

DISTÚRBIOS DE VAZÃO EM GOTEJADORES DEVIDO A APLICAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO

G. S. Moraes¹, L. N. S. dos Santos², F. N. Cunha³, I. O. F. Silva⁴, E. S. Cunha⁵,
M. B. Teixeira⁶

RESUMO: Objetivou-se avaliar distúrbios de vazão em gotejadores devido a aplicação de água com presença de nitrogênio. O experimento foi realizado em uma casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. A casa de vegetação é constituída de cobertura de filme plástico polietileno transparente, de 150 micras e laterais fechadas, com tela tipo sombrite com 30% de interceptação. O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 6, com três repetições. Os tratamentos consistiram em cinco fontes de N (nitrato de potássio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de amônio e ureia) e seis tempos de funcionamento (100, 200, 300, 400, 500 e 600 h). Foi utilizado um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 2 L h⁻¹, diâmetro nominal 16 mm, diâmetro interno 13 mm, pressão de operação 100 a 350 kPa e espaçamento entre emissores de 0,7 m. O procedimento para realização da leitura de vazão consistiu da pressurização do sistema, estabilização da pressão em 150 kPa (+/- 5 kPa) no início da linha, posicionamento dos coletores sob os respectivos gotejadores com três segundos de defasagem e retirada dos coletores com a mesma sequência e defasagem de tempo após 5 min de coleta. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o coeficiente de uniformidade absoluto e o coeficiente de variação de vazão. A maior variação na vazão ocorre nos gotejadores com aplicação de nitrato de potássio seguido de nitrato de cálcio e sulfato de amônio.

PALAVRAS-CHAVE: uniformidade, fertirrigação, nitrato de cálcio

DISTURBANCES OF FLOW IN DRIPPERS DUE THE APPLICATION OF WATER WITH DIFFERENT NITROGEN SOURCES

¹Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: giovanisantosrv@gmail.com

²Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Engenharia Agrícola, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: leonardo.santos@ifgoiano.edu.br

³Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

⁴Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: igorolacirrv95@gmail.com

⁵Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: eduardosousacunha3@gmail.com

⁶Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: marconibt@gmail.com

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate flow disturbances in drippers due to the application of water with presence of nitrogen. The experiment was realized in a greenhouse located in the experimental area of the IFGoiano - Rio Verde Campus. The greenhouse consists of roof of film plastic transparent polyethylene, of 150 microns and closed sides, with screen with 30% interception. The experimental design used in randomized block, analyzed in a factorial scheme 5 x 6, with three replications. The treatments consisted of five sources of N (potassium nitrate, ammonium sulfate, calcium nitrate, ammonium nitrate and urea) and six operating times (100, 200, 300, 400, 500 and 600 h). Used a drip tube model with nominal flow of 2 L h^{-1} , nominal diameter 16 mm, internal diameter 13 mm, operating pressure 100 to 350 kpa and spacing between emitters of 0.7 m. The procedure to realization of flow reading consisted in pressurizing the system, stabilization of the pressure at 150 kPa (+/- 5 kPa) at the beginning of the line, positioning the collectors under the respective drippers with three seconds of lag and removing the collectors with the same sequence and lag of time after 5 min of collection. After of tabulated the flow data, were determined the coefficient of absolute uniformity and coefficient of variation of flow. The greatest variation in the flow occurs in the drippers with application of potassium nitrate followed by calcium nitrate and ammonium sulfate.

KEYWORDS: uniformity, fertirrigation, calcium nitrate

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos disponíveis são limitados, conseqüentemente a utilização de sistemas de irrigação mais eficientes são determinantes para o sucesso da atividade agrícola e para a sustentabilidade ambiental (Fedoroff et al., 2010).

A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está atrelada a diversos parâmetros como a uniformidade de aplicação de água, vazão e tempo de irrigação; a uniformidade exerce efeito direto no rendimento das culturas, sendo considerado como um dos fatores mais importantes na operação do sistemas de irrigação (Barreto Filho et al., 2000).

A alteração na vazão tem como sua pior hipótese o entupimento dos emissores, que pode ocorrer por exemplo devido a fatores químicos, isso se deve pelos pequenos orifícios de passagem da água nos mesmos, além do entupimento dos emissores, fatores como pressão de operação e variação da vazão dos emissores, também afetam a uniformidade (Souza et al., 2005; Busato & soares, 2010; Cunha et al., 2013). Como qualquer outro sistema de irrigação, é

necessário conhecer como as suas características operacionais variam ao longo do tempo, sendo necessária a avaliação técnica do seu desempenho com o tempo de uso (Deus et al. 2015).

