

CULTIVO HIDROPÔNICO DE MILHO FERTIRRIGADO COM URINA HUMANA COMO FONTE ALTERNATIVA DE NUTRIENTES

NARCÍSIO CABRAL DE ARAÚJO¹; MÔNICA DE AMORIM COURA²; RUI DE OLIVEIRA³; CELEIDE MARIA BELMONT SABINO⁴ E SUENILDO JOSÉMO COSTA OLIVEIRA⁵

¹ Eng. Sanitarista e Ambiental, Mestre em Eng. Civil e Ambiental e Doutorando em Eng. Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, PB. E-mail: narcisioaraujo@gmail.com

² Química, Mestra em Eng. Civil, Doutora em Recursos Naturais, Professora Associada IV da Unidade Acadêmica de Eng. Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, PB. E-mail: macoura1@yahoo.com.br

³ Eng. Civil, Mestre e PhD em Eng. Civil, Professor Doutor C do Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande, PB. E-mail: ruideo@gmail.com

⁴ Eng^a. Civil, Mestra em Eng. Civil, Doutora em Recursos Naturais e Professora Doutora D do Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande, PB. E-mail: celeide.sabino@globo.com

⁵ Agrônomo, Mestrado em Produção Vegetal e Doutor em Agronomia, Professor Doutor C do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Lagoa Seca, PB. E-mail: suenildo@cca.uepb.edu.br

1 RESUMO

O cultivo de forragem verde hidropônica é uma alternativa prática e econômica ao produtor familiar, possibilitando a obtenção de forragem de grande valor proteico e energético, servindo como suplementação alimentar o ano todo. Objetivou-se avaliar o crescimento, produtividade e composição química de milho cultivado em sistema hidropônico, com substrato de bagaço de cana-de-açúcar fertirrigado com doses crescentes de urina humana diluída em água. O experimento foi realizado em uma casa de vegetação, instalada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - Paraíba. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão. Conclui-se que a utilização de urina humana no cultivo de milho em sistema hidropônico mostrou-se eficaz, onde, concentrações inferiores a 6% podem ser utilizadas em substituição a solução nutritiva recomendada para o cultivo da forragem verde hidropônica do milho.

Palavras-chave: Agroecologia, ecossaneamento, forragem.

ARAÚJO, N. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; SABINO, C. M. B.; OLIVEIRA, S. J. C.

HYDROPONIC GROWING OF CORN FERTIGATED WITH HUMAN URINE AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF NUTRIENTS

2 ABSTRACT

Cultivation of hydroponic green fodder is a practical and economical alternative for family farmers, enabling achievement of high protein and energy level forage and serving as food supplement all year long. The objective of this study was to evaluate growth, yield and

chemical composition of corn grown hydroponically, with substrate of sugar cane bagasse fertigated with increasing doses of human urine diluted in water. The experiment was carried out in a greenhouse at the Campus I of the Federal University of Campina Grande, Campina Grande – Paraíba. Results were subjected to regression and variance analyses. The use of human urine for corn cultivation using a hydroponic system was efficient, and concentrations lower than 6% may be used to replace the nutrient solution used for cultivation of hydroponic green fodder of corn.

Keywords: agroecology, ecosanitation, fodder.

3 INTRODUÇÃO

Um dos novos conceitos de desenvolvimento para o saneamento é o ecossaneamento, que segundo Zancheta (2007) é uma alternativa aos sistemas de tratamento de esgoto convencional com sustentabilidade econômica baseado na ciclagem de matérias. O ecossaneamento ou saneamento focado em recursos tem como princípio básico o estímulo ao fluxo cíclico de recursos, energia e materiais a partir de um manejo e gerenciamento ecológico e economicamente sustentáveis dos sistemas de destinação das excretas, fundamentados nas demandas locais (BOTTO; SANTOS, 2013).

De acordo com Lind, Ban e Bydén (2001) a urina humana é uma solução aquosa contendo cloreto de sódio (NaCl), ureia [CO(NH₂)₂], potássio (K), cálcio (Ca), sulfato (SO₄) e fósforo que está disponível como polifosfato (H₂PO₄⁻ ou HPO₄²⁻). Das excretas humanas, a urina contribui com cerca de 90% do nitrogênio, 50-65% do fósforo e 50-80% do potássio (HEINONEN-TANSKI; WIJK-SIJBESMA, 2005). Em torno de 80% do nitrogênio total da urina, estão na forma de ureia [CO(NH₂)₂] e o restante está em forma de nitrogênio inorgânico. Diariamente, a excreção de ureia em adultos varia entre 11,8 e 23,8 g e a relação entre ureia e nitrogênio total é de aproximadamente 0,8 (FITTSCHEN; HAHN, 1998). Kirchmann e Pettersson (1995) identificaram macro e micronutrientes presentes na urina humana.

O cultivo da forragem hidropônica de milho (*Zeamays*L.) vem crescendo e representa uma alternativa prática e econômica ao pequeno produtor, possibilitando a obtenção de forragem de grande valor proteico e energético, o ano todo, e principalmente no período de estiagem (PAULINO et al., 2004).

Segundo Rocha et al. (2007) a forragem hidropônica é obtida do cultivo de espécies forrageiras em substrato irrigado com solução nutritiva, apresentando como principais vantagens, o uso de diferentes espécies forrageiras, maior produtividade por unidade de área, eliminação do uso de defensivos agrícolas e ciclo de produção mais curto, com menor efeito dos fatores climáticos.

