <sup>-1</sup> )	0,04578a	15	65	0,99
60	10,23 (g kg <sup>-1</sup> )	0,05047a	13	59	0,99
Ca					
0	10,97 (g kg <sup>-1</sup> )	0,01222a	57	245	0,98
60	11,12 (g kg <sup>-1</sup> )	0,01302a	53	230	0,99
Mg					
0	2,87 (g kg <sup>-1</sup> )	0,0086a	81	349	0,97
60	2,92 (g kg <sup>-1</sup> )	0,0092b	75	326	0,96

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $\alpha = 0,05$ ).

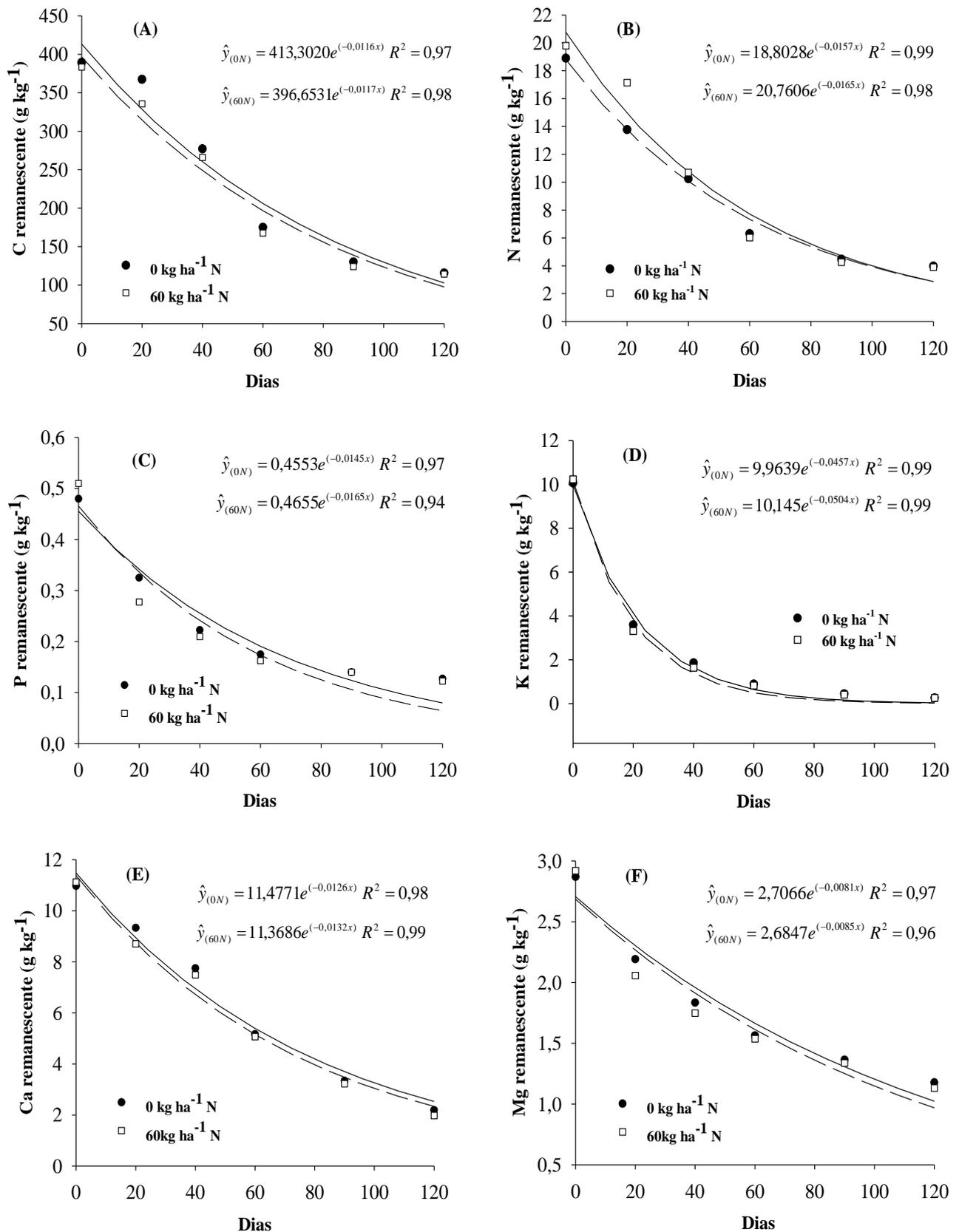
O período de tempo necessário para que metade desse resíduo se decomponha ( $t_{0,5}$ ) foi de 75 e 73 dias, o que implica que aos 316 e 325 dias, restariam somente 5%  $t_{0,05}$  do resíduo,

com e sem adição de N, respectivamente (Tabela 4). Observou-se que embora a adubação nitrogenada tenha diminuído a relação C:N dos resíduos, este aumento na decomposição foi de somente 9 dias no  $t_{(0,05)}$ , não correspondendo a um incremento significativo na velocidade de decomposição. Como o experimento foi irrigado por microaspersão, além do intenso nível pluviométrico concentrado durante um curto intervalo de tempo (239 mm, Tabela 1), provavelmente o N foi lixiviado, não interferindo na decomposição do resíduo, principalmente no período final de avaliação. Além disso, é provável que o pequeno contato resíduo-solo, tenha limitado o acesso dos microrganismos aos resíduos não influenciando na velocidade de decomposição das folhas.

No semiárido da Bahia, Brandão (2015) observou que de modo geral, dentre os materiais vegetais avaliados sem uso de adubação, o resíduo do sisal foi o que apresentou a menor constante de decomposição ( $0,003 \text{ g dia}^{-1}$ ), com tempo de meia vida de 231 dias. Já o avelós solteiro e a palma solteira apresentaram os menores tempos de meia vida, 30 e 46 dias, respectivamente. Esses valores são menores que os encontrados para resíduos da videira.

Em contrapartida, no experimento realizado no Cerrado do Mato Grosso Sul, Potrich et al. (2014) observaram que a adição de N em doses crescentes sobre resíduos secos de cana-de-açúcar aumentou a taxa de decomposição da palhada. O aumento na taxa de decomposição do resíduo da cana-de-açúcar comparado por meio do  $t_{(0,05)}$  entre as doses 0 e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N foi de 697 dias. Esses autores também observaram que mesmo em doses menores ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ), a adubação nitrogenada reduziu a permanência do resíduo em 569 dias, comparado com o  $t_{(0,05)}$  da testemunha. Em experimento irrigado com gramíneas no Cerrado de Goiás, Assis et al. (2003) também observaram incrementos na aceleração do processo de decomposição de resíduo de gramínea ao aplicar N em 21%. Para a cultura do sorgo as  $k$  foram de  $0,00509$  e  $0,00601 \text{ g dia}^{-1}$ , para os tratamentos sem e com N ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Essa diferença foi capaz de promover redução no  $t_{(0,5)}$  em 31 dias, sendo o  $t_{(0,5)}$  de 119 e 150 dias respectivos para presença e ausência de N. Os autores atribuíram o aumento da decomposição à menor relação C:N da palhada de gramíneas ao adicionar o N, o que ativou o processo microbiano de decomposição, realizado principalmente por bactérias e fungos, considerados decompositores primários.

Com relação ao C (Figura 2A) verificou-se aos 20 DAI que a adição de N promoveu o dobro de mineralização em relação aos tratamentos que não foram fertilizados. No entanto, a taxa de mineralização ( $k$ ) ao final do período de avaliação foi muito semelhante ( $0,0111$  e  $0,0114 \text{ g dia}^{-1}$ ) o que ocasionou  $t_{(0,5)}$  praticamente iguais (61 e 62 dias), sem e com N, respectivamente (Tabela 4).