Objetivou-se, assim avaliar distúrbios de vazão em gotejadores devido a aplicação de água com presença de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. A casa de vegetação é constituída de cobertura de filme plástico polietileno transparente, de 150 micras e laterais fechadas, com tela tipo sombrite com 30% de interceptação. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen (2013), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais.

O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 6, com três repetições. Os tratamentos consistiram em cinco fontes de N (nitrato de potássio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio e ureia) e seis tempos de funcionamento (100, 200, 300, 400, 500 e 600 h). Foi aplicada uma dose de nitrogênio igual para todos os tratamentos, equivalente a uma recomendação de 100 kg ha⁻¹ de N.

Foi utilizado um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 2 L h⁻¹, diâmetro nominal 16 mm, diâmetro interno 13 mm, pressão de operação 100 a 350 kpa e espaçamento entre emissores de 0,7 m.

À entrada das linhas gotejadoras foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão fosse checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida. Para isso, foi utilizado um manômetro de bourdon com faixa de leitura de 0 - 4 Kgf cm⁻². Durante todo o período do ensaio foram realizadas as leituras de temperatura da água no reservatório de captação, com aplicação dos tratamentos com temperatura da água na faixa de 25°C (25°C ± 1°C).

O tempo de injeção dos fertilizantes corresponderam a 2 horas como forma de garantir uma melhor aplicação das fontes de nitrogênio, com base em uma diluição mínima. Para injeção dos fertilizantes no sistema de irrigação optou-se por um injetor Venturi que realizava a sucção do fertilizante depois de dissolvidos em uma caixa reservatório com capacidade para 50 L. A

Tabela 1 apresentam as características do nitrato de potássio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio e ureia utilizados na fertirrigação.

O procedimento para realização da leitura de vazão consistiu da pressurização do sistema, estabilização da pressão em 150 kPa (+/- 5 kPa) no início da linha, posicionamento dos coletores sob os respectivos gotejadores com três segundos de defasagem e retirada dos coletores com a mesma sequência e defasagem de tempo após 5 min de coleta. Foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor. O monitoramento da vazão dos gotejadores, permitiu a obtenção da vazão média dos gotejadores, utilizando-se a equação 1.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos de uniformidade de aplicação de água e do coeficiente de variação, conforme as equações 1 a 2.

$$CUA = 50 \left(\frac{X_{25\%}}{\bar{X}} + \frac{\bar{X}}{X_{12,5\%}} \right) \quad (1)$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} 100 \quad (2)$$

Em que:

CUA - coeficiente de uniformidade absoluto, em %;

CV – coeficiente de variação de vazão, %;

S – desvio padrão da vazão dos gotejadores usados, L h⁻¹;

\bar{X} = vazão média dos gotejadores, em L h⁻¹;

$X_{25\%}$ = média de 25% do total de gotejadores, com as menores vazões, em L h⁻¹; e

$X_{12,5\%}$ = média de 12,5% do total de gotejadores, com as maiores vazões, em L h⁻¹;

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão, e as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) no tempo de funcionamento de 100, 200 e 300 h praticamente não apresentaram diferenças significativas na uniformidade entre as fontes de N, sendo assim observado melhores valores no CUA, apenas em relação a fonte de N de ureia (Tabela 2).

No tempo de funcionamento de 400 h a fonte de N de ureia apresentou um CUA 2,2% maior do que o verificado na fonte de N de nitrato de potássio, já o CUA neste tempo de funcionamento não apresentou diferença significativa entre as fontes de N de nitrato de amônio (NitAm) e sulfato de amônio (SAm).

A fertirrigação com nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), demonstram o mesmo CUA no tempo de funcionamento de 500 h, neste tempo de funcionamento a uniformidade mais baixa foi verificada no nitrato de potássio (NitK), o mesmo foi observado no tempo de funcionamento de 600 h, entretanto o nitrato de cálcio (NitCa) e o sulfato de amônio (SAm) apresentaram a mesma uniformidade de aplicação neste tempo de funcionamento.

Cunha et al. (2014a) verificaram que o CUA foi mais sensível quando o gotejador se encontrava em condição superficial e foi o que apresentou maior sensibilidade no que diz respeito à uniformidade, conseguindo identificar acima de 60% dos distúrbios de vazões.