Em regiões semiáridas onde em determinadas épocas do ano as condições climáticas, inviabilizam a produção de alimentos para os animais, a forragem hidropônica de milho apresenta-se não como opção para engorda do rebanho e sim uma das poucas alternativas alimentares para a sobrevivência do rebanho dos pequenos produtores na época das estiagens (SOUSA; SOUSA NETO e ANDRADE, 2012). De acordo com Rocha et al. (2007), em período seco os pecuaristas da Região Nordeste do Brasil encontram dificuldades de obter alimentos volumosos, o que acaba sendo um fator limitante para o desenvolvimento de uma das principais atividades econômicas do Brasil.

A utilização da forragem hidropônica pode ser uma opção para atender às dificuldades de produção de pecuaristas que, muitas vezes, não dispõem de quantidade suficiente de alimentos para fornecer aos animais, nem mesmo área física para o plantio de pastagens, dificultando assim a terminação dos mesmos e, portanto, o incremento de suas rendas (MÜLLER et al., 2006).

Este trabalho teve como objetivo, estudar o crescimento, a produtividade e a composição nutritiva da forragem verde hidropônica (FVH) de milho cultivado em bagaço de cana-de-açúcar fertirrigado com diferentes diluições de urina humana.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida no período entre 25 de março a 11 de abril de 2013, no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande (7° 13' 50" S, 35° 52' 52" W, 551 m de altitude), estado da Paraíba.

O experimento foi montado em uma casa de vegetação construída com estrutura de madeira, modelo “capela”, com 5 m de comprimento, 3 m de largura e 2,5 m de altura, revestida por cortinamento lateral, com telas fina de polipropileno, com capacidade para reter 30% da luz e coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD), constituindo um ambiente controlado quanto à radiação solar e precipitações. No interior da casa de vegetação foram instaladas duas bancadas para suporte das células hidropônicas, bandejas de plástico com 45 cm de comprimento, 29 cm de largura e 4,0 cm de profundidade.

Foi utilizado delineamento experimental em blocos ao acaso, constituído por cinco tratamentos, distribuídos em quatro blocos, o que correspondeu a 20 células hidropônicas, distanciadas 15 cm entre si e com 2% de declividade.

O sistema hidropônico utilizado foi de três fases (líquido com nutriente, ar e substrato) e adotou-se a não circulação das soluções fertirrigantes, e a utilização de bagaço de cana-de-açúcar como substrato vegetal. A caracterização química do substrato, apresentada na Tabela 1, foi realizada no Laboratório de Saneamento da UFCG.

Tabela 1. Caracterização química do bagaço de cana-de-açúcar, utilizado como substrato.

Concentrações (mg. kg ⁻¹)						
N	P	K	S	Ca	Fe	Na
6825,7	3227,3	4358,7	5,9	100,0	62,7	194,7

N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; S: Enxofre; Ca: Cálcio; Fe: Ferro; Na: Sódio.

Em cada célula foram espalhadas, de forma homogênea, 80 g do substrato, antes da semeadura do milho. Em seguida, as sementes foram recobertas com outra camada homogênea de 70 g de substrato. Foram utilizadas sementes de milho não tratadas quimicamente, com densidade de semeadura de 2,5 kg. m⁻², de acordo com FAO (2001), ou seja, em cada célula (0, 1305 m²) foram semeados 326,3 g do milho. Para acelerar o processo germinativo, antes da semeadura, as sementes foram submetidas à hidratação, sendo embebidas em água por período de 24 horas (pré-germinação). Após este tempo e feita a drenagem da água, foi procedida a semeadura, a lançar.

Durante o período de germinação (cinco dias após a semeadura) as células foram irrigadas apenas com água de abastecimento. Após este período, foram iniciadas as fertirrigações: diariamente, uma das células era fertirrigada com solução nutritiva (Tratamento 1 – T₁, testemunha) e as outras, com urina humana diluída nas seguintes proporções: 3%

(Tratamento 2 – T₂), 6% (Tratamento 3 – T₃), 9% (Tratamento 4 – T₄) e 12% (Tratamento 5 – T₅), com taxa de aplicação de 6 L.m⁻².d⁻¹. As fertirrigações foram aplicadas três vezes ao dia, durante 9 dias, utilizando-se um minirrigador manual. O líquido percolado de cada célula foi drenado, através de drenos com 3 mm de diâmetro, para garrafas PET, sendo descartado posteriormente.

A urina humana utilizada foi coletada durante uma semana, em três residências no Distrito de São José da Mata, município de Campina Grande, e armazenada em um recipiente hermeticamente fechado, por período de um mês, antes de começar a ser utilizada.

A solução nutritiva utilizada no tratamento 1 (T₁), foi preparada a partir de duas soluções concentradas (“A” e “B”). A solução “A” foi constituída por: monofosfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de potássio e a solução “B” por: sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de manganês, sulfato de zinco, ácido bórico, molibdato de amônio e quelatos de ferro. Estas soluções foram preparadas de acordo com as recomendações do Manual Técnico da FAO (2001). Diariamente, antes da irrigação, eram preparados 4 litros contendo respectivamente, 1,25 mL. L⁻¹ da solução “A” e 0,5 mL. L⁻¹ da solução “B”.

Ao fazer as diluições da urina em água, o pH ficava acima de 8,6, não sendo recomendado para o cultivo de forragem verde hidropônica, o qual deve estar entre 5,2 e 7,0 (FAO, 2001). Para todos os tratamentos, com exceção da testemunha (T₁), o pH foi ajustado para 6,4, com solução de ácido sulfúrico. As caracterizações físico-químicas da solução nutritiva, urina e suas diluições estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização físico-química da solução nutritiva, urina humana e suas diluições.

Tratamentos/ Urina	Parâmetros									
	NTK	NH ₄ ⁺	PT	P-PO ₄ ⁺	K	Cl ⁻	Na	pH	CE	CTT
			mg.L ⁻¹					-	dS.m ⁻¹	UFC.100mL ⁻¹
T ₁ (0%)	3,0	2,4	12,17	9,26	7,26	248,17	15,99	6,97	1,689	-
T ₂ (3%)	270,14	207,11	16,61	5,51	1,58	582,8	17,38	8,69	2,38	-
T ₃ (6%)	450,24	381,20	24,67	6,03	3,56	796,5	21,29	8,69	3,73	-
T ₄ (9%)	690,36	618,33	40,81	8,51	5,43	1005,33	25,35	8,90	4,88	-
T ₅ (12%)	930,5	840,45	54,93	13,68	7,18	1180,17	29,30	8,92	6,14	-
Urina	6631,15	6506,05	449,4	361,4	239,7	6775,03	544,1	9,2	49,4	Ausente

NTK: Nitrogênio total Kjeldahl; NH₄⁺: Nitrogênio amoniacal; PT: Fósforo total; P-PO₄⁺: Ortofosfato; K: Potássio; Cl⁻: Cloreto; Na: Sódio; pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica e CTT: Coliformes termotolerantes.

Do 9º dia ao 10º, após a germinação (DAG), todas as células foram irrigadas somente com água de abastecimento, e no 11º dia as plantas foram coletadas seccionando a parte aérea das raízes com substrato para determinação das massas verdes da parte aérea e massa verde total.

Realizado o fracionamento e a pesagem, a parte aérea e raízes com substrato foram colocadas em sacos de papel, previamente identificados, para secagem em estufa com circulação forçada de ar durante 72 horas, com temperatura controlada a 65 °C. Após a secagem, foram determinadas a massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca do substrato com raízes (MSSR).

As amostras secas foram trituradas em moinho tipo Willey para as determinações de N, P, K, Ca, S e Na. Um extrato foi preparado para a determinação de fósforo por espectrofotometria, através da digestão sulfúrica mais peróxido de hidrogênio (RODRIGUES, 2010). O nitrogênio foi determinado através do método Kjeldhal; sódio, potássio e cálcio, após digestão seca a 500 °C em mufla elétrica, por fotometria de chama e enxofre, também após digestão seca, por espectrofotometria (SILVA, 1999).

Os resultados foram interpretados estatisticamente, por meio de análise de variância e de regressão, utilizando-se o software ASSISTAT - Assistência Estatística, versão 7.6 Beta. A escolha dos modelos, em cada variável estudada, baseou-se no coeficiente de determinação (R^2) fornecido pela análise de regressão, tendo sido adotado o teste F para verificar a significância dos efeitos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos quadrados médios da produtividade da forragem estão apresentados na Tabela 3. A análise estatística dos dados revelou efeitos significativos ($p < 0,01$) das concentrações de urina humana sobre a massa verde e seca da parte aérea (MVPA e MSPA) e massa verde e seca do substrato com raízes (MVSr e MSSR).

Tabela 3. Quadrado médio da altura e produtividade da forragem de milho.

Quadrado Médio					
FV	GL	MVPA	MSPA	MVSr	MSSR
Regressão Linear	1	2,66772**	0,02025**	167,15832**	0,34782**
Regressão Quadrática	1	0,19802 ^{ns}	0,00206 ^{ns}	7,35150 ^{ns}	0,02122 ^{ns}
(Tratamento)	(2)	0,77722**	0,00564**	45,20038**	0,09275**
Bloco	3	0,49410	0,00097	1,72380	0,00729
Resíduo	12	0,13601	0,00176	1,73636	0,00930
CV%	-	10,77	9,48	9,87	4,83

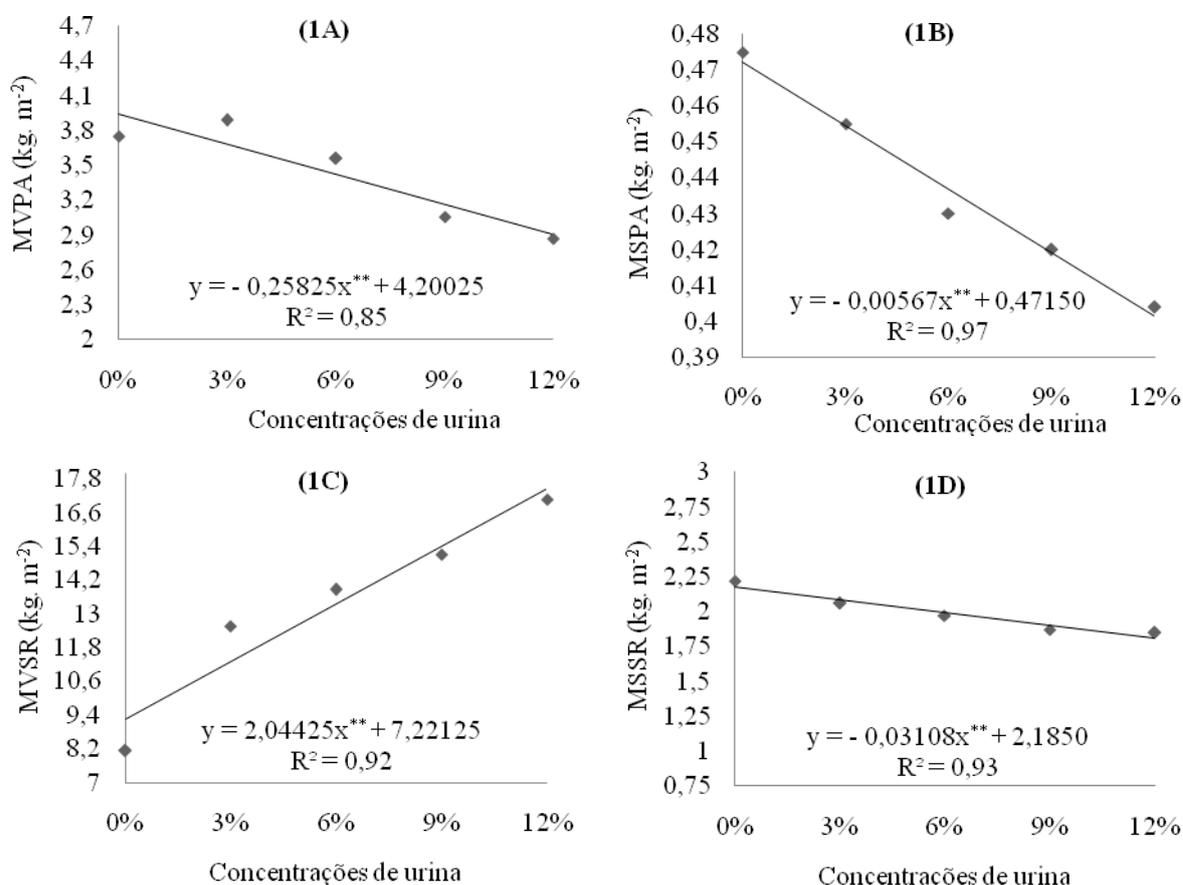
** : Significativo a 1% de probabilidade (Teste F); * : Significativo a 5% de probabilidade (Teste F); ^{ns} : não significativo (Teste F); **FV**: Fonte de Variação; **GL**: Grau de Liberdade; **MVPA**: Massa Verde da Parte Aérea; **MSPA**: Massa Seca da Parte Aérea; **MVSr**: Massa Verde do Substrato com Raízes; **MSSR**: Massa Seca do Substrato com Raízes; **CV**: Coeficiente de Variação.

A partir da Figura 1 percebe-se que com as aplicações das diferentes concentrações de urina humana o modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos para todas as variáveis estudadas, com exceção da variável MVSr, o qual teve o modelo de regressão linear crescente como explicação para o comportamento das diferentes concentrações de urina humana aplicada a forragem hidropônica do milho.

A concentração de 3% de urina proporcionou ganho de massa verde na parte aérea da forragem e as demais causaram perda de massa, em comparação com a testemunha (Figura 1A). As aplicações das concentrações crescentes de urina causaram decréscimo na MSPA, em comparação com a testemunha (Figura 1B). Para ambas as variáveis o comportamento foi linear, com coeficientes de determinação de, respectivamente, 0,85 (Figura 1A) e 0,97 (Figura 1B), indicando que 85,81% e 97,14% das variações da produção de forragem hidropônica foram em função das concentrações crescentes de urina.

Uma provável explicação para o decréscimo na produtividade de massa verde e seca da parte aérea da forragem, com o aumento das concentrações aplicadas, são as altas concentrações de cloreto e sódio (ver Tabela 2) encontradas nas concentrações de urina, pois, segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2008) os íons de sódio juntamente com o cloro e o boro são os elementos tóxicos, pois, acumulam-se nas folhas das plantas causando problemas de clorose e queima dos tecidos, reduzindo a produtividade vegetal. Além de serem antagonistas ao cálcio, potássio e magnésio.

Figura 1. Dados de massa verde e seca da parte aérea (1A e 1B); massa verde e seca do substrato com raízes (1C e 1D), em função da fertirrigação com solução nutritiva e concentrações crescentes de urina humana.



Estudando a reação da forragem hidropônica de milho sob diferentes concentrações de biofertilizante e quantidades de sementes, Melo et al. (2009) constataram que quando aumentavam as concentrações de biofertilizante ocorria um decréscimo linear na produção de forragem.

Araújo et al. (2008) e Manhães et al. (2011), cultivando milho em sistema hidropônico com bagaço de cana-de-açúcar fertirrigado com vinhoto e densidade de semeadura de, respectivamente, 2,5 e 2,0 kg.m⁻² e concentrações de vinhoto de 10% e 6,7%, obtiveram produtividade (parte aérea mais substrato com raízes) máxima de 21,50 e 21,1 kg.m⁻² de matéria verde e 4,36 e 4,0 kg. m⁻² de matéria seca com 10 e 15 dias de cultivo, respectivamente.

Oliveira, Rolim e Paula (2009) utilizando concentração de 20% de soro de leite no cultivo da forragem hidropônica de milho em bagaço de cana-de-açúcar, obtiveram 1,634 e 0,248 kg.m⁻² de massas verde e seca na parte aérea, respectivamente. Paula et al. (2011) com a mesma concentração de soro de leite, alcançaram produtividade de 1,64 e 0,25 kg.m⁻² de massas verde e seca na parte aérea da forragem e 11,25 e 1,90 kg.m⁻² de massas verde e secas do substrato com raízes, respectivamente. Portanto, os resultados de crescimento e produtividade encontrados na presente pesquisa foram bem próximos aos citados na literatura.

A Tabela 4 apresenta os resultados dos quadrados médios das concentrações dos nutrientes (N, P, K, Ca e S) e do elemento tóxico (Na) determinados na parte aérea (PA) e substrato com raízes (SR) da forragem de milho fertirrigado com urina humana. De acordo

com os resultados, a aplicação das diferentes dosagens, nas concentrações de 0%, 3%, 6%, 9% e 12% de urina humana, influenciaram de forma significativa ($p < 0,01$) nas concentrações de nitrogênio, fósforo, cálcio, enxofre e sódio na fitomassa do milho. Apenas nas concentrações de potássio não ocorreu diferença estatística significativa.

Tabela 4. Quadrados médios da análise da composição química da fitomassa da parte aérea (PA) e do substrato com raízes (SR) de milho forrageiro.

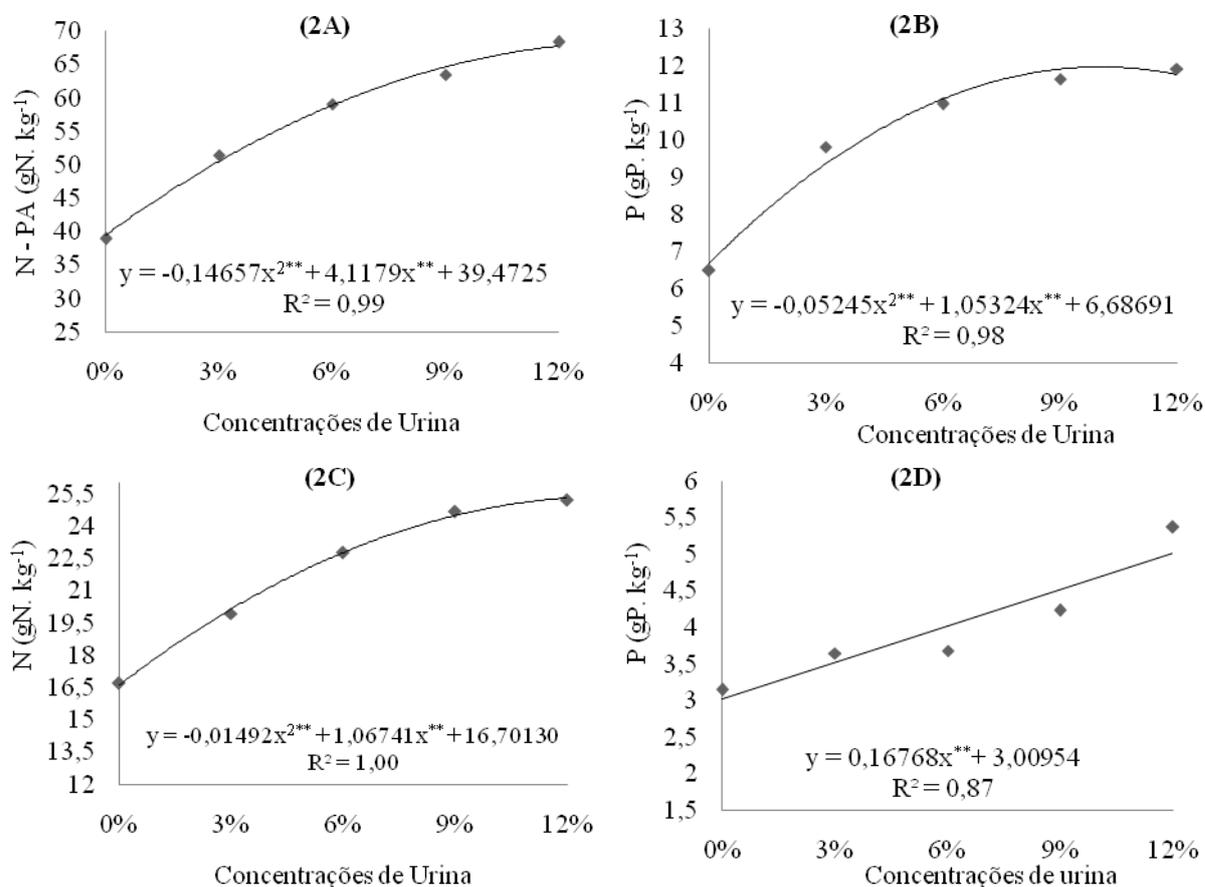
Quadrado Médio							
FV (PA)	GL	N	P	K	Ca	S	Na
Regressão Linear	1	2003,625**	64,654**	14,852 ^{ns}	33062,500**	5753,58155**	815523,667**
Regressão Quadrática	1	97,443**	12,481**	9,729 ^{ns}	12901,786**	0,00355*	11799,795 ^{ns}
(Tratamento)	(2)	528,369**	19,630**	7,611**	13437,500**	1577,867**	210726,728**
Bloco	3	2,660	0,608	2,029	833,333	2,814	7829,968
Resíduo	12	6,336	0,793	6,501	937,500	4,481	2611,322
CV%	-	4,47	8,75	15,61	13,61	7,45	8,12
FV (SR)	GL	N	P	K	Ca	S	Na
Regressão Linear	1	188,800**	10,122**	0,696 ^{ns}	16000,000**	8570,193**	358755,609**
Regressão Quadrática	1	11,488**	0,930 ^{ns}	0,339 ^{ns}	0,000**	38,701**	3815,312 ^{ns}
(Tratamento)	(2)	50,173**	2,888**	0,483**	4062,500**	2258,03**	90750,803 ^{ns}
Bloco	3	1,233	0,084	1,252	833,333	2,252	13795,949
Resíduo	12	0,734	0,333	0,543	729,1667	15,052	15079,146
CV%	-	3,92	14,36	17,01	12,00	9,83	16,60

** : Significativo a 1% de probabilidade (Teste F); * : Significativo a 5% de probabilidade (Teste F); ^{ns} : não significativo (Teste F); **FV**: Fonte de variação; **FV (PA)**: Fonte de variação da parte aérea; **FV (SR)**: Fonte de variação do substrato com raízes; **GL**: Grau de liberdade; **N**: Nitrogênio; **P**: Fósforo; **K**: Potássio; **Ca**: Cálcio; **S**: Enxofre; **Na**: Sódio; **CV**: Coeficiente de variação.

De acordo com a Figura 2 pode-se perceber que a aplicação das diferentes concentrações de urina humana, o nitrogênio e o fósforo da parte aérea (2A e 2B), bem como o nitrogênio no substrato com raízes da forragem (2C) apresentaram modelo quadrático crescente com R^2 de 0,99; 0,98 e 1,00, respectivamente. Para o fósforo nas raízes com substrato (2D), as aplicações das diferentes concentrações de urina humana, o modelo linear crescente foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos (R^2 de 0,87).

Conforme ilustrado na Figura 2 as fertirrigações com concentrações crescentes (3, 6, 9 e 12%) de urina elevaram as concentrações de nitrogênio (Figura 2A e 2C) e fósforo (Figura 2B e 2D), na parte aérea e substrato da forragem, superiores às da testemunha, ou seja, houve ganho de nutrientes nas fitomassa da forragem.

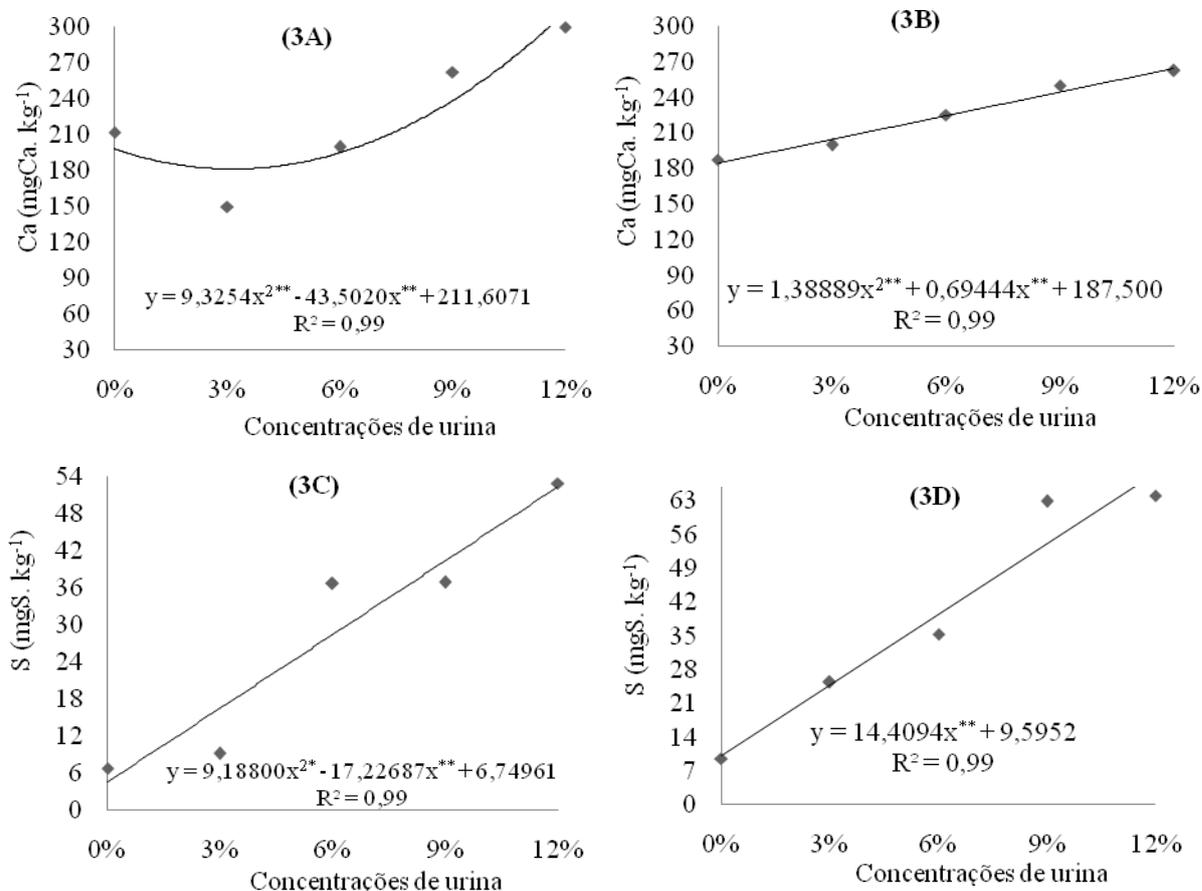
Figura 2. Dados das concentrações de nitrogênio e fósforo na parte aérea (2A e 2B) e substrato com raízes (2C e 2D) da forragem em função das concentrações de urina humana.



A Figura 3 ilustra o comportamento das concentrações de cálcio e enxofre na parte aérea e substrato com raízes, em função das concentrações de urina utilizadas na fertirrigação da forragem. Como ilustrado na Figura 3A, a regressão quadrática (R^2 de 0,99) foi a que melhor representou o comportamento do cálcio na parte aérea, sendo verificado que as concentrações de 9 e 12% levaram a concentrações superiores às da testemunha. A regressão linear foi a que melhor representou o comportamento das concentrações de cálcio no substrato com raízes, ou seja, as concentrações crescentes de urina proporcionaram aumento linear (R^2 de 0,99) na concentração de cálcio no substrato com raízes (Figura 3B).

Os comportamentos das concentrações de enxofre na parte aérea e substrato com raízes da forragem, em função das concentrações crescentes de urina (0, 3, 6, 9 e 12%), estão ilustrados nas Figuras 3C e 3D, respectivamente. A regressão linear (R^2 de 0,99) foi a que melhor explicou o comportamento das concentrações do enxofre na parte aérea e substrato com raízes da forragem (Figura 3C e 3D). Todos os tratamentos com urina apresentaram concentrações de enxofre superiores às da testemunha. Porém, as concentrações do nutriente foram maiores no substrato com raízes (Figura 3D) que na parte aérea (Figura 3C) da forragem. As elevadas concentrações de enxofre no substrato com raízes da forragem, podem ser resultantes das doses de urina tratadas com solução de ácido sulfúrico, para ajustar o pH na faixa recomendada para o cultivo da forragem verde hidropônica.

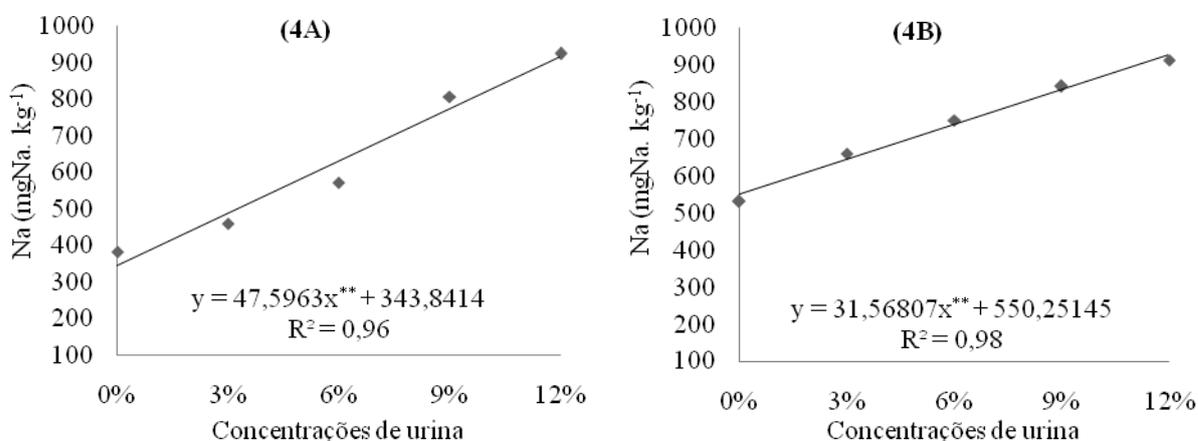
Figura 3. Concentrações ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) de cálcio (3A e 3B) e enxofre (3C e 3D) na parte aérea (PA) e substrato com raízes (SR) da forragem em função das concentrações de urina humana.



Como ilustrado nas Figuras 2 e 3 as plantas de milho incorporam quantidades significativas de nutrientes, sendo verificado que quanto maiores foram as concentrações de urina humana maiores foram as concentrações de nutrientes no tecido vegetal da forragem.

As concentrações do elemento tóxico (sódio) incorporadas pela forragem estão apresentadas na Figura 4. A Figura 4A ilustra o comportamento do sódio na parte aérea e a 4B no substrato com raízes da forragem em função das concentrações de urina humana. O modelo linear crescente foi o que melhor descreveu o comportamento das concentrações do elemento (Na) na parte aérea (Figura 4A, $R^2 = 0,96$) e substrato com raízes (Figura 4B, $R^2 = 0,98$).

Figura 4. Concentração de sódio (mgNa.kg^{-1}) na parte aérea (4A) e substrato com raízes (4B) da forragem em função das concentrações de urina humana.



Os comportamentos das concentrações de N, P, Ca e Na observados na presente pesquisa foram semelhantes aos encontrados em pesquisa realizada por Paula et al. (2011), cultivando forragem hidropônica de milho com doses crescentes de soro de leite (20, 40, 60, 80 e 100%), ou seja, quando as concentrações do fertilizante alternativo eram aumentadas as concentrações dos nutrientes e do elemento tóxico aumentavam, sendo as concentrações da parte aérea (com exceção do fósforo e cálcio) superiores às do substrato com raízes, indicando assimilação de nutrientes pela planta de milho.

Os efeitos das elevadas concentrações do sódio nas plantas de milho, foram visíveis durante a realização dos experimentos, pois, nas células fertirrigadas com concentrações acima de 3% de urina foram verificadas que as folhas das plantas estavam amareladas e suas extremidades secando. À medida que as concentrações de urina eram aumentadas mais plantas apresentavam mais folhas amarelas e suas extremidades secas.

No dia da coleta, do experimento, as plantas fertirrigadas com as concentrações de 9% e 12% de urina apresentaram morte nas raízes e mais de 80% das plantas estavam com a parte aérea amarela e com extremidades das folhas secas.

6 CONCLUSÕES

A urina humana mostrou-se eficaz para cultivar forragem verde hidropônica do milho, podendo substituir a solução nutritiva utilizada;

A concentração de 3% de urina foi a que promoveu o maior ganho de massa verde na parte aérea da forragem;

O cultivo de milho em sistema hidropônico com substrato fertirrigado com urina humana, só será viável com concentração inferior a 6%.

7 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. S.; COELHO, F. C.; CUNHA, R. C. V.; LOMBARDI, C. T. Forragem hidropônica de milho cultivado em bagaço de cana e vinhoto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v.7, n.3, p. 251-264, 2008.

BOTTO, M. P.; SANTOS, A. B. Saneamento básico em comunidade peri-urbana no Ceará: perspectiva para o ecossaneamento e sanitários separadores. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, Salvador, BA, v.1, n.1, p. 98-110, 2013.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. UFV, Viçosa – MG, 2008, 625p.

FAO. **Forraje verde hidropônico**: manual técnico. Santiago: Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. **Manual Técnico**. Primera Parte, 2001, 68p.

FITTSCHEN, I.; HAHN, H. H. Characterization of the municipal wastewater parameters human urine and preliminary comparison with liquid cattle excretion. **Water Science and Technology**, Carlsruhe, v. 38, n. 6, p. 9-16, 1998.

HEINONEN-TANSKI, H.; VAN WIJK-SIJBESMA, C. Human excreta for plant production. **Bioresource Technology**, Rockville, v. 96, p. 403 – 411, 2005.

KIRCHMANN, H.; PETTERSSON, S. Human urine-chemical composition and fertilizer efficiency. **Fertilizer research**, New York, v. 40, p. 149 – 54, 1995.

LIND, B.; BAN, Z.; BYDÉN, S. Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. **Ecological Engineering**, Goteborg, v. 16, n. 4, p. 561-566, 2001.

MANHÃES, N. E.; SANT'ANA, J. G.; COELHO, F. C.; GARCIA, L. N. C.; LOMBARDI, C. T.; FRANCELINO, F. M. A. Forragem de milho hidropônico cultivado em bagaço de cana-deaçúcar, com diferentes densidades de semeadura e concentrações de vinhoto. **Cadernos de Agroecologia**, Pelotas, RS, v. 6, n.2, 2011. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/cad/article/view/11445/7250>>. Acesso em: 5 de dezembro de 2013.

MELO, D. R. M.; FERNANDES, D.; BEZERRA, L. L.; SANTOS, J. G. R.; ANDRADE, R. Reação da forragem hidropônica de milho sob diferentes concentrações de biofertilizante e quantidades de sementes. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v.4, n.3, p. 39-44, 2009. Disponível em: <<http://revista.gvaa.com.br>> Acesso em 16 de junho de 2013.

MÜLLER, L.; SOUZA, O. S.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; HAUT, V.; DOURADO NETO, D.; MENEZES, H. L.; GARCIA, D. C. Forragem hidropônica de milheto: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idade de colheita. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 4, p.1094-1099, 2006.

OLIVEIRA, L. R. G.; ROLIM, M. M.; PAULA, L. **Utilização de soro de leite na produção de forragem de milho hidropônico**. 2009. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0256-1.pdf>>. Acesso em 13 de novembro de 2013.

PAULA, L.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E. B.; SOARES, T. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, Ê. F. F. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo

hidropônico com soro de leite bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.9, p.931–939, 2011.

PAULINO, V. T.; POSSENTI, R.; LUCENA, M. A. C.; VEDOVE, D. J. F. D.; SOUZA, C. R. T. J.; FRANCISCO JÚNIOR, C.; NATAL, V. Crescimento e avaliação químico-bromatológica de milho cultivado em condições hidropônicas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. 3 ed. n. 5, 2004. Disponível em:

<http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/5matV4PhV2olpob_2013-4-26-10-44-11.pdf>. Acesso em 25 de novembro de 2013.

RODRIGUES, R. C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: **métodos físicos, químicos e bromatológicos**. Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. 177 p. (Documentos, 306).

ROCHA, R. J. S.; SALVIANO, A. A. C.; ALVES, A. A.; LOPES, J. B.; NEIVA, J. N. M. Produtividade e composição bromatológica da forragem hidropônica de milho em diferentes volumes de solução nutritiva. **Revista Científica de Produção Animal**, Areia, PB. v. 9, n. 1, 2007. P. 9 – 11.

SOUSA, T. P.; NETO, E. P. S.; ANDRADE, R. Produção de forragem verde hidropônica de milho como alternativa para pequenas criações de ruminantes no semi-árido brasileiro. In: I Seminário Nacional de Geoecologia e Planejamento Territorial e IV Seminário do GEOPLAN, 5., 2012., São Cristóvão. **Anais...** São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2012. P. 1 – 4. Disponível em:

<http://anais.geoplan.net.br/trabalhos_formatados/PRODUCAO%20DE%20FORRAGEM%20VERDE%20HIDROPONICA%20DE%20MILHO.pdf>. Acesso em 23 de novembro de 2013.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Brasília, DF, 1999, 370 p.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola**. 2007, 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória – ES, 2007.