

## **TEORES DE NUTRIENTES FORNECIDOS PARA A CULTURA DO MILHO VIA IRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DE AQUICULTURA**

CYBELLE BARBOSA E LIMA VASCONCELOS<sup>1\*</sup>, GABRIELA CEMIRAMES DE SOUSA GURGEL<sup>2</sup>, CELICINA MARIA DA SILVEIRA BORGES AZEVEDO<sup>3</sup>, PAULO SÉRGIO LIMA E SILVA<sup>4</sup>, SEBASTIÃO VASCONCELOS DOS SANTOS FILHO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Dra. Professora, UFRSA, Mossoró-RN, cybelle@ufrsa.edu.br;

<sup>2</sup> Bolsista do Programa Nacional de Pós Doutorado, UFRSA, Mossoró-RN, gabriela\_cemirames@hotmail.com;

<sup>3</sup> PhD, Professora, UFRSA, Mossoró-RN, celicina@gmail.com;

<sup>4</sup> Dr. Professor, UFRSA, Mossoró-RN, paulosergio@ufrsa.edu.br;

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo e de Segurança do Trabalho, VALENORTE, Mossoró-RN, agrovvasconcelos@hotmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016

29 de agosto a 1 de setembro de 2016–Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a lâmina de água e os teores de nutrientes fornecidos para a cultura do milho via irrigação com efluente de aquicultura (EA), e a influência da desobstrução de emissores nesse quantitativo. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e os tratamentos foram irrigações com: água subterrânea (AS) (testemunha); AS + solução de ácido nítrico (AN); EA; EA + AN; EA + solução de cloro (C); e EA + C + AN. O efluente utilizado na irrigação foi proveniente de um tanque de concreto, com capacidade para 312,5 m<sup>3</sup>, utilizado na criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na densidade de dois peixes·m<sup>-2</sup>, e de camarões (*Litopenaeus vannamei*), na densidade de 2,56 camarões·m<sup>-1</sup>. As quantidades de água recebidas pelo milho foram (mm): 557 (AS + AN), 548 (EA + C), 546 (AS), 502 (EA + AN + C), 484 (EA + AN), 393 (EA). A aplicação do efluente de aquicultura combinado com cloro forneceu 47,20 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto que a água subterrânea forneceu no máximo 4,13 kg ha<sup>-1</sup> de N. O efluente de aquicultura proporcionou níveis de fósforo total entre 400 e 580%, superior ao fornecido pela água subterrânea. PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*; irrigação localizada; água subterrânea; fertirrigação, desobstrução.

### **LEVELS OF NUTRIENTS PROVIDED FOR MAIZE VIA IRRIGATION WITH AQUACULTURE WASTEWATER**

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the water slide and nutrient content provided to the corn crop through irrigation with from aquaculture wastewater (EA), and the influence of unblocking issues that quantitative. We used the design of randomized blocks with four replications and treatments were irrigation with: groundwater (AS) (control); AS + nitric acid solution (AN); EA; EA + AN; + EA solution of chlorine (C); and EA + C + AN. The effluent used for irrigation was from a concrete tank with a capacity of 312.5 m<sup>3</sup> used in the creation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), the density of two fish m<sup>-2</sup>, and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in density of 2.56 m<sup>-1</sup>. The quantities of water received by the maize were (mm): 557 (AS + AN), 548 (EA + C), 546 (AS), 502 (EA + AN + C), 484 (EA + AN), 393 (EA). The application of the combined aquaculture wastewater with chlorine gave 47.20 kg ha<sup>-1</sup> N, whereas the maximum underground water afforded 4.13 kg ha<sup>-1</sup> of N. The aquaculture wastewater afforded phosphorus levels between 400 and 580% higher than provided by ground water.

**KEY WORDS:** *Zea mays*; localized irrigation; groundwater; chlorine; nitric acid.

### **INTRODUÇÃO**

A escassez de água para a produção agrícola irrigada está se tornando um problema cada vez mais relevante, em face do aumento de sua demanda para aumentos de produção e produtividade das culturas. Várias alternativas vêm sendo tentadas para minimizar esse problema incluindo sistemas de irrigação mais eficientes, como os de irrigação localizada, e o uso de efluentes.

Os efluentes são resíduos fluidos provenientes de atividades humanas descartados no meio ambiente. Destacam-se como efluentes os de origem doméstica, industrial, pluviais urbanos, de acúmulo de resíduos sólidos (lixões) e agrícola. Dentre os efluentes agrícolas os da aquicultura são os mais promissores na agricultura irrigada, pois contêm dejetos dos animais aquáticos e nutrientes provenientes da ração não consumida pelos animais. Tais efluentes, se utilizados na agricultura irrigada, podem contribuir para o aumento do rendimento das culturas e para a redução de uso de fertilizantes (Castro et al., 2006; Gengmao et al., 2010). Além dos benefícios econômicos, a integração lavoura-pecuária possibilita benefícios ambientais, pois os efluentes podem contribuir para aumento da degradação ambiental (Miranda et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a lâmina de água e o teor de nutrientes fornecidos através da irrigação com efluente da aquicultura, com submissão dos emissores à cloração e ao ácido nítrico, para redução da obstrução do sistema de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de setembro de 2008 a janeiro de 2009, na horta do Departamento de Ciências Vegetais, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no município de Mossoró, cuja sede está situada a 5° 11' de latitude ao sul e 37° 20' de longitude a oeste de Greenwich, e altitude de 18 m. O clima da região, segundo Thornthwaite, é semiárido e, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup>, portanto, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que vai de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (Carmo Filho et al., 1991).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições e os tratamentos consistiram na irrigação com: efluente de aquicultura (EA); EA + solução de cloro (40 mL de hipoclorito de sódio a 10 %) = EA + C; EA + solução de ácido nítrico (250 mL de ácido nítrico 1N) = EA + AN; EA + solução de cloro + solução de ácido nítrico = EA + C + AN; água subterrânea (AS) (controle); e AS + solução de ácido nítrico (300 mL de ácido nítrico 1N)=AS + AN. A unidade experimental foi constituída por quatro fileiras de plantas, com 5,0 m de comprimento. Como área útil considerou-se a área ocupada pelas duas fileiras centrais, desconsiderando-se a planta de uma cova nas extremidades de cada fileira. Para aplicação dos tratamentos foram dispostos, no cabeçal de controle, um tanque de derivação para cada um dos tratamentos AS+AN, EA+C e EA+AN, e dois tanques de derivação para o tratamento EA+C+AN. Para os tratamentos AS e EA não foram instalados tanques de derivação.

O solo na área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de acordo com o Sistema de Classificação de Solos do Brasil (Embrapa, 2006). O preparo do solo foi realizado um mês antes do início do experimento, com duas gradagens cruzadas. Uma amostra do solo da área experimental foi submetida a análises química e física (Tabela 1), de acordo com as recomendações da Embrapa (1999).

Tabela 1 – Resultados das análises química e física de amostra do solo da área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Análises	Determinações							
	pH	Ca	Mg	Al	Na	K	MO	P
Química		-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----			-----mg kg <sup>-1</sup> -----		(%)	(mg dm <sup>-3</sup> )
	7,2	4,47	1,77	0,00	23,6	356,6	1,82	132,5
Física	Areia	Silte	Argila	Umidade (kg kg <sup>-1</sup> )		Densidade aparente	Água disponível	
	-----g g <sup>-1</sup> -----			0,01 Mpa	1,5 Mpa	(kg dm <sup>-3</sup> )	mm	mm/m
	0,84	0,11	0,05	0,11	0,04	1,20	16,99	84,94

A semeadura foi realizada em 20/10/2008, utilizando-se três sementes por cova do híbrido AG 1051, no espaçamento de 1,0 m x 0,2 m. Aos 15 dias após a emergência, realizou-se um desbaste, deixando-se a planta mais vigorosa em cada cova. Portanto, após o desbaste, o experimento ficou com uma densidade de plantio de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O controle de plantas daninhas foi realizado com três capinas, realizadas aos 15, 30 e 50 dias após a semeadura. Não foi realizada adubação de semeadura, mas o experimento foi adubado com 170 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia), parcelados em duas aplicações iguais,

realizadas aos 30 e 60 dias após a semeadura. Não houve necessidade de controle de pragas ou doenças.

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizado, por gotejamento, com emissores de vazão de 1,6 L, espaçados a 0,30 m. O sistema de filtragem foi composto por seis filtros de plástico de disco de 120 mesh, um para cada tratamento. A pressão de entrada da água na área irrigada foi controlada por seis manômetros glicerizados de 0 a 4 kgf cm<sup>-2</sup> e seis registros de gaveta, sendo a pressão de 0,7 kgf·cm<sup>-2</sup> mantida durante o tempo de irrigação.

O efluente utilizado na irrigação foi proveniente de um tanque de concreto, com capacidade para 312,5 m<sup>3</sup>, utilizado na criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na densidade de dois peixes·m<sup>-2</sup>, e de camarões (*Litopenaeus vannamei*), na densidade de 2,56 camarões·m<sup>-1</sup>. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, com ração balanceada (28% de proteína bruta), não sendo fornecida ração específica para os camarões. Junto à captação de água no tanque de aquicultura, o "pé-de-válvula", localizado a 50 cm da superfície da água, foi coberto com tela tipo sombrite de malha 1 mm, para evitar a entrada de detritos. O efluente foi bombeado à distância de 250 m do local do experimento.

Os tratamentos foram aplicados duas vezes por semana, a partir dos 20 dias após o início da irrigação, geralmente na irrigação do período da tarde, nos minutos finais da irrigação, para que as soluções permanecessem em contato com a tubulação por, no mínimo, 12 horas. Acredita-se que esse tempo foi suficiente para a ocorrência das reações, pois a maior parte dos vírus e bactérias é inativada de 10 a 30 minutos de contato (Lopez et al., 1997). Além disso, as conexões da tubulação e a turbulência da água auxiliam a mistura do hipoclorito de sódio à água e, conseqüentemente, auxiliam as reações com as substâncias presentes na água, permanecendo ao final o cloro residual livre na forma de OCl<sup>-</sup> e/ou HOCl, de acordo com o pH. Uma vez por semana foi aplicada ao sistema, água na pressão mais elevada possível e os finais das linhas foram abertos para lavagem e expulsão dos sólidos presentes na tubulação.

No momento de irrigar, efetuou-se sequencialmente: a retirada da água do tanque de derivação, lavagem manual dos filtros de discos, pressurização do sistema, e o enchimento do tanque com solução de cloro e/ou ácido nítrico. Para a lavagem do filtro de disco foram utilizados efluente de aquicultura ou água subterrânea, dependendo do produto utilizado na irrigação. A irrigação foi, então, iniciada e, restando 20 minutos para o final da irrigação, fez-se a injeção das soluções, tempo correspondente ao deslocamento deles até o final das linhas de irrigação. Esse tempo foi calculado com base na curva da condutividade elétrica da água coletada durante a aplicação dos tratamentos.

A lâmina de água necessária foi estimada a partir da evapotranspiração de referência obtida com dados da Estação Meteorológica da UFERSA (Tabela 1), localizada a aproximadamente 700 m do local do experimento, e do coeficiente de cultura (Kc) recomendado pela FAO (Allen et al., 1996). Durante a realização do experimento foi utilizado, em todos os tratamentos, o mesmo tempo de irrigação. O volume total de água aplicado por tratamento foi calculado através da vazão média dos gotejadores em cada tratamento. Este valor foi transformado em lâmina de produto aplicado (mm) de acordo com a área de atuação de cada gotejador.

Foram realizadas análises do efluente de aquicultura e da água subterrânea. As amostras foram coletadas ao final da tarde no viveiro, no caso do efluente, ou na saída do poço, no caso da água subterrânea. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Água da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) e no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da UFERSA.

Com os resultados obtidos nas análises das águas, foram calculadas as quantidades de nutrientes fornecidos através da irrigação de acordo com a lâmina aplicada em cada tratamento.

Os dados foram analisados pelo método da análise de variância, utilizando-se o software SISVAR 4.3 (Ferreira, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

À exceção do teor de CO<sub>3</sub><sup>-</sup>, em que o efluente foi inferior à água subterrânea, nas demais características físico-químicas avaliadas o efluente mostrou-se superior (Tabela 2). A superioridade do efluente variou de 1,0 (K<sup>+</sup>) a 2333 (N – NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) pontos percentuais, com maior destaque para os teores de Mg<sup>2+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, N – NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N – NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. A superioridade do efluente em relação à água subterrânea, na

maioria das características físico-químicas avaliadas (Tabela 2), foi devida provavelmente aos resíduos de ração fornecida aos camarões e tilápias e aos dejetos desses animais.

Tabela 2 – Média  $\pm$  desvio padrão das características físico-químicas dos produtos utilizados na irrigação do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Características	Água subterrânea	Efluente de aquicultura	
		Valores absolutos	Valores percentuais <sup>1</sup>
pH	8,60 $\pm$ 0,23	9,22 $\pm$ 0,12	107
CE (dS cm <sup>-1</sup> )	0,53 $\pm$ 0,03	0,57 $\pm$ 0,09	108
Ca <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	102,00 $\pm$ 1,34	115,00 $\pm$ 1,87	113
Mg <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	1,00 $\pm$ 0,78	3,30 $\pm$ 1,23	330
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	23,31 $\pm$ 1,89	24,82 $\pm$ 1,75	106
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	12,83 $\pm$ 0,56	12,90 $\pm$ 0,69	101
Cl <sup>-</sup> (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	3,10 $\pm$ 0,67	3,33 $\pm$ 0,78	107
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,70 $\pm$ 0,05	0,60 $\pm$ 0,06	86
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,80 $\pm$ 0,68	3,00 $\pm$ 0,34	107
N – NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Não detectados	1,02 $\pm$ 0,12	-
N – NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,03 $\pm$ 0,01	0,73 $\pm$ 0,11	2433
N – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,87 $\pm$ 0,23	7,85 $\pm$ 2,01	902
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,28 $\pm$ 0,08	1,62 $\pm$ 0,34	579

<sup>1</sup> Em relação às médias da água subterrânea = 100%.

O tempo de irrigação foi o mesmo para todos os tratamentos, mas as lâminas de irrigação aplicadas foram diferentes (Tabela 3). Devido à obstrução dos emissores que reduziu a quantidade de água aplicada, onde os tratamentos foram menos eficientes.

Tabela 3 – Quantidades de água e de nutrientes fornecidos através da irrigação com água subterrânea e efluente de aquicultura, tratados ou não com desobstrutores dos emissores, durante o período para produção de espigas verdes da cultivar de milho AG 1051. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Nutrientes	Água subterrânea (AS)	AS + ácido nítrico (AN)	Efluente de aquicultura (EA)	EA + AN	EA + cloro (C)	EA + AN + C
	Lâmina d'água fornecida (mm)					
	546,1	557,3	392,9	483,4	548,0	501,6
	Quantidade de nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )					
P-Fosfato	1,53	1,56	4,87	5,99	6,80	6,22
N-amônia	0,00	0,00	3,69	4,54	5,15	4,71
N-nitrito	0,06	0,06	3,34	4,11	4,66	4,26
N-nitrato	3,99	4,07	26,95	33,16	37,39	34,41
N inorgânico	4,05	4,13	33,98	41,81	47,20	43,38
Cálcio	556,97	568,40	448,39	555,91	630,32	576,78
Magnésio	5,46	5,57	12,87	15,95	18,09	16,55
Sódio	127,28	129,90	96,47	119,98	136,04	124,49
Potássio	70,06	71,50	50,30	62,36	70,71	64,70

A quantidade de nutrientes fornecidos às plantas através da água de irrigação também variou em função do tipo de produto utilizado na irrigação e do tratamento de desobstrução. Os níveis de nitrogênio inorgânico (amônia + nitrito + nitrato) fornecido através do efluente de aquicultura ficaram entre 700 e 1000% maiores do que os fornecidos através da água subterrânea, independentemente do tipo de desobstrutor adotado. A aplicação do efluente de aquicultura combinado com cloro forneceu 47,20 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto que a água subterrânea forneceu no máximo 4,13 kg ha<sup>-1</sup> de N. O efluente de aquicultura proporcionou níveis de fósforo total entre 400 e 580% superior ao fornecido pela água subterrânea. A irrigação com efluente de aquicultura combinado com cloro forneceu 6,80 kg ha<sup>-1</sup> de P, enquanto que a água subterrânea forneceu apenas 1,56 kg ha<sup>-1</sup> de P.

As diferenças observadas nas quantidades de produtos de irrigação aplicadas, apesar do mesmo tempo de irrigação ter sido utilizado em todas as parcelas, indica que ocorreu obstrução dos emissores e que os produtos aplicados contribuíram para a desobstrução (Tabela 3). A lâmina da água subterrânea (AS) tratada com ácido nítrico (AN) foi ligeiramente superior à da AS, indicando que os emissores também foram obstruídos quando foi aplicada a AS, sendo a presença de sais de CO<sub>3</sub> e

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Tabela 2), os principais responsáveis por tal comportamento. O tratamento do efluente de aquicultura (EA) com cloro (C) propiciou uma maior lâmina de água do que o tratamento EA + AN, sugerindo que no efluente a obstrução foi devida principalmente do tipo biológica. A adição de C a EA + AN trouxe uma redução da lâmina d'água aplicada, em relação a EA + AN, indicando provável interação entre AN e C, na desobstrução dos emissores. A quantidade de água requerida pelo milho deve variar em função de fatores genotípicos e ambientais, mas existem estimativas de 575 mm ciclo<sup>-1</sup> (Bergamaschi et al., 2001). O valor que mais se aproximou dessa estimativa, no presente trabalho foi obtido com AS + AN (557,3 mm) (Tabela 3).

O efluente, mesmo quando não tratado, propiciou maiores quantidades de alguns nutrientes que a água subterrânea (Tabela 3), mas as maiores quantidades de nutrientes fornecidas pelo efluente foram maiores quando alguma desobstrução foi feita pelo ácido nítrico e pelo cloro, isoladamente ou em conjunto. A quantidade de nitrogênio requerida pelo milho depende de fatores genotípicos (Kamara et al., 2005) e ambientais (Vetsch & Randall, 2004). Admitindo-se a recomendação 170 kg ha<sup>-1</sup> de N (Fancelli & Dourado-Neto, 2000), a utilização de efluente de aquicultura como material de irrigação possibilitaria uma economia de 30% na quantidade desse fertilizante, pois o efluente forneceu cerca de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N. Portanto, a irrigação com efluente possibilitaria reduções de custos da água e de fertilizantes necessários às culturas.

## CONCLUSÃO

O efluente de aquicultura, independente do tratamento adotado, forneceu maiores quantidades de nutrientes às plantas;

A utilização do efluente de aquicultura, pode reduzir a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados às culturas.

## REFERÊNCIAS

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998, 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- Bergamaschi, H.; Radin, B.; Rosa, L. M. G.; Bergonci, J. I.; Aragonés, R.; Santos, A. O.; França, S.; Langensiepen, M. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. *Revista Argentina de Agrometeorologia*, v. 1, n. 1, p. 23-27, 2001.
- Carmo Filho, F.; Espínola Sobrinho, J.; Maia Neto, J. M. Dados meteorológicos de Mossoró (Jan. de 1988 à Dez. de 1990). Mossoró: ESAM/FGD, 1991. 121p. (Coleção Mossoroense).
- Castro, R. S. de; Azevedo, C. M. S. B; Bezerra Neto, F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae*, v. 3, n. 110, p 44-50, 2006.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 2006. 306p
- Fancelli, A. L.; Dourado Neto, D. Produção de milho. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. v.1. 360p.
- Ferreira, D. F. SISVAR – programa estatístico. Versão 5.3 (Build 75). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010.
- Gengmao, Z.; Mehta, S.K.; Zhaopu, L. Use of saline aquaculture wastewater to irrigate salt-tolerant Jerusalem artichoke and sunflower in semiarid coastal zones of China. *Agricultural Water Management*, v. 97, n. 12, p. 1987-1993, 2010
- Kamara, A.Y.; Menkir, A.; Ajala, S.O.; Kureh, I. Performance of diverse maize genotypes under nitrogen deficiency in the Northern Guinea Savanna of Nigeria. *Experimental Agriculture*, v. 41, n. 2, p.199-212, 2005.
- Lopez, R. J.; Abreu, J. M. H.; Regalado, A. P.; Hernandez, J. F. G. Riego localizado. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1997. 405p.
- Miranda, F.R.; Souza Júnior., F.E.A.; Lima, R.N.; Sousa, C.M.; Santana, M.G.S.; Costa, C.A.G. Uso de efluentes da carcinicultura de águas interiores na irrigação do arroz. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 380-386, 2008.
- Vetsch, J.A.; Randall, G.W. Corn production as affected by nitrogen application timing and tillage. *Agronomy Journal*, v. 96, n. 2, p. 502-509, 2004.