Os maiores valores de CUA nos tempos de funcionamento de 500 e 600 h foram verificados na fertirrigação com ureia e com nitrato de amônio (NitAm) com um coeficiente de uniformidade absoluto superior a 91,8%.

O coeficiente de variação (CV) nas fontes de N ficaram abaixo de 5%, nos tempos de funcionamento de 100, 200 e 300 h, respectivamente. Os menores valores de CV até o o tempo de funcionamento de 300 h foram observados quando foi aplicado ureia via água de irrigação, sendo estes de no máximo 3,3%. As fontes de N de nitrato de amônio e sulfato de amônio não apresentaram diferenças no CV no tempo de funcionamento de 300 h (Tabela 3).

No tempo de funcionamento de 500 h o maior CV foi observado na fertirrigação com nitrato de potássio (NitK) seguido pelo CV verificado com a aplicação de nitrato de cálcio (NitCa), assim no tempo de funcionamento de 600 h pode-se classificar as fontes de N em função dos melhores CV, na seguinte forma: ureia e nitrato de amônio (NitAm), sulfato de amônio (SAm), nitrato de cálcio (NitCa) e nitrato de potássio (NitK).

O CUA em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), com R^2 variando entre 96 e 99% (Figura 1).

A Figura 1 apresenta o coeficiente de uniformidade absoluto para cada fonte de N em função do tempo de funcionamento. No tempo de funcionamento de 100 e 600 h, observa-se reduções no CUA de aproximadamente 6,5, 5,1, 6,2, 6 e 4,9%, quando utilizou-se na fertirrigação a fonte de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente.

A uniformidade de aplicação dos fertilizantes pode ser influenciada pela variação da concentração da solução no tanque de mistura, uma vez que a mistura pode não ser homogênea, além disso o principal problema que pode surgir com a aplicação de fertilizante é o entupimento que tem alto impacto sobre a uniformidade de aplicação (Rolston et al., 1986; Burt et al., 1995; Cunha et al., 2014b).

O CUA a cada aumento de 100 h no tempo de funcionamento demonstra um decréscimo de 1,18, 0,96, 1,27, 1,14 e 0,99%, quando aplicadas via água de irrigação as fontes de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente.

O CV em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), com R^2 acima de 98% (Figura 2).

A Figura 2 apresenta o comportamento do coeficiente de variação para cada fonte de N em função do tempo de funcionamento. Comparando o tempo de funcionamento de 100 e 600 h, observa-se incrementos no CV de aproximadamente 5, 4, 5, 4,6 e 3,9%, quando utilizou-se na fertirrigação a fonte de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente.

A avaliação mais constante do sistema de irrigação evita que haja problemas com subestimação ou superestimação do valor médio da vazão, da variação (CV) e da uniformidade, garantindo um conhecimento mais profundo do sistema, reduzindo desperdícios e gastos (Cunha et al., 2013; Cunha et al., 2014b).

O CV a cada aumento de 100 h no tempo de funcionamento demonstra um acréscimo de 0,98, 0,8, 1,1, 0,9 e 0,8%, quando aplicadas via água de irrigação as fontes de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente.

CONCLUSÕES

A maior variação na vazão ocorre nos gotejadores com aplicação de nitrato de potássio seguido de nitrato de cálcio e sulfato de amônio.

Os melhores coeficiente de uniformidade absoluto são encontrados na fertirrigação com ureia e nitrato de amônio, não havendo diferença no CUA para o nitrato de cálcio, nitrato de potássio e sulfato de amônio.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pelo apoio financeiro e estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO FILHO, A. de A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A. de; GOMES, E. M. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. *Revista Brasileira Engenharia agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.309-314, 2000.

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. *Fertigation*. California: The Irrigation Training Research Center. Polytechnic State University, 1995. 320 p.

BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A. Desempenho de gotejadores, utilizando água de baixa qualidade química e biológica. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.26, n.5, p.739- 746, 2010.

CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.7, n.4, p.248-257, 2013.

CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 7, p. 248-257, 2013.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 8, p. 444-454, 2014a.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; RIBEIRO, P. H.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Repetibilidade de um sistema de irrigação por gotejamento sob entupimento. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 8, p. 343-353, 2014b.

DEUS, F. P.; FERRAREZI, R. S.; PRIMO, R.; MARTINS, G. A.; TESTEZLAF, R. Susceptibilidade ao entupimento de um sistema de irrigação por gotejamento para agricultura familiar. *Coffee Science*, Lavras, v. 10, n. 1, p. 102 -112, jan./mar. 2015.