**Figura 2.** Teores remanescentes de carbono (A), nitrogênio (B), fósforo (C), potássio (D), cálcio (E) e magnésio (F) das folhas de videira ‘Isabel Precoce’, com e sem aplicação de nitrogênio, em função dos períodos de avaliação. Mossoró, RN. 2017

Ao contrário do observado com este experimento, Vitti et al. (2008), avaliando a mineralização de nutrientes provenientes de resíduos de cana-de-açúcar em São Paulo, em função da aplicação de doses crescentes de N (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), observaram que na ausência de N ocorreu uma menor mineralização do C proveniente do resíduo vegetal para o solo, restando após 12 meses 30,5% do seu conteúdo inicial, porém, entre as doses de N observou-se mineralizações semelhantes.

A liberação de N dos resíduos das folhas de videira, também seguiu o padrão exponencial decrescente, não havendo imobilização de N durante o processo de decomposição, provavelmente devido à baixa relação C:N do resíduo (19,35) (Tabela 3). Na cinética de liberação de N, observou-se uma rápida liberação inicial, seguido por um período mais lento. Assim como ocorrido na decomposição, observou-se aos 20 DAI (Figura 2B) que a liberação inicial de N nos resíduos fertilizados com nitrogênio foi de 27%, mais que o dobro das folhas que não receberam adubação nitrogenada (13%). Mas, ao final dos 120 dias, ambos também tiveram liberações similares. No período experimental, não houve diferença significativa entre as taxas de liberação de N (0,01574 e 0,01611 g dia<sup>-1</sup>, sem e com N, respectivamente). O tempo necessário para que 50% desse nutriente fosse liberado ( $t_{0,5}$ ) foi de 44 e 43 dias, o que implicaria que aos 190 e 186 dias, restaria somente 5%  $t_{(0,05)}$  de N no resíduo, isto na ausência e presença de N, respectivamente (Tabela 4). Embora a quantidade de N influencie a população e atividade dos microrganismos decompositores, o aumento na disponibilidade de N na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> não favoreceu a taxa de liberação deste elemento. Provavelmente, por ser um solo de textura arenosa, associada à irrigação por microaspersão, possivelmente ocasionou sua lixiviação.

Avaliando a decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais compostos por espécies de leguminosas e não leguminosas e suas misturas na região semiárida, sem adubação, Giongo et al. (2011) observaram uma variação na liberação de N para o  $t_{(0,5)}$  de 58 a 79 dias e  $t_{(0,05)}$  de 250 a 341 dias, sendo os menores valores observados em coquetéis com 100% de não leguminosas. Esses valores são maiores que os encontrados no presente experimento para resíduos de folhas da videira.

De todos os nutrientes, a dinâmica de liberação do fósforo (P) (Figura 2C) foi a mais diferenciada. Observou-se aos 20 DAI que a liberação de P foi muito similar entre os tratamentos, posteriormente houve uma mudança de acordo com a adubação nitrogenada com  $k$  de 0,01494 e 0,01726 g dia<sup>-1</sup> sem e com N, respectivamente. Assim, o tempo necessário para que 50% desse nutriente fosse liberado ( $t_{0,5}$ ) foi de 46 e 40 dias, o que implica que aos 201 e 174 dias, restaria somente 5% ( $t_{0,05}$ ) de P no resíduo, isto na ausência e presença de N, respectivamente. Caracterizando a videira como excelente recicladora desse elemento pouco

solúvel, fato este muito importante, uma vez que, os solos brasileiros são deficientes em fósforo, apresentando teores médios em torno de  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  (Mehlich 1). Essa quantidade liberada pode ficar disponível tanto para absorção do sistema radicular da cultura quanto para imobilização em compostos minerais de difícil solubilidade.

Assim, observa-se que a alteração da relação C:N pela adição de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, modificou de forma significativa a velocidade de liberação de P, diminuindo em 27 dias sua liberação. A maior liberação de P no início do período de avaliação (Figura 2C) provavelmente está ligada a maior parte do P do tecido vegetal encontrar-se no vacúolo da célula, na forma mineral, bastante solúvel em água (MARSCHNER, 1995), e ser liberado dos resíduos culturais quando o vacúolo é rompido. No semiárido, Giongo et al. (2011) encontrou valores de  $t_{(0,5)}$  variando entre 78 e 96 dias e  $t_{(0,05)}$  entre 337 e 417 dias, sendo os menores valores associados a coquetéis vegetais com 50% leguminosas e 50% não leguminosas, valores bem maiores aos encontrados para o presente experimento com folhas de videira.

Independente da adição de N no resíduo, o potássio (K) foi o nutriente mais rapidamente mineralizado. Aos 20 DAI 64 e 67% do conteúdo inicial de K presente na folha já haviam sido liberados nos tratamentos sem e com N, respectivamente, sendo o único nutriente que apresentou teor mais próximo a zero aos 120 dias de avaliação (Figura 2D). Para a liberação do K foram observados tempos de meia-vida de 15 e 13 dias, resultando que aos 66 e 59 dias, 95% desse elemento já foi liberado das folhas da videira em decomposição, isto sem e com adição de N (Tabela 4). Nota-se, que a presença do N somente aumentou a liberação em 7 dias, não apresentando significância ao longo do tempo, sendo que ao final de 120 dias, só restavam 2,6% para ambos. Isto pode ser explicado pelo fato do K ser facilmente extraído dos tecidos das plantas pela água, por se encontrar na forma iônica, não participando de compostos orgânicos estáveis na planta. Assim, a utilização de irrigação por microaspersão, bem como a intensa precipitação (239 mm, Tabela 1) ocorrida em curto intervalo de tempo, favoreceu a sua liberação.

Segundo Rosolem et al. (2003), essa rápida taxa de liberação do K pelos resíduos vegetais deve-se ao fato de que o cátion  $\text{K}^+$  não é metabolizado na planta, formando ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade. Giongo et al. (2011) em coquetéis vegetais no semiárido encontraram valores maiores para  $t_{(0,5)}$  (47 a 53 dias) e  $t_{(0,05)}$  (204 a 229 dias), sendo os menores valores associados a plantas não leguminosas. Na avaliação de três espécies vegetais na região Centro-Oeste, Boer et al. (2008) constataram que o K foi o nutriente de liberação mais rápida, com tempo de meia vida de 10, 16 e 27 dias, para amaranto, milho e capim-pé-de-galinha, respectivamente. Também no Cerrado e com gramíneas, Leite et al.

(2010), avaliando a liberação de nutrientes de braquiária, milho e braquiária+milho, verificaram mesmo comportamento, onde após 100 dias de avaliação, haviam sido liberados 93, 89 e 92% do K presente nos resíduos das espécies vegetais, respectivamente.

O potássio é o elemento utilizado em maior quantidade pela videira, participando na fase de lignificação dos ramos e maturação dos frutos. A concentração normal de K nas folhas da videira varia de 1,5 a 2,5%, sendo que a planta absorve cerca de 6 kg de K<sub>2</sub>O para produzir 1000 kg de frutos (SILVA, 2012; EMBRAPA, 2017). Portanto, a adubação potássica é essencial para manutenção da produtividade e qualidade dos frutos, pois a liberação deste elemento nos resíduos de folhas de videiras ocorre quase que totalmente nos primeiros dias, independentemente do uso ou não do N.

Analisando a liberação de cálcio (Ca), observou-se uma mineralização mais lenta desse nutriente, com pequeno incremento quando se adicionou N (21,7%) comparado ao tratamento sem N (14,9%) aos 20 DAI (Figura 2E), portanto, não sendo suficiente para que alterasse de forma significativa as taxas de decomposição (*k*). O tempo necessário para que 50% desse nutriente fosse liberado (*t*<sub>0,5</sub>) foi de 56 e 53 dias, o que indicaria que aos 245 e 231 dias, restaria somente 5% (*t*<sub>0,05</sub>) de Ca nesse resíduo, isto na ausência e presença de N, respectivamente (Tabela 4).

A lenta taxa de liberação de Ca do tecido vegetal da videira é característica intrínseca desse nutriente, uma vez que, é constituinte da lamela média da parede celular e possui as funções de componente da parede celular e manutenção da estrutura das membranas (MARSCHNER, 1995). No semiárido, sem adição de adubo, Giongo et al. (2011) encontraram valores de *t*<sub>0,5</sub> variando entre 67 e 87 dias e *t*<sub>0,05</sub> entre 288 e 375 dias, sendo os menores valores associados a coquetéis vegetais com 100% de não leguminosas e os maiores valores com 100% de leguminosas, valores bem maiores aos encontrados para esta pesquisa com folhas de videira.

De todos os macronutrientes, o magnésio (Mg) (Figura 2F) foi o que apresentou os menores valores na taxa de decomposição, sendo alterada de forma significativa na presença de N (0,0086 e 0,0092 g dia<sup>-1</sup>, sem e com N, respectivamente). Isto ocasionou um *t*<sub>0,5</sub> de 80 e 75 dias, o que indicaria que aos 349 e 326 dias, restaria somente 5% (*t*<sub>0,05</sub>) de Mg nesse resíduo, isto na ausência e presença de N, respectivamente (Tabela 4). Assim, observou-se que a alteração da relação C:N pela adição de N, modificou de forma significativa a velocidade de liberação de Mg, diminuindo em 23 dias sua liberação final. O Mg compete pelos mesmos pontos de absorção pelas raízes com o K, mas como a liberação do K foi rápida (aos 60 dias restavam em torno de 5% desse nutriente nas folhas), não há risco de competição pela liberação do Mg. Para Mg, Giongo et al. (2011) encontraram valores de *t*<sub>0,5</sub> variando entre 67 e 87 dias

e  $t_{(0,05)}$  entre 291 e 375 dias, sendo os maiores valores associados a coquetéis vegetais que eram mistos (50% leguminosas + 50% não leguminosas), valores similares aos encontrados para esta pesquisa com folhas de videira.

A partir dos valores da constante  $k$ , tornou-se possível estabelecer a seguinte ordem de mineralização para os macronutrientes: sem N (K > N > P > Ca > Mg) e com N (K > P > N > Ca > Mg). Assim, as distintas taxas de liberação de nutrientes com adubação nitrogenada no presente estudo, mostraram a necessidade de estudos futuros com doses mais elevadas desse nutriente. Vale-se destacar que as quantidades de resíduos depositadas sobre o solo muitas vezes podem ser pequenas a curto prazo e pouco influenciam em ganhos na fertilidade do solo, porém, ao longo do tempo, pode ocorrer efeito cumulativo dos nutrientes liberados a cada ciclo de produção, contribuindo para compor uma fração orgânica de nutrientes no solo e, dessa maneira, aumentar a disponibilidade (TAKEDA et al., 2009). A aplicação de N diminuiu a relação C:N dos resíduos das folhas de videira e ativa o processo microbiano de decomposição, realizado principalmente por bactérias e fungos, que são considerados os decompositores primários (SMITH, 1994). No presente estudo não foi detectado aumento significativo na decomposição dos resíduos e na liberação de nutrientes como um todo, o que provavelmente se deve à baixa quantidade de N aplicado.

#### 4 - CONCLUSÕES

A aplicação de nitrogênio mineral nas folhas de videira (60 kg ha<sup>-1</sup>), embora tenha reduzido a relação C:N, não influenciou a velocidade de decomposição dos resíduos deixados na superfície do solo.

A adubação nitrogenada em resíduos de folhas de videira promoveu aumento na velocidade de liberação apenas de P e Mg, diminuindo em 27 e 23 dias sua liberação final. A partir dos valores de  $k$ , tornou-se possível estabelecer a seguinte ordem de liberação para os macronutrientes: sem N (K > N > P > Ca > Mg) e com N (K > P > N > Ca > Mg).

#### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, E. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade Microbiana e na decomposição da palhada e sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 2, p. 107-112, 2003.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo

ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 843-851, 2008.

BRANDÃO, V. F. **Dinâmica de decomposição e liberação de macronutrientes de materiais vegetais em ambiente Semiárido**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB. Cruz das Almas. 2015. 42p (Dissertação de Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas).

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. M.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2035-2041, 2009.

BRUNETTO, G. CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, J. W. B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 389-393, 2007.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; MELO, G. W. B. de; GIROTTO, E.; FERREIRA, P.A. Application of nitrogen sources on grapevines and effect on yield and must composition. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1042-1051, 2013.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M.; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1223-1233, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2º. ed. Revisada e ampliada - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2011. 230p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Nutrientes na videira**. In: MELO, G.W.B. Disponível Em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva\\_para\\_processamento/arvore/CONT000gr678d9z02wx5ok0id7g9o66bhpf8.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva_para_processamento/arvore/CONT000gr678d9z02wx5ok0id7g9o66bhpf8.html). Acesso em: 28/09/2017.

GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 611-618, 2011.

Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. Recife: IPA, 2008. 64p.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 29-35, 2010.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2º ed. San Diego: Academic, p. 229-312, 1995.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 101-110, 2008.

POTRICH, D. C.; MARCHETTI, M. E.; POTRICH, D. C.; ENSINAS, S. C.; SERRA, A. P.; SILVA, E. F.; SOUZA, N. H. Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 4, p. 1751-1760, 2014.

ROSOLEM, C. A.; SILVA, R. H.; ESTEVES, J. A. F. Potassium supply to cotton roots as affected by potassium fertilization and liming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 635-641, 2003.

ROCHA, M. G.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J. Atributos do solo, produção da videira 'Syrah' irrigada e composição do mosto em função da adubação orgânica e nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 220-229, 2015.

RÊGO, L. G. S., MARTINS, C. M.; SILVA, E. F., SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, State of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1036-1042, 2016.

SILVA, D. J. **Nutrição e adubação da videira em sistema de produção integrada**. (Circular Técnica, 100). Embrapa Semiárido. Petrolina, PE, dezembro, 10 p. 2012.

SMITH, J. L. Cycling of nitrogen through microbial activity. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil biology: effects on soil quality**. Boca Raton: CRC Press, p. 91-120, 1994.

TAKEDA, M.; NAKAMOTO, T.; MIYAZAWA, K.; MURAYAMA, T.; OKADA, H. Phosphorus availability and soil biological activity in an Andosol under compost application and winter cover cropping. **Applied Soil Ecology**, v. 42, n. 2, p. 86-95, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351- 1361, 1993.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M. O.; TOVAJAR, J. G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, número especial, p. 2757-2762, 2008.

## CAPÍTULO 4

### INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NITROGÊNIO SOBRE A DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM ESTERCO BOVINO NO SEMIÁRIDO

#### RESUMO

A disponibilidade de nitrogênio é extremamente importante para a decomposição de compostos orgânicos, especialmente no semiárido, onde N é limitante. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica de decomposição do esterco bovino e a liberação de nutrientes, quando este é submetido a adição de nitrogênio no Semiárido Potiguar. O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró, RN, cujo clima é semiárido. O solo da área é um Argissolo Vermelho Distrófico de textura arenosa. Os *litter bags* contendo o esterco foram colocados em parreiral cultivado com videira 'Isabel Precoce'. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis tempos de coleta (0, 20, 40, 60, 90 e 120 dias), com e sem adição de N (0 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). Para decomposição e liberação de nutrientes adotou-se o modelo exponencial de decaída e calculou-se o  $t_{(0,5)} = \ln(2)/k$ , e o  $t_{(0,95)} = 3/k$  os quais são tempos necessários para que 50% e 95% do resíduo sejam decompostos e os nutrientes liberados, respectivamente, sendo o  $k$  a constante de decomposição. A adubação nitrogenada no esterco bovino embora tenha reduzido a relação C:N, não influenciou a velocidade de decomposição do esterco, nem a mineralização do carbono. A adição de nitrogênio promoveu maior liberação de P, Mg, K, reduzindo o tempo para que 95% dos nutrientes contidos nos resíduos fossem liberados em 27, 65 e 226 dias. A partir dos valores de  $k$ , tornou-se possível estabelecer a seguinte ordem de mineralização para os macronutrientes: sem N (P > Mg > K > N > Ca) e com N (P > K > Mg > N > Ca).

**PALAVRAS CHAVE:** Ciclagem de nutrientes. Contribuição nutricional. Resíduo orgânico

## CHAPTER 4

### EFFECT OF THE ADDITION OF NITROGEN ON DECOMPOSITION AND MINERALIZATION OF NUTRIENTS IN SEMIARID BOVINE STRAW

#### ABSTRACT

The availability of nitrogen is extremely important for the decomposition of organic compounds, especially in the semi-arid, where N is limiting. Thus, the objective of this work was to evaluate the dynamics of bovine manure decomposition and the release of nutrients, when it is submitted to nitrogen addition in the Potiguar Semi-arid. The experiment was implemented at the Experimental Farm of UFERSA, in Mossoró, RN, whose climate is semi-arid. The soil in the area is a sandy-textured Reddish Argisol. The *litter bags* containing manure were placed in a vineyard cultivated with 'Isabel Precoce' vine. A completely randomized design was used with four replications in a 6 x 2 factorial scheme, with six collection times (0, 20, 40, 60, 90 and 120 days), with and without addition of N (0 and 60 kg ha<sup>-1</sup>). For the decomposition and release of nutrients, the exponential decay model was adopted and  $t(0.5) = \ln(2)/k$ ,  $eot(0.05) = 3/k$  were calculated, which are times necessary for 50 % and 95% of the residue are decomposed and the nutrients released, respectively, and  $k$  is the constant of decomposition. Nitrogen fertilization in cattle manure, although reducing the C:N ratio, did not influence the decomposition rate of manure or carbon mineralization. The addition of nitrogen promoted greater release of P, Mg, K, reducing the time for 95% of the nutrients contained in the residues to be released in 27, 65 and 226 days. From the values of  $k$ , it became possible to establish the following order of mineralization for macronutrients: without N (P > Mg > K > N > Ca) and with N (P > K > Mg > N > Ca).

**KEY WORDS:** Nutrient cycling. Nutritional contribution. Organic waste

## 1 - INTRODUÇÃO

Na maior parte das recomendações de adubação para frutíferas cultivadas em solos tropicais, é indicada a utilização de adubos orgânicos (principalmente esterco de animais) em complemento a fertilização mineral, por ser considerada essencial na manutenção e no equilíbrio das propriedades do solo, proporcionando com isso melhorias na produção das culturas (CIANCIO et al., 2014). No entanto, na maioria dos cultivos onde são depositados estes adubos orgânicos, não se tem conhecimento da dinâmica de decomposição, nem do padrão temporal da liberação de nutrientes para o solo, visto que, estes são fatores primordiais para o estabelecimento de estratégias para sincronizar a mineralização de nutrientes com a demanda das culturas (FREITAS et al., 2012). Assim, para o uso de esterco de animais como fonte de nutrientes, deve-se levar em consideração não só a quantificação dos nutrientes existentes, mas os teores destes que são potencialmente mineralizáveis, para definir critérios técnicos de quantidades a serem adicionados ao solo para atender a demanda das diversas culturas.

Com o aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente preocupação ambiental, fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura semiárida uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da disponibilidade da matéria prima e da ciclagem de carbono e nutrientes (SILVA et al., 2010). A adubação orgânica com resíduo de origem animal é uma opção viável por apresentar vantagens como manutenção da fertilidade do solo, redução dos custos, aumento da produtividade, melhora as propriedades químicas e físicas do solo, diminuição da poluição e aumento da eficiência de uso e qualidade nutricional nos sistemas de produção (PINTO et al., 2016; SILVA, et al., 2016; PEREIRA et al., 2012; MENEZES & SILVA, 2008).

Uma série de fatores bióticos e abióticos controlam a decomposição dos resíduos orgânicos, incluindo a composição química dos mesmos, condições ambientais como propriedades do solo e clima, natureza e comunidade de microrganismos decompositores. Dos nutrientes, a disponibilidade de nitrogênio é extremamente importante para a decomposição de compostos orgânicos, especialmente no semiárido, onde o N é limitante, devido ao baixo teor de matéria orgânica do solo. No entanto, alguns resultados de estudos sobre o efeito da adição de nitrogênio (N) na taxa de decomposição, especialmente em litter, são diferenciais.

Alguns estudos relatam efeitos estimuladores da adubação nitrogenada (CARREIRO et al., 2000; HOBBIÉ, 2005; SHONG et al. 2011), enquanto outros mostram efeito neutro ou negativo desta na decomposição de litter (KNORR et al., 2005, HOBBIÉ, 2008; KEELER et al., 2009). Porém, estudos com esterco bovino, nesse sentido, são escassos. Em adicional a

isso, existe a preocupação de que a distribuição de esterco resulte em níveis excessivos de N no solo, principalmente em solos arenosos, podendo ultrapassar a capacidade do solo bem como o das culturas em absorvê-lo, causando a eutrofização em corpos de água.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a dinâmica de decomposição e mineralização de nutrientes de esterco bovino em parreiral irrigado, quando submetido a adição de nitrogênio nas condições do semiárido Potiguar. Para isso, hipotetizou-se que o aumento da disponibilidade de N pela fertilização, estimularia todas as fases de decomposição do esterco bovino.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), no município de Mossoró, região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, cujas coordenadas geográficas são 5°03'37''S de latitude e, 37°23'50''W de longitude, com altitude de 78 m, e relevo plano. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSw'h', tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 695,8 mm e temperatura média de 27,4 °C, marcado por dois períodos bem definidos: seco (prolongado) e úmido (curto e irregular). A vegetação natural é a Caatinga hiperxerófila. Na Tabela 1, constam-se os dados meteorológicos registrados durante a realização do experimento.

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, mensais registrados durante o período de realização do experimento. Mossoró, RN. 2017

Meses	Precipitação (mm)	Temp. média (°C)	Umidade (%)
		2015	
Outubro	0,0	28,0	56,8
Novembro	0,0	28,2	59,6
Dezembro	8,0	28,8	58,7
		2016	
Janeiro	239,0	27,2	71,9
Fevereiro	84,0	27,7	67,7

**Fonte:** Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UFERSA, Mossoró-RN.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico, textura arenosa (RÊGO et al., 2016). Antes da instalação do experimento, amostras de solo da camada de 0-20 cm foram coletadas e, determinadas as características físicas e químicas (EMBRAPA, 2011 e TEDESCO et al, 1995), sendo os resultados dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 cm), textura arenosa, antes da instalação do experimento. Mossoró, RN. 2017

Atributo	Valor	Atributo	Valor
pH (H <sub>2</sub> O)	7,95	V (%)	100
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,08	M (%)	0
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	4,07	PST (%)	1
N total (g kg <sup>-1</sup> )	0,77	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1,11
P (mg dm <sup>-3</sup> )	39	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	12,57
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	117	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	29,75
Na <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	49	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	4,0
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,17	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	836
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,05	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	84
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	80
(H+Al) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,54
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73	Densidade de partículas (kg dm <sup>-3</sup> )	2,63
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73	Porosidade total (%)	41,44
CTC do solo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73		

pH = potencial hidrogênio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V (%) = saturação por bases; M (%) = saturação por alumínio; PST = porcentagem de sódio trocável.

**Fonte:** Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFERSA.

Antes da implantação do experimento, o esterco bovino utilizado foi coletado conforme as recomendações descritas por Kiehl (1985), sendo este advindo de animais pertencentes ao Setor de Zootecnia da UFERSA. Após a coleta, em laboratório, foi determinada a umidade e, quantificados os teores de N, P, K, Ca, Mg (EMBRAPA, 2009), Carbono (TEDESCO et al., 1995), celulose, hemicelulose e lignina (VAN SOEST et al., 1991), os resultados encontram-se descritos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Composição química do esterco bovino utilizado no experimento. Mossoró, RN. 2017

N	C	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Lig.	Cel.	Hem.	C:N	Lig:N	Umidade
-----g kg <sup>-1</sup> -----										-	-	%
9,81	104,1	2,43	9,47	2,78	10,04	4,88	121	102	71	10,6	12,3	10,7

Lig. = Lignina; Cel. = Celulose; Hem. = Hemicelulose; C:N = Relação Carbono:Nitrogênio; Lig:N = Relação Lignina: Nitrogênio

**Fonte:** Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFERSA.

Posteriormente, o esterco foi seco em estufa com circulação forçada de ar à 65°C até atingir peso constante, em seguida, foi submetido a uma leve pulverização manual com intuito de homogeneizar as partículas. Uma porção de 30 g deste material foi acondicionada em sacos de náilon (*litter bags*) com malha de 1 mm<sup>2</sup> e 25 x 25 cm de tamanho (0,0625 m<sup>2</sup>), o que equivale a quantidade de esterco de 4800 kg ha<sup>-1</sup>. Em seguida, os *litter bags* foram distribuídos em formato de círculo ao redor do caule de plantas de videira, as quais foram irrigadas por microaspersão, com raio de molhamento de 2 m<sup>2</sup>, turno de rega de 1 hora, e frequência de irrigação de uma vez a cada 24 horas, ressaltando que os *litter bags* mantiveram-se em contato

com a água advinda da irrigação dessas plantas. As amostragens dos *litter bags* foram realizadas durante 120 dias, sendo que o experimento foi de 08 de outubro de 2015 a 07 fevereiro de 2016.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizados com tratamentos distribuídos em quatro repetições, em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis tempos de coleta (0, 20, 40, 60, 90 e 120 dias), com e sem adição de N (0 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). O fertilizante nitrogenado utilizado foi a uréia (45% de N), diluído em água para manter a uniformidade no espalhamento sobre toda área dos *litter bags*. A adição de N foi realizada no mesmo dia em que os *litter bags* foram dispostos sobre o solo no campo.

A dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N foi estabelecida seguindo recomendação de adubação para a cultura da videira (IPA, 2008), com intuito de fornecer uma dose de fertilizante que pudesse atender às necessidades da planta, bem como auxiliasse no processo de decomposição do esterco bovino.

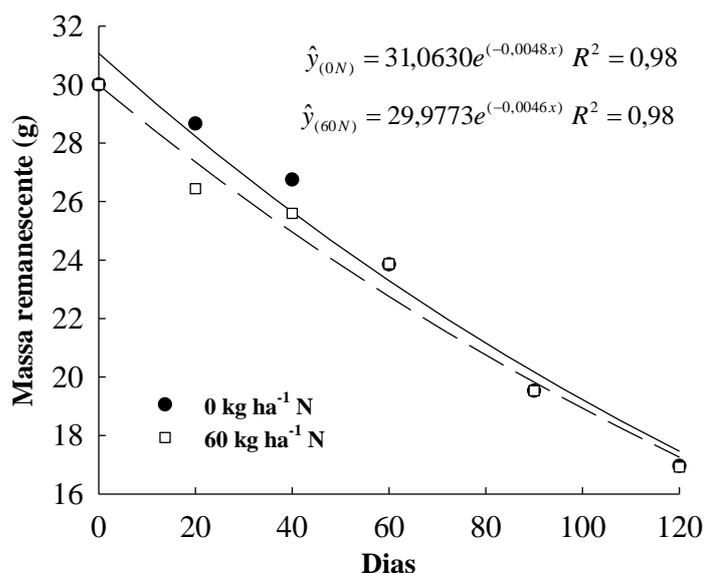
Nos períodos pré-determinados, o esterco remanescente no interior dos *litter bags* foram dispostos sobre uma bandeja individual, para realização de limpeza (com pincel de cerdas macias), em seguida foram acondicionados em sacos de papel e, seco em estufa com circulação de ar a 65°C, até atingir peso constante. Após esse período, foram pesados para determinar a massa seca remanescente e, posteriormente moídos para as análises químicas. O nitrogênio foi determinado a partir da digestão sulfúrica e quantificado pelo método kjeldahl. Os demais nutrientes foram obtidos a partir da digestão nítrica em forno microondas. O fósforo foi determinado por espectrofotometria; o potássio por fotometria de chamas; o cálcio e o magnésio por espectrofotômetro de absorção atômica, todos conforme Embrapa (2009). O carbono foi determinado pela oxidação via úmida com dicromato de potássio, em meio sulfúrico, sendo titulado com sulfato ferroso amoniacal de acordo com Tedesco et al. (1995).

Com esses dados, foram determinadas as taxas de decomposição do esterco e da liberação de nutrientes, utilizando-se o modelo matemático exponencial, descrito por Thomas & Asakawa (1993) onde:  $X = X_0 e^{-kt}$ , em que X é a quantidade de massa seca, ou nutrientes remanescentes, depois de um período de tempo t, em dias; X<sub>0</sub> refere-se à quantidade de matéria seca ou nutriente no início da decomposição; k é a constante de decomposição. Reorganizando os termos dessa equação, é possível calcular a constante de decomposição, ou valor k:  $k = \ln(X/X_0)/t$ . Outra característica útil na avaliação da decomposição de materiais vegetais é o tempo de meia-vida ( $t_{(0,5)}$ ) e o  $t_{(0,95)}$ , que expressam o período de tempo necessário para que metade e 95% dos resíduos se decomponham ou para que metade ou 95% dos nutrientes contidos nesses resíduos sejam liberados, respectivamente. Assim, calculou-se o  $t_{(0,5)} = \ln(2)/k$ , e o  $t_{(0,95)} = 3/k$ ,

respectivamente. Na análise de variância da decomposição e de liberação de nutrientes, o teste F a 5 % foi conclusivo, devido a comparação de duas médias.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo exponencial de primeira ordem mostrou-se adequado para avaliar a decomposição e liberação de nutrientes presentes no esterco. Isto indica que mesmo o solo sendo arenoso e pobre em nutrientes, não foi necessário a imobilização de N e P para sua decomposição, provavelmente pela baixa relação C:N (10,6) e C:P (43,3). Notou-se que o processo de decomposição do esterco, mesmo adicionando N, foi lento nos 40 dias iniciais, permanecendo nas sacolas de náilon cerca de 90% do peso inicial do esterco (Figura 1). Souto et al. (2005) no semiárido da Paraíba, também observaram que processo o de decomposição de resíduos orgânicos de origem animal foi lento nos trinta dias iniciais, permanecendo ainda nas sacolas de náilon cerca de 95% do peso inicial dos estercos.



**Figura 1.** Massa remanescente do esterco bovino, com e sem aplicação de nitrogênio, em função dos períodos de avaliação. Mossoró, RN. 2017

A adição de N não influenciou de forma significativa na decomposição do esterco, sendo as taxas de decomposição  $k$  (0,00451 e 0,00461 g dia<sup>-1</sup>) e  $t_{(0,5)}$  (154 e 150 dias) semelhantes nos tratamentos sem e com N, respectivamente. Estimando 95% da decomposição da massa inicial do esterco  $t_{(0,05)}$ , houve apenas um ganho de 14 dias quando aplicado N (Tabela 4). De forma análoga à decomposição, na mineralização do carbono observou-se comportamento similar entre os tratamentos desde o início da mineralização. A taxa de mineralização ( $k$ ) foi muito

semelhante (0,00288 e 0,00294 g dia<sup>-1</sup>), o que ocasionou t<sub>(0,5)</sub> com diferença de apenas 5 dias (241 e 236 dias) e uma diferença de 21 dias no t<sub>(0,05)</sub> (1043 e 1022 dias) sem e com N, respectivamente (Tabela 4). Analisando a decomposição e liberação de N, P e K de resíduos orgânicos de origem animal no semiárido da Paraíba, Silva et al. (2014) observaram para o esterco bovino, taxas de decomposições e tempo de meia vida superiores as verificadas neste trabalho (0,0010 g dia<sup>-1</sup> e 693 dias).

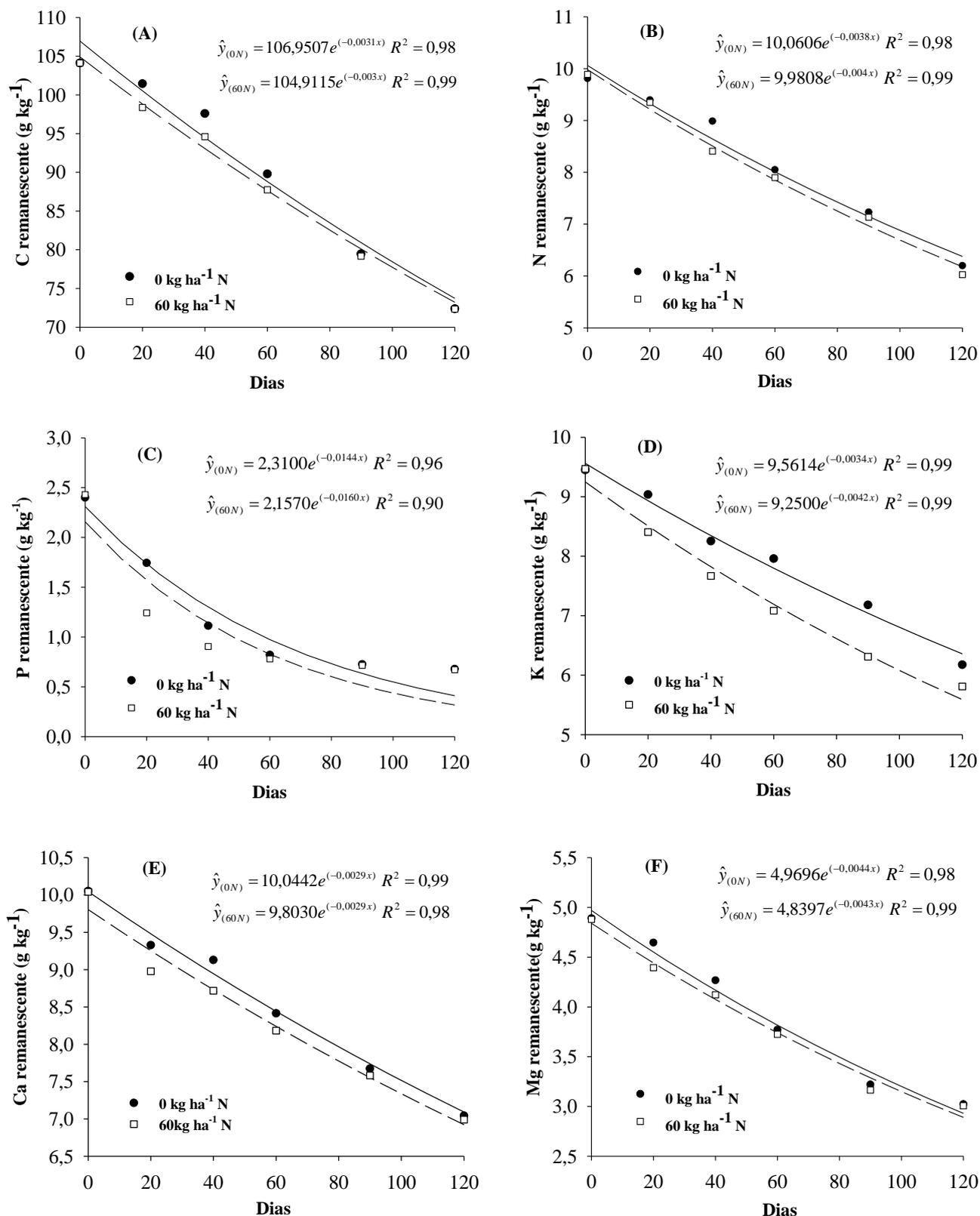
**Tabela 4.** Estimativa dos parâmetros da equação  $X = X_0 e^{-kt}$  ajustada aos valores de decomposição ou liberação de nutrientes ( $k$ ) da massa seca de esterco bovino, utilizados pelo modelo exponencial de primeira ordem e, tempo necessário para decomposição ou liberação de 50% (t<sub>0,5</sub>) e 95% do material depositado (t<sub>0,05</sub>) (dias), sem e com adição de nitrogênio, Mossoró, RN. 2017

Dose de N kg ha <sup>-1</sup>	Equação				
	X <sub>0</sub>	k g dia <sup>-1</sup>	t <sub>0,5</sub> dia	t <sub>0,05</sub> dia	R <sup>2</sup> -
	Decomposição				
0	30 (g)	0,00451a	154	665	0,98
60	30 (g)	0,00461a	150	651	0,98
	C				
0	104,11 (g kg <sup>-1</sup> )	0,00288a	241	1043	0,98
60	104,11 (g kg <sup>-1</sup> )	0,00294a	236	1022	0,99
	N				
0	9,81 (g kg <sup>-1</sup> )	0,00359a	193	836	0,98
60	9,89 (g kg <sup>-1</sup> )	0,00392a	177	765	0,99
	P				
0	2,40 (g kg <sup>-1</sup> )	0,01472a	48	204	0,96
60	2,43 (g kg <sup>-1</sup> )	0,01699b	41	177	0,90
	K				
0	9,45 (g kg <sup>-1</sup> )	0,0033a	210	908	0,99
60	9,47 (g kg <sup>-1</sup> )	0,0044b	158	682	0,99
	Ca				
0	10,05 (g kg <sup>-1</sup> )	0,0029a	239	1033	0,99
60	10,04 (g kg <sup>-1</sup> )	0,0031b	224	968	0,98
	Mg				
0	4,89 (g kg <sup>-1</sup> )	0,00427a	162	703	0,98
60	4,88 (g kg <sup>-1</sup> )	0,00437a	159	687	0,99

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $\alpha = 0,05$ ).

Neste trabalho, a fertilização nitrogenada na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> pouco estimulou inicialmente o ataque microbiano às formas de C facilmente biodegradáveis como açúcares, aminoácidos, proteínas, entre outros (Figura 2A). A ausência de diferenças na velocidade de decomposição do esterco, provavelmente está associada à maior proporção de compostos orgânicos mais complexos e de maior hidrofobicidade (lignina, celulose e complexos ligninacelulose) presentes no esterco (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SHAH et al., 2013). Outro fator que pode ter contribuído para ausência de diferença na decomposição, foi o fato do experimento ser irrigado por microaspersão, e por este motivo, provavelmente o N foi lixiviado, não interferindo na decomposição do esterco bovino. Outro fator foi o intenso nível

pluviométrico registrado durante um curto intervalo de tempo (239 mm, Tabela 1), o que também pode ter interferido nesse processo, principalmente no período final de avaliação.



**Figura 2.** Teores remanescentes de carbono (A), nitrogênio (B), fósforo (C), potássio (D), cálcio (E) e magnésio (F) do esterco bovino, com e sem aplicação de nitrogênio, em função dos períodos de avaliação. Mossoró, RN. 2017

Além disso, é provável que o pequeno contato esterco-solo (pois o mesmo ficou na superfície do solo) tenha limitado o acesso dos microrganismos aos resíduos, não influenciando na velocidade de decomposição. Em outras regiões, estudos demonstraram uma aceleração no processo de decomposição de resíduos quando se faz adição de nitrogênio (ASSIS et al., 2003; LUPWAYI et al., 2007; VITTI et al., 2008; FREITAS et al., 2012; PITTA et al., 2012; POTRICH et al., 2014; GARCIA et al., 2014).

A liberação de N do esterco bovino, também seguiu o padrão exponencial decrescente (Figura 2B), não havendo imobilização de N em nenhuma fase do processo de decomposição, provavelmente devido à baixa relação C:N do esterco (10,6) (Tabela 4). Notou-se que, apesar de não haver diferença estatística na taxa de decomposição  $k$  (0,00359 e 0,00392 g dia<sup>-1</sup>), a adição de N acelerou o  $t_{(0,5)}$  em 16 dias e o  $t_{(0,05)}$  em 71 dias (Tabela 4). Isto demonstra que em fase mais adiantada do processo de decomposição, a quantidade adicionada de N inicial, influencia a população e a atividade dos microrganismos decompositores. Nesse caso, o aumento na disponibilidade de N na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> favoreceu a taxa de liberação deste elemento. Silva et al. (2014) observaram valores superiores aos desse trabalho para liberação de N com  $k$  (0,0004 g dia<sup>-1</sup>) e  $t_{(0,5)}$  (1733 dias) em esterco bovino. De acordo com Markewich et al. (2010) a velocidade de mineralização do N está ligada também a qualidade química dos esterco, que é resultante da dieta dos animais. Esses autores verificaram que, em esterco bovinos ricos em lignina e fibras de difícil digestão, a mineralização do nitrogênio ocorre lentamente.

De todos os nutrientes, a dinâmica de liberação do fósforo (P) foi a mais diferenciada (Figura 2C). Dos 2,4 g kg<sup>-1</sup> de P contidos inicialmente no esterco, 95% já estava mineralizado antes dos 7 meses. Observou-se um estímulo na taxa de liberação  $k$  com a adição de N (0,01699 g dia<sup>-1</sup>), o que resultou num  $t_{(0,5)}$  de 41 dias e  $t_{(0,05)}$  de 177 dias (Tabela 4), caracterizando esse esterco bovino como boa alternativa para esse elemento pouco solúvel a curto e médio prazo, uma vez que, os solos brasileiros são deficientes em fósforo, apresentando teores médios em torno de 1,0 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich 1).

A maior liberação de P no início do período de avaliação provavelmente está ligada a maior parte do P encontrar-se no vacúolo das células, na forma mineral, bastante solúvel em água (MARSCHNER, 1995), sendo liberado do esterco quando o vacúolo é rompido. Outra hipótese seria o menor valor da relação C:P (43,3) e possivelmente ao predomínio de fosfatos solúveis em água e fracamente ligados à matriz sólida do esterco bovino (CASSOL et al., 2001; GALVÃO & SALCEDO, 2009; SILVA et al., 2014). No semiárido, Silva et al. (2014) também observaram para o esterco bovino liberação mais rápida, nos primeiros 30 dias após a aplicação,

onde 80% do P já estava liberado, tendendo à estabilização nos períodos subsequentes. Os teores de P encontrados no esterco bovino deste trabalho foram superiores ao encontrados por Souto et al. (2013) (1,6 g kg<sup>-1</sup> de P) e Silva et al. (2014) (1,75 g kg<sup>-1</sup> de P), todavia a relação C:P deste trabalho (43,3) foi menor que a destes autores (180,7 e 120,4 respectivamente), sendo essa diferença atribuída, provavelmente, ao regime alimentar dos animais no semiárido brasileiro.

Com relação ao potássio (K) (Figura 2D), a adubação nitrogenada atuou de forma significativa entre as taxas de liberação de K (0,0033 e 0,0044 g dia<sup>-1</sup>, sem e com N, respectivamente). O tempo necessário para que 50% desse nutriente fosse liberado ( $t_{0,5}$ ) foi de 210 e 158 dias, o que implicaria que aos 908 e 682 dias, restaria somente 5% ( $t_{0,05}$ ) de K no resíduo, isto na ausência e presença de N, respectivamente. Nota-se que a adição de N na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> promoveu uma redução de 226 dias na liberação do K. Isto indica que o aproveitamento do esterco bovino como fonte de K para culturas de ciclo curto é inviável, mas para culturas de ciclo longo, como frutíferas perenes, seria uma boa alternativa de adubação. Para a videira, o K é o elemento utilizado em maior quantidade participando na fase de lignificação dos ramos e maturação dos frutos, portanto precisa ser suplementado com outra fonte de adubação potássica. Silva et al. (2014) encontraram valores semelhantes ao relatado neste trabalho sem adição de N para  $t_{0,5}$  cerca de 990 dias.

De todos os macronutrientes, o cálcio (Ca) (Figura 2E) foi o que apresentou os menores valores na taxa de decomposição, sendo alterada de forma significativa na presença de N (0,0029 e 0,0031 g dia<sup>-1</sup>, sem e com N, respectivamente). O tempo necessário para que 50% desse nutriente fosse liberado ( $t_{0,05}$ ) do esterco foi de 239 e 224 dias, o que indicaria que aos 1033 e 968 dias, restaria somente 5% ( $t_{0,05}$ ) de Ca nesse resíduo, isto na ausência e presença de N, respectivamente. Assim como o P e K, a adição de N na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> promoveu uma redução de 65 dias na liberação do Ca. Poucos estudos relatam a dinâmica de liberação de Ca via esterco para o solo. Pitta et al. (2012), analisaram em cama de frango, que a taxa de liberação do cálcio foi mais lenta do que as dos demais nutrientes avaliados com  $t_{0,05}$  de 300 dias, bem menor que a do esterco bovino.

A fertilização nitrogenada não influenciou de forma significativa na liberação de magnésio (Mg) (Figura 2F) presente no esterco bovino, sendo as taxas de decomposição  $k$  (0,00427 e 0,00437 g dia<sup>-1</sup>) e  $t_{0,05}$  (162 e 159 dias) semelhantes nos tratamentos sem e com N, respectivamente. Estimando 95% da liberação de Mg, houve um ganho em sua liberação de apenas 16 dias quando aplicado N (Tabela 4). Em relação ao Mg, são escassos na literatura estudos que abordem a dinâmica de liberação deste elemento via esterco para o solo, o que

dificulta ainda mais o entendimento sobre seu comportamento em diferentes condições ambientais e de solo.

Tomando-se como base uma aplicação de  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de esterco bovino (equivalente a 13,3 toneladas, relação peso/volume) e os respectivos percentuais de liberação encontrados neste trabalho, estimou-se a quantidade de nutrientes liberados até 40 dias, período este em que foram observadas as maiores diferenças entre a aplicação ou não de N junto ao esterco, sendo liberado para o solo uma quantidade equivalente de  $11,0$  e  $19,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $17,4$  e  $20,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de P,  $16,0$  e  $24,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de K,  $12,3$  e  $17,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca e,  $8,3$  e  $10,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg. Para o teor liberado ao final dos 120 dias, estimou-se uma quantidade equivalente a  $48,2$  e  $51,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $23,3$  e  $23,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de P,  $43,8$  e  $48,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de K,  $40,0$  e  $40,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca e,  $24,9$  e  $25,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg, na ausência e presença de N, respectivamente.

A partir dos valores de  $k$ , tornou-se possível estabelecer a seguinte ordem de mineralização para os macronutrientes: sem N ( $P > Mg > K > N > Ca$ ) e com N ( $P > K > Mg > N > Ca$ ). Assim, as distintas taxas de liberação de nutrientes com adubação nitrogenada mostraram a necessidade de estudos futuros com doses mais elevadas de N. Vale destacar que o esterco bovino pouco influencia em ganhos na fertilidade do solo no curto prazo, com exceção do P e o maior benefício seja pelo aumento da matéria orgânica do solo e sua atuação nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. A aplicação de nitrogênio diminui a relação C:N do esterco bovino e ativa o processo microbiano de decomposição, realizado principalmente por bactérias e fungos, que são considerados os decompositores primários (SMITH, 1994). No presente estudo não foi detectado alteração na decomposição do esterco, mas houve maior liberação de P, K e Ca. Assim, ressalta-se que em níveis controlados os esterco aplicados como fertilizantes tendem a fornecer nutrientes para o solo gradualmente, gerando efeito residual para as culturas subsequentes e culturas de ciclo longo, trazendo melhoria nos atributos físicos e químicos, além de proporcionar benefícios na biologia dos solos.

O que pode ser entendido com este trabalho é que não se pode avaliar a qualidade de um adubo orgânico exclusivamente por sua velocidade na liberação de nutrientes, visto que, um dos pontos positivos na utilização dos esterco como fonte de adubação é justamente a liberação gradual de nutrientes para o solo e seu efeito residual a longo prazo. O que se propôs a fazer neste trabalho foi justamente tentar encontrar instrumentos que, a depender da cultura em exploração, e suas necessidades, se possa encontrar procedimentos de manejo que permitam uma liberação mais rápida ou mais prolongada dos nutrientes presentes no esterco.

Podendo-se aprontar também que, o tempo de avaliação utilizado nesta pesquisa (120 dias) não foi suficiente para que todo o esterco fosse decomposto e, com isso, a mineralização também não atingiu sua totalidade. Fica como sugestão a futuras pesquisas, a de realizar um acompanhamento mais prolongado, bem como a utilizar de doses maiores de adubação a fim de testar quantidades maiores de N sobre o processo de decomposição.

#### 4 - CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> no esterco bovino, embora tenha reduzido a relação C:N, não influenciou a velocidade de decomposição do esterco, nem a mineralização do C, quando deixados na superfície do solo.

A adição de nitrogênio promoveu maior liberação de P, Mg, K, reduzindo o tempo para que 95% destes nutrientes contidos nos resíduos fossem liberados em 27, 65 e 226 dias. A partir dos valores de *k*, tornou-se possível estabelecer a seguinte ordem de mineralização para os macronutrientes: sem N (P > Mg > K > N > Ca) e com N (P > K > Mg > N > Ca).

#### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, E. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada e sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 2, p. 107-112, 2003.

CARREIRO, M. M., SINSABAUGH, R. L., REPERT, D. A., PARKHURST, D. F. Microbial enzyme shifts explain litter decay responses to simulated nitrogen deposition. **Ecology**, v. 81, n. 9, p. 2359-2365, 2000.

CASSOL, P. C.; GIANELLO, C.; COSTA, V. E. U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 635-644, 2001.

CIANCIO, N. R.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; FERREIRA, P. A. A.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; CONTI, L.; GIROTTO, E.; BRUNETTO, G. Crop response to organic fertilization with supplementary mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 912-922, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2011. 230p.

FREITAS, M. S. C.; ARAÚJO, C. A. S.; SILVA, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárido de Visu**, v. 2, n. 1, p. 150-161, 2012.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H. Soil phosphorus fractions in sandy soils amended with cattle manure for long periods. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 613-622, 2009.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LOPES, K. S. M.; BUZZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, v. 73 n. 2, p. 2014.

HOBBIE, S. E. Contrasting effects of substrate and fertilizer nitrogen on the early stages of litter decomposition. **Ecosystems**, v. 8, n. 6, p. 644–56, 2005.

HOBBIE, S. E. Nitrogen effects on litter decomposition: a fiveyear experiment in eight temperate grassland and forest sites. **Ecology**, v. 89, n. 9, p. 2633-2644, 2008.

Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. Recife: IPA, 2008. 64p.

KEELER, B., HOBBIE, S., KELLOGG, L. Effects of long-term nitrogen addition on microbial enzyme activity in eight forested and grassland sites: implications for litter and soil organic matter decomposition. **Ecosystems**, v. 12, n. 1, p. 1-15. 2009.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.

KNORR M, FREY S. D, CURTIO P. S. Nitrogen additions and litter decomposition: a meta-analysis. **Ecology**, v. 86, n. 12, p. 3252–3257, 2005.

LUPWAYI, N. Z.; CLAYTON, G. W.; O'DONOVAN, J. T.; HARKER, K. N.; TURKINGTON, T. K.; SOON, Y. K. Phosphorus release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 95, n. 1-2, p. 231-239, 2007.

MARKEWICH, H. A. et al. Effects of storage methods on chemical composition of manure and manure decomposition in soil in small-scale Kenyan systems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 139, n.1-2, p. 134-141, 2010.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic, p. 229-312, 1995.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n. 3, p.251-257, 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.

PEREIRA, J. R.; ARAÚJO, W. P.; FERREIRA, M. M. M.; LIMA, F. V.; ARAÚJO, V. L.; SILVA, M. N. B. Doses de esterco bovino nas características agrônômicas e de fibras do algodoeiro herbáceo BRS Rubi. **Revista Agroambiente On-line**, v. 6, n. 3, p. 195-204, 2012.

PINTO, L. E. V.; GOMES, E. D.; SPÓSITO, T.H.N. Uso de esterco bovino e de aves na adubação orgânica da alface como prática agroecológica. **Colloquium Agrariae**, v. 12, número especial, p. 75-81, 2016.

PITTA, C. S. R.; ADAMI, P.F.; PELISSARI, A.; ASSAMANN, T.S.; FRANCHIN, M.F.; CASSOL, L.C. & SARTOR, L.R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 1043-1053, 2012.

POTRICH, D. C.; MARCHETTI, M. E.; POTRICH, D. C.; ENSINAS, S. C.; SERRA, A. P.; SILVA, E. F.; SOUZA, N. H. Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1751-1760, 2014.

RÊGO, L. G. S., MARTINS, C. M.; SILVA, E. F., SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, State of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1036-1042, 2016.

SHAH, G. M.; RASHID, M. I.; SHAH, G. A.; GROOT, J. C .J.; LANTINGA, E. A. Mineralization and herbage recovery of animal manure nitrogen after application to various soil types. **Plant Soil**, v. 365, n. 1-2, p. 69-79, 2013.

SHONG, C.; LIU, D.; YANG, G.; SONG, Y.; MAO, R. Effect of nitrogen addition on decomposition of *calamagrostis agustifolia* litters from freshwater marshers of Northeast china. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 10, p. 1578-1582, 2011.

SILVA, F. A. M.; VILAS-BOAS, R. L.; SILVA, R. B. da. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010.

SILVA, F. L.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; COSTA, S. C.; AZEVEDO, B.M. Yield of common fig fertigated with bovine biofertilizer in the semiarid region of Ceará. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 425-434, 2016.

SILVA, V. B.; SILVA, A. P.; DIAS, B. O.; ARAÚJO, J. L.; SANTOS, D.; FRANCO, R. P. Decomposição e liberação de N, P e K de esterco Bovino e de cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1537-1546, 2014.

SMITH, J. L. Cycling of nitrogen through microbial activity. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil biology: effects on soil quality**. Boca Raton: CRC Press, p. 91-120, 1994.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. A. M. Liberação de nutrientes de esterco em Luvissolo no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 69-78, 2013.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; TRINDADE, G. A.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 125-130, 2005.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351- 1361, 1993.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. & LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3579, 1991.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M. O.; TOVAJAR, J. G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, número especial, p. 2757-2762, 2008.