FEDOROFF, N. V. et al. Radically rethinking agriculture for the 21st century. *Science*, Washington, v. 327, n. 5967, p. 833-834, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). *Fertilizantes fluidos*. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 227-260.

KÖPPEN, W. Köppen climate classification. *Geography about*. (2013). Disponível em: <<http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm>>. Acessado em: 7 Janeiro. 2017.

ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; SCHULBACH, H. Management principles-fertilization. In: NAKAYAMA, F.S; BUCKS, D.A. *Trickle irrigation for crops production, developments in agricultural engineering*. Amsterdam: Elsevier, 1986. 383 p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. *Cerrado: Correção do solo e adubação*. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771 p.

SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M.; SILVA, E. L. Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo software “bubbler”. *Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.25, n.1, p.264-271, 2005.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). *Fertilizantes fluidos*. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 262-281.

Tabela 1. Concentração de nutriente das fontes de nitrogênio utilizadas na fertirrigação

Fontes de nitrogênio ¹	Concentração de nutriente (g kg ⁻¹)			
	N	S	Ca	K ₂ O
Sulfato de amônio	200	240	-	-
Nitrato de cálcio	140	-	280	-
Nitrato de potássio	130	-	-	460
Nitrato de amônio	340	-	-	-
Ureia	450	-	-	-

¹Adaptado de Frizzone e Botrel (1994); Vitti et al. (1994) e Sousa et al. (2011).

Tabela 2. Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) para as fontes de nitrogênio e tempo de funcionamento

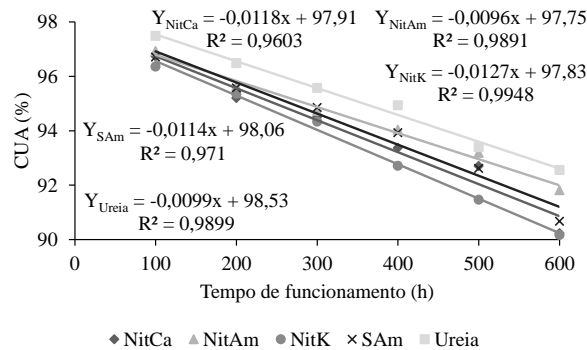
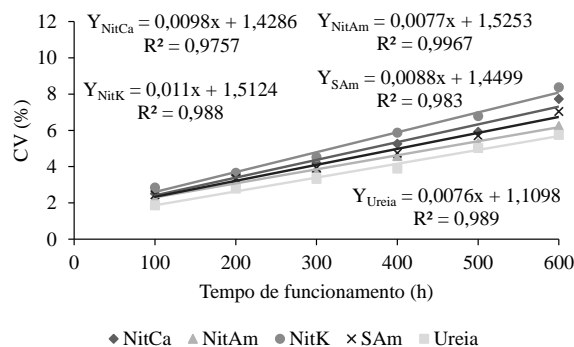
Fontes de N ¹	Tempo de funcionamento (h)											
	100	200	300	400	500	600						
NitCa	96,74	ab	95,21	b	94,52	b	93,38	bc	92,70	a	90,24	b
NitAm	96,93	ab	95,64	b	94,73	b	94,04	b	93,19	a	91,82	a
NitK	96,36	b	95,36	b	94,34	b	92,71	c	91,47	b	90,17	b
SAm	96,71	ab	95,58	b	94,86	ab	93,93	b	92,62	a	90,67	b
Ureia	97,49	a	96,49	a	95,58	a	94,94	a	93,40	a	92,56	a

¹Nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia). Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Coeficiente de variação (CV) para as fontes de nitrogênio e tempos de funcionamento

Fontes de N ¹	Tempo de funcionamento (h)											
	100	200	300	400	500	600						
NitCa	2,52	ab	3,52	a	4,20	ab	5,26	b	5,91	b	7,73	b
NitAm	2,22	bc	3,17	ab	3,91	b	4,58	c	5,30	cd	6,24	d
NitK	2,85	a	3,66	a	4,53	a	5,87	a	6,78	a	8,37	a
SAm	2,45	ab	3,35	a	3,93	b	4,73	c	5,71	bc	7,04	c
Ureia	1,87	c	2,79	b	3,33	c	3,90	d	5,03	d	5,75	d

¹Nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia). Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Figura 1.** Coeficiente de uniformidade absoluto em função do tempo de funcionamento para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia).**Figura 2.** Coeficiente de variação em função do tempo de funcionamento para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia).