

## FORRAGEM HIDROPÔNICA DE MILHO CULTIVADO EM BAGAÇO DE CANA E VINHOTO

VINICIUS DA SILVA ARAUJO<sup>1</sup>, FÁBIO CUNHA COELHO<sup>2</sup>, RAQUEL CABRAL VIANA DA CUNHA<sup>3</sup> e CLAUDIO TEIXEIRA LOMBARDI<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Laboratório de Fitotecnia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602 Campos dos Goytacazes, RJ. e-mail: viniciusa1t@yahoo.com.br, fcoelho@uenf.br e quelcabral@hotmail.com*

<sup>4</sup>*Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602 Campos dos Goytacazes, RJ. e-mail: lombardi@uenf.br*

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.7, n.3, p. 251-264, 2008*

**RESUMO** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e o teor de proteína da forragem de milho hidropônico, cultivado sobre bagaço de cana-de-açúcar, identificando a quantidade adequada de sementes, a data ideal de colheita e a possibilidade de utilização do vinhoto como solução nutritiva. Realizou-se um experimento em casa-de-vegetação, em esquema fatorial 5x2x2. O milho foi semeado com densidades de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 kg m<sup>2</sup>. Utilizaram-se 6 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de solução nutritiva (sendo uma descrita pela FAO e a outra, vinhoto diluído) e realizaram-se colheitas aos 10 e 20 dias após a semeadura. Foram realizadas medidas fenométricas, determinação do peso de matéria fresca, matéria seca e teor de proteína bruta. Em média, 1,0 a 2,5 kg m<sup>-2</sup> de milho resultaram em 11,88% de proteína bruta, diferindo da densidade de 0,5 kg m<sup>-2</sup>, que resultou em teor significativamente menor. Utilizando-se vinhoto e com colheita aos 20 dias, 2,0 kg m<sup>-2</sup> de sementes são suficientes para resultar em máxima produção de matéria fresca. No entanto, os maiores pesos da matéria seca foram obtidos com 2,5 e 2,0 kg m<sup>-2</sup> de sementes, aos 10 e 20 dias após a semeadura, respectivamente.

**Palavras-chave:** cultivo sem solo, forragem hidropônica, proteína bruta, milho.

## HYDROPONIC FORAGE OF MAIZE GROWN ON SUGAR CANE BAGASSE AND VINASSE

**ABSTRACT** – The objective of this study was to evaluate the productivity and protein content of forage of hydroponic maize cultivated on sugar cane bagasse, and identifying

the appropriate amount of seeds, the ideal harvest date and the possibility of using vinasse as nutritive solution. The experiment was carried out under greenhouse conditions, in a factorial 5x2x2 scheme. Corn seeding densities were 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 kg m<sup>-2</sup>. Two nutritive solutions were used (6 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>), one as described by FAO and another as diluted vinasse. Harvests were done at 10 and 20 days after sowing. Fenologic measurements were carried out, as well as fresh and dry matter weight and crude protein contents were determined. On average, 1.0 to 2.5 kg m<sup>-2</sup> of maize resulted in 11.88% crude protein, differently of the 0.5 kg m<sup>-2</sup> density, that resulted in a significantly lower content. Using vinasse and harvest at 20 days, 2.0 kg seeds m<sup>-2</sup> are sufficient to result in maximum fresh matter production. However, greatest dry matter weight were obtained using 2.5 and 2.0 kg m<sup>-2</sup> seed at 10 and 20 days after sowing, respectively.

**Key words:** soilless cultivation, hydroponic forage, crude protein, corn.

---

A hidroponia é o cultivo de plantas com solução nutritiva, na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais (Fagioli, 2006). Essa técnica tem despertado interesse crescente, devido ao grande desafio de aumentar a produção de alimentos e fibras, explorando a mesma área de solo, recursos hídricos e condições climáticas, sem resultar em impactos ambientais. Além disso, de maneira geral, a hidroponia é tecnologia economicamente acessível e lucrativa.

Recentemente, a técnica hidropônica foi adaptada para a produção de volumoso de milho, para servir de alimento a bovinos, na época da seca, com custo de produção mais baixo do que o de pastagens convencionais e com valor nutritivo alto, principalmente em proteínas, devido à fase em que as plantas são colhidas e disponibilizadas para a alimentação dos animais.

Para forragem hidropônica, geralmente são utilizadas plantas de crescimento acelerado, com ciclo curto de produção e elevado rendimento de fitomassa fresca, possuindo pouco conteúdo de fibras, alto teor protéico, boa digestibilidade, com grande quantidade de aminoácidos livres, que são facilmente aproveitados pelos animais (Fao, 2001; Sandia, 2001, Santos et al., 2004). Em vários países, inclusive no Brasil, principalmente nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, as produções de forragem em hidroponia vêm sendo utilizadas para suplementação da dieta animal (Henriques, 2000; Santos, 2000; Fao, 2001). É destinada para a alimentação de vacas leiteiras, cavalos, ovinos, caprinos, coelhos, aves e outras espécies (Fao, 2001). De acordo com Henriques (2000), a forragem hidropônica apresenta excelentes características de composição bromatológica. Assim, o seu uso

na alimentação animal pode proporcionar bons resultados para a produção de leite e carne.

A forragem hidropônica é o resultado de um processo de germinação de sementes de cereais (cevada, milho, trigo, aveia e outras espécies), que se desenvolvem em período de 10 a 15 dias, captando energia do sol e assimilando os minerais contidos em uma solução nutritiva. Essa forragem possui excelente qualidade, quando administrada aos rebanhos em sua totalidade (sementes, folhas, caules, raiz e substrato). Geralmente, constitui dieta completa de carboidratos, açúcares, proteínas, minerais e vitaminas. Seu aspecto, sabor, cor e textura conferem grande palatabilidade aumentando a assimilação de outros alimentos (Fao, 2001; Olivas, 2007).

O método hidropônico consiste em uma fonte alternativa que possibilita ao produtor, de forma prática e econômica, o cultivo de gramíneas e/ou leguminosas para obtenção de forragem, o ano todo. Entretanto, informações mais exatas são escassas quanto à qualidade de forragens hidropônicas de milho crescido em diferentes substratos e soluções nutritivas. A obtenção dessas informações é importante, pois a utilização de forragem hidropônica de alta qualidade permitirá ao produtor, especialmente aquele que dispõe de pequenas áreas, manter e aumentar a produtividade de seus rebanhos, independentemente das variações climáticas sazonais, resultando em maior estabilidade da produção (Zorzan, 1996).

Além dos fatores nutricionais, também é interessante considerar os fatores econômicos. Conforme Portela et al. (2002), os produtores que conseguem produzir mais no inverno recebem remuneração maior pelo produto no decorrer do ano, o que possibilita reinvestirem na atividade. Ao contrário, os produtores em descapitalização tendem a limitar-se à manutenção das condições em que vêm sobrevivendo.

A utilização de substratos e solução nutritiva mais baratos e de fácil acesso aos produtores é fundamental para que a hidroponia de forragens seja economicamente viável. Em regiões produtoras de cana, usinas de produção de açúcar e álcool, produzem grande quantidade de vinhoto, também chamado de vinhaça. Esse resíduo é utilizado na fertirrigação dos canaviais, desde o fim da década de 70. Para cada litro de álcool produzido, são gerados de 10 a 13 litros de vinhoto, sendo que a safra de cana corresponde aos meses de seca, justamente quando há alta de preços dos produtos para alimentação dos rebanhos. O bagaço de cana também é resíduo de usinas que industrializam a cana-de-açúcar. É utilizado para produção de energia nas caldeiras da própria usina. Entretanto, em caldeiras eficientes, geralmente o consumo de bagaço é menor do que é produzido na moagem da cana, de forma que há excesso desse material, que é acumulado nos pátios das usinas

O objetivo deste trabalho é avaliar a produtividade e o teor de proteína da forragem

de milho hidropônico, cultivado sobre bagaço de cana-de-açúcar, identificando a quantidade adequada de sementes, a data ideal de colheita e a possibilidade de utilização do vinhoto como solução nutritiva.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de 14 agosto a 2 de setembro de 2007, em casa-de-vegetação, na Unidade de Apoio à Pesquisa, no Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (CCTA-UENF), Campos dos Goytacazes-RJ (21°45' S de latitude e 41°20' W de longitude e altitude média de 11,0 m). O clima da região, segundo a classificação de Koepen (30), é tropical de bosque, quente e úmido, com período seco, no inverno, e chuvoso, no verão (Oliveira, 1996).

A instalação consistiu em casa-de-vegetação tipo estufa, coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD), ambiente controlado quanto à radiação solar e à precipitação.

Adotou-se o esquema fatorial 5x2x2, com densidades de semeadura de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 kg m<sup>-2</sup> de milho; 6 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de solução nutritiva, sendo uma descrita pela FAO e a outra, o vinhoto diluído, e colheita aos 10 e 20 dias após a semeadura. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições.

Utilizou-se o bagaço de cana-de-açúcar como substrato. Este foi pesado e espalhado uniformemente sobre lona de plástico, em uma camada de 2 cm antes e mais 2 cm depois da semeadura, tendo sido umedecido antes da semeadura e após. Cada unidade experimental constou de um quadrado de 0,5 por 0,5 m de bagaço de cana e altura final de 4 cm.

Para a semeadura, foram utilizadas sementes de milho híbrido UENF 506-8. As sementes de milho utilizadas apresentaram poder germinativo de 96,5% e grau de pureza de 99,9% e não foram submetidas a nenhum tratamento químico. Para acelerar o processo germinativo, as sementes foram submetidas a hidratação, sendo embebidas em água durante 24 horas, antes da semeadura. Nos três primeiros dias após a semeadura, os canteiros receberam apenas água (6 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>). A partir do quarto dia, teve início a utilização de seis litros de solução nutritiva por m<sup>2</sup>, uma vez ao dia, ocorrendo mais uma irrigação por dia só com água (6 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>).

A composição dos ingredientes da solução nutritiva, descrita em Oficina Regional de La FAO para América Latina y el Caribe, Manual Técnico (Fao, 2001), constituiu de duas soluções concentradas, em g L<sup>-1</sup> (Tabela 1): solução concentrada A: fosfato mono amônio 34; nitrato de cálcio 208; nitrato de potássio 110, solução concentrada B: sulfato de magnésio 61,5; sulfato de cobre 0,06; sulfato de manganês 0,31; sulfato de zinco

**TABELA 1** – Teor de nutrientes no sal utilizado na solução nutritiva.

<b>Sal mineral</b>	<b>Quantidade (g)</b>	<b>Nutriente Principal</b>	<b>Teor do nutriente (mg g<sup>-1</sup>)</b>
Fosfato mono Amônio	34	P	7,60
Nitrato de Cálcio	208	Ca	42,27
Nitrato de Potássio	110	K	35,31
Sulfato de Magnésio	61,5	Mg	10,31
Sulfato de Cobre	0,06	Cu	0,02
Sulfato de Manganês	0,31	Mn	0,09
Sulfato de Zinco	0,15	Zn	0,036
Ácido Bórico	0,775	B	0,11
Molibdato de Amônio	0,0025	Mo	0,0011
Quelato de Ferro	6,25	Fe	1,04
---	---	S*	14,27
---	---	N*	45,54

Fonte: Adaptado de FAO. Forraje Verde Hidropônico. 2001. (\*) Soma das parciais dos sais que contêm esse elemento.

0,15; ácido bórico 0,775; molibdato de amônio 0,0025; quelato de ferro 6,25. Utilizou-se, nas fertirrigações, 0,83 mL da solução A e 0,83 mL da solução B, completando-se o volume com água, para um litro.

A vinhaça foi proveniente da Usina Paraíso (Tocos – Campos dos Goytacazes-RJ). Em análise realizada pelo Centro de Análises da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Campus Dr. Leonel Miranda, constitui, em mg L<sup>-1</sup>, de: N = 360; P = 140; K = 3.170; Ca = 1.290; Mg = 500; Fe = 30; Cu = 1,0; Zn = 2,0; Mn = 6,0 e pH 5,4. Para as fertirrigações, a vinhaça foi diluída na proporção de 1: 10, em água.

A colheita do material (plantas de milho e bagaço) foi iniciada pela manhã do 10° e do 20° dia após a semeadura. No último dia de cada ciclo, não foi utilizada nenhuma irrigação ou fertirrigação.

Foram coletadas dez plantas ao acaso de cada unidade experimental realizando-se medições individuais de altura de planta e comprimento da raiz.

Para determinação da matéria fresca e seca da forragem, foi realizada amostragem, utilizando-se um anel com 20 cm de diâmetro e bordos cortantes, que foi inserido no centro de cada unidade experimental, descartando-se as extremidades externas.

As amostras foram homogeneizadas e acondicionadas em sacos de papel, as quais foram devidamente identificadas e pesadas, para obtenção da matéria fresca.

Após obter o peso da matéria fresca, as amostras ficaram em estufa, a 55 °C, com ventilação forçada, por, inicialmente, 144 horas. A seguir, foram retiradas para pesagem depois que atingiram a temperatura ambiente. Após a pesagem, as amostras foram moídas em um moinho com rotor de facas, utilizando-se peneira com aberturas de 1 mm.

Após a moagem, as amostras foram acondicionadas em sacos de plástico, para evitar umidade e contaminação.

A proteína bruta (PB) foi determinada segundo os métodos oficiais reconhecidos pelo Ministério da Agricultura e seguindo metodologia da “Association of Official Analytical Chemists”. O método utilizado foi o proposto por Kjeldahl, na Dinamarca, em 1883, no qual se determina o N orgânico total, ou seja, N proteico e não proteico orgânico. Para converter o nitrogênio medido para proteína, multiplicou-se o conteúdo de nitrogênio por 6,25 (Silva e Queiroz, 2004).

### Resultados e Discussão

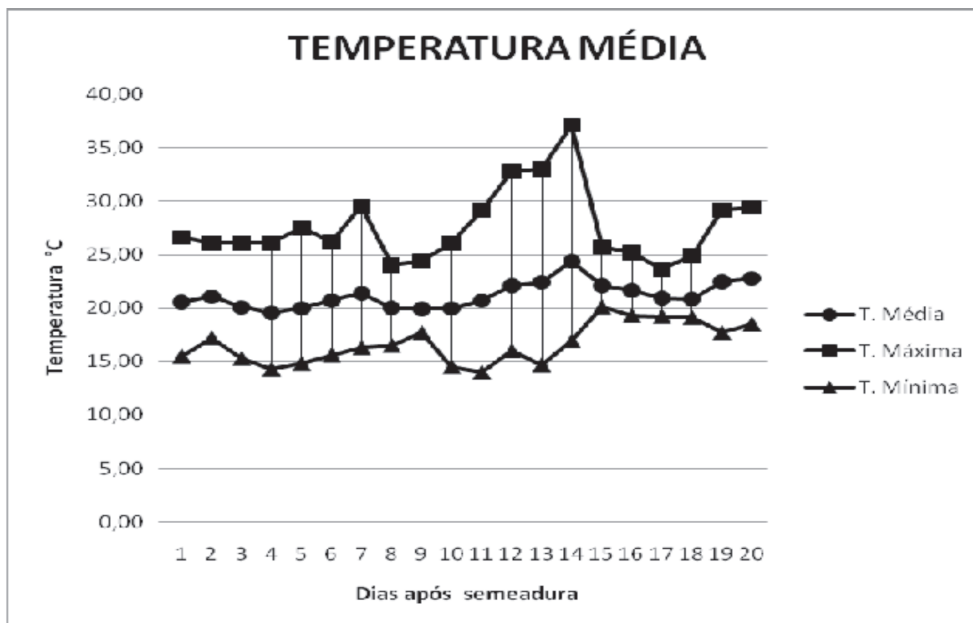
Analisando os dados obtidos de comprimento de raízes, entre as densidades de semeadura avaliadas com solução nutritiva, as densidades de 1,5 e 2,5 kg m<sup>-2</sup> apresentaram menor média em relação às

demais. Entretanto, utilizando-se vinhoto, não houve efeito significativo (P>0,05) da densidade de semeadura. (Tabela 2). Quanto a essa característica, ao comparar-se o efeito das soluções dentro de cada densidade de semeadura, verificou-se que, nas densidades de 1,5 e 2,5 kg m<sup>-2</sup> de sementes de milho, não houve diferença significativa entre vinhoto e solução nutritiva. Já nas demais densidades, a solução nutritiva proporcionou, em média, raízes 5,9 cm maiores que as obtidas em vinhoto.

Não houve diferença significativa (P>0,05) para altura de plantas, utilizando solução nutritiva; entretanto, para o vinhoto, as densidades de 1,5 e 2,0 kg m<sup>-2</sup> foram as que apresentaram plantas de milho com maior estatura (Tabela 2).

Esses resultados podem ser atribuídos à maior estatura que as plantas de milho naturalmente apresentam quando em hidroponia e em altas densidades; por esta razão, torna-se importante opção para o cultivo em sistema hidropônico. Além disso, a temperatura média do ar pode ter influenciado no crescimento mais acelerado do milho (Figura 1), uma vez que essa cultura tem sua temperatura ótima para crescimento e fotossíntese próxima a 30° C.

Analisando os valores de altura de milho (Tabela 2), verifica-se similaridade em relação aos observados por alguns autores. Pereira *et al.* (2003) verificaram valores de 21 cm para o milho fertirrigado produzido com substrato de



**FIGURA 1** – Variação diária da temperatura máxima (T. máx), mínima (T. mín) e média (T. méd) do ar durante o cultivo de forragem hidropônica, de 14 agosto a 2 de setembro de 2007, em Campos dos Goytacazes – RJ.

casca de arroz, porém coletado aos 22 dias. De acordo com Sandia (2001), o milho e a cevada hidropônica alcançam 25 cm de altura entre 8 e 12 dias. Já conforme Fao (2001), a forragem hidropônica alcança aproximadamente 20 a 30 cm de altura, dependendo do período de crescimento.

O comprimento das raízes foi em média 1,7 vez maior aos 20 dias, comparado com as raízes aos dez dias; entretanto, aos dez dias, as densidades maiores apresentaram plantas com maiores comprimentos radiculares, enquanto, aos 20 dias, ocorreu o inverso, as densidades maiores apresentaram plantas com raízes menores (Tabela 3). Certamente, aos 20 dias, as densidades maiores proporcionaram situação

de maior competição entre as plantas, o que resultou em decréscimo da taxa de crescimento radicular, em comparação às densidades populacionais menores.

A densidade de semeadura interferiu no teor de proteína bruta da forragem hidropônica de milho, com acréscimo a partir de 1,0 kg m<sup>-2</sup> (Tabela 3). Em média, as densidades de semeadura de 1,0 a 2,5 kg m<sup>-2</sup> de milho resultaram em 11,88% de proteína bruta, diferindo da densidade de 0,5 kg m<sup>-2</sup>, que resultou em teor significativamente menor (Tabela 3).

Comparando valores de forragens hidropônicas em relação à proteína bruta, Müller et al. (2005) verificaram que o milho



**TABELA 2** – Médias de comprimentos de raízes e parte aérea de plantas de milho, das duas épocas de colheita, cultivado em bagaço de cana-de-açúcar, com solução nutritiva ou vinhoto, com diferentes densidades de semeadura.

Densidade de sementes de milho (kg m <sup>-2</sup> )	Solução nutritiva	Vinhoto
	Comprimento das raízes (cm)	
0,5	25,32 Aa	17,23 Ab
1,0	24,74 Aa	20,09 Ab
1,5	20,01 Ba	21,34 Aa
2,0	24,13 Aa	19,04 Ab
2,5	19,94 Ba	19,73 Aa
Comprimento da parte aérea (cm)		
0,5	27,57 Aa	25,99 Ba
1,0	26,63 Aa	26,27 Ba
1,5	25,91 Aa	27,92 Aa
2,0	27,24 Aa	29,17 Aa
2,5	28,72 Aa	26,31 Bb

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna, e minúsculas, na linha, não diferem entre si, pelo Teste de Scott-Knott e de F, respectivamente, em nível de 5% de probabilidade.

apresentou maior teor (18,26 %), em relação ao milheto (12,79 %) e ao arroz (8,15 %), os quais também diferiram entre si. O teor de proteína depende muito do substrato, pois este também é analisado conjuntamente com a planta cultivada em hidroponia.

Os valores encontrados na literatura são semelhantes aos relatados neste trabalho, sendo que os valores observados por Balieiro *et al.* (2000) foram de 11,73 % de PB, para o milho hidropônico produzido em substrato de capim-elefante picado. Já Pereira *et al.* (2003) observaram valores de 13,04; 13,01 e 10,71 %

de PB, para o milho fertirrigado produzido com substrato de casca de arroz, capim-elefante e esterco bovino, respectivamente, e Pilau *et al.* (2004), trabalhando com milho hidropônico produzido em duas densidades, 2 e 3 kg m<sup>-2</sup>, observaram valores de 15,80 e 15,22 % de PB.

Já Silva e Moreno (1994) encontraram, para a forragem de milho colhido aos 11 dias, 15,08% de proteína bruta. Em estudos realizados na Universidade Nacional Agraria La Molina, com milho cultivado tradicionalmente, o teor de proteína bruta obtido foi 12,17%. A composição química do milho, com diferentes



alturas de plântulas, 6, 12 e 18 cm, foi 11,47, 14,18 e 15,22 % de proteína, respectivamente (Perez, 1995).

Quanto ao peso da matéria fresca (PMF), a forragem de milho colhido aos dez dias e fertirrigado com solução nutritiva não sofreu efeito significativo das densidades de semeadura (Tabela 4). Entretanto, na colheita realizada aos 20 dias, o menor peso ocorreu na densidade de 0,5 kg m<sup>-2</sup> de sementes, aumentando nas densidades de

1,0 e 1,5 kg m<sup>-2</sup>, diminuindo quando se utilizou 2,0 kg m<sup>-2</sup> e novamente aumentando com 2,5 kg m<sup>-2</sup>. Este comportamento, possivelmente, está relacionado à população aquém da ótima, quando se utilizou 0,5 kg m<sup>-2</sup>, certamente, havendo disponibilidade de nutrientes superior à demanda. Nas densidades 1,0 e 1,5 kg m<sup>-2</sup>, as populações de plantas resultaram em demanda de nutrientes que possibilitou PMF máximo; entretanto, o decréscimo ocorrido quando a densidade aumentou para 2,0 kg m<sup>-2</sup>, certamente

**TABELA 3** – Médias de comprimento das raízes de milho, nas duas soluções, com colheitas aos dez e 20 dias após a emergência e médias do teor de proteína do bagaço de cana-de-açúcar e plantas de milho, com diferentes densidades de semeadura.

Densidade de sementes de milho (kg m <sup>-2</sup> )	10 dias	20 dias
	Comprimento das raízes (cm)	
0,5	14,78 Bb	27,77 Aa
1,0	14,38 Bb	30,45 Aa
1,5	14,76 Bb	26,59 Ba
2,0	17,74 Ab	25,43 Ba
2,5	16,70 Ab	22,97 Ca
	Teor de proteína bruta plantas de milho mais bagaço de cana de açúcar (%)	
0,5	8,68 B	
1,0	11,64 A	
1,5	11,40 A	
2,0	12,00 A	
2,5	12,50 A	

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna, e minúsculas, na linha, não diferem entre si, pelo Teste de Scott-Knott e de F, respectivamente, em nível de 5% de probabilidade.

é devido à competição entre as plantas, que desenvolveram-se menos que nas populações imediatamente inferiores. O acréscimo ocorrido na densidade de 2,5 kg m<sup>-2</sup> talvez seja devido ao simples aumento do peso total promovido pela maior quantidade de sementes por m<sup>2</sup>, proporcionando incremento no PMF.

Ainda quanto ao PMF, a forragem de milho colhido aos dez dias e fertirrigado com vinhoto apresentou decréscimo na densidade de 1,0 kg m<sup>-2</sup>, enquanto as demais densidades

resultaram em PMF superior (Tabela 4). Esse decréscimo somente quando se utilizou 1,0 kg m<sup>-2</sup> não apresenta uma explicação plausível; entretanto, aos 20 dias, os maiores PMF foram obtidos com densidades de 2,0 e 2,5 kg m<sup>-2</sup> de sementes de milho (Tabela 4). Dessa forma, 2,0 kg m<sup>-2</sup> de sementes já são suficientes para resultar em máximo PMF, enquanto, na densidade de 2,5 kg m<sup>-2</sup>, possivelmente ocorreu competição entre as plantas, mas o acréscimo de 0,5 kg m<sup>-2</sup> de sementes manteve

**TABELA 4** – Pesos da matéria fresca e seca do bagaço de cana-de-açúcar e plantas de milho, aos dez e 20 dias após a emergência, cultivadas com solução nutritiva ou vinhoto, com diferentes densidades de semeadura.

Densidade de sementes de milho (kg m <sup>-2</sup> )	Solução nutritiva		Vinhoto	
	10 dias	20 dias	10 dias	20 dias
Peso da matéria fresca (kg m <sup>-2</sup> )				
0,5	17,51 Aax	19,64 Cax	18,08 Abx	27,07 Bay
1,0	20,80 Aby	31,64 Aax	12,91 Bbx	27,90 Bax
1,5	21,65 Abx	34,41 Aay	19,57 Abx	26,96 Bax
2,0	20,95 Abx	26,28 Bax	22,71 Abx	34,02 Aay
2,5	19,42 Abx	36,85 Aay	21,50 Abx	31,02 Aax
Peso da matéria seca (kg m <sup>-2</sup> )				
0,5	2,89 Aax	2,43 Bax	2,68 Cax	2,92 Bax
1,0	3,22 Aay	2,79 Bax	2,33 Cax	2,68 Bax
1,5	3,60 Aax	3,20 Aay	3,47 Bax	2,70 Bbx
2,0	3,45 Aax	2,63 Bbx	3,42 Bax	3,54 Aay
2,5	3,30 Aax	3,49 Aax	4,36 Aay	3,07 Bbx

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott e as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na linha, comparando épocas dentro de uma mesma solução ou coincidindo o x para comparar soluções dentro de uma mesma época, não diferem entre si, pelo Teste F, em nível de 5% de probabilidade.

o PMF semelhante ao obtido pela densidade de 2,0 kg m<sup>-2</sup> de sementes.

Müller (2003) verificou 14,0 kg m<sup>-2</sup> de PMF para o milho hidropônico, aos 14 dias de cultivo, inferior aos valores obtidos (Tabela 4) aos dez dias, para a média das densidades e soluções.

Quanto ao peso da matéria seca (PMS), de forma semelhante ao ocorrido com o PMF, a forragem de milho colhido aos dez dias e fertirrigado com solução nutritiva não sofreu efeito significativo das densidades de semeadura (Tabela 4).

Entretanto, na colheita realizada aos 20 dias, as respostas às densidades 1,5; 2,0 e 2,5 kg m<sup>-2</sup> confirmam o observado para PMF, em que os pesos foram maiores nas densidades 1,5 e 2,5 kg m<sup>-2</sup> e menor na densidade de 2,0 kg m<sup>-2</sup>. Assim, como comentado para PMF, na densidade de 1,5 kg m<sup>-2</sup>, a população de plantas resultou em demanda de nutrientes que possibilitou PMS máximo; entretanto, o decréscimo com 2,0 kg m<sup>-2</sup> certamente é devido à competição entre as plantas, que se desenvolveram menos. O incremento ocorrido na densidade de 2,5 kg m<sup>-2</sup> possivelmente é devido ao aumento do peso promovido pelo acréscimo na quantidade de sementes acrescidas por m<sup>2</sup>.

Quando se utilizou o vinhoto, as maiores densidades de semeadura proporcionaram

maiores PMS, na colheita realizada aos dez dias. Entretanto, não diferiram estatisticamente as densidades 0,5 e 1,0 kg m<sup>-2</sup>, assim como 1,5 e 2,0 kg m<sup>-2</sup> (Tabela 4). Já aos 20 dias, as densidades de 0,5 até 1,5 kg m<sup>-2</sup> não diferiram entre si, enquanto 2,0 kg m<sup>-2</sup> foi a que apresentou o maior valor de PMS, decrescendo a seguir, devido ao aumento para 2,5 kg m<sup>-2</sup> (Tabela 4).

Os valores de PMS encontrados foram inferiores aos relatados por Sandia (2001), o qual cita que as forragens hidropônicas apresentam em média 17,77 % de matéria seca. No entanto, os valores encontrados por outros autores são similares aos observados neste trabalho.

Conforme Fao (2001), para o cultivo de forragem hidropônica, a densidade de semeadura ótima está entre 2,2 e 3,4 kg m<sup>-2</sup>. Entretanto, Pilau et al. (2004), ao avaliarem as densidades de semeadura 2,0 e 3,0 kg m<sup>-2</sup> na produção de forragem hidropônica de milho, não observaram diferenças significativas na produção de fitomassa seca, teor de proteína bruta e fibra bruta.

Amorim et al. (2001) observaram, na produção de forragem hidropônica de milho com densidades de semeadura de 1,0 e 2,0 kg m<sup>-2</sup>, maior produção de fitomassa seca e proteína bruta para densidade de 2,0 kg m<sup>-2</sup>. Henriques (2000) relata que, na produção de forragem hidropônica, colheitas precoces podem resultar

em baixo rendimento por área. Entretanto, colheitas tardias podem acarretar grande competição entre plantas e perda de qualidade nutricional e sob condições favoráveis, essa deverá ser feita entre 16 e 20 dias.

Já Sandia (2001) menciona que o período de crescimento da forragem hidropônica deve compreender entre oito e 12 dias. Fao (2001) cita que a colheita da forragem hidropônica deve ser realizada entre dez e 12 dias, pois, a partir desse período, se inicia intenso processo de perda de qualidade nutricional, mas, em certos casos, por estratégia, pode ser realizada aos 14-15 dias. Como o uso de forragem hidropônica de milho se apresenta como uma alternativa econômica segura e viável, melhorando sua palatabilidade, segundo Flores *et al.* (2004), pode ser utilizada na nutrição de ruminantes e não-ruminantes.

Pereira *et al.* (2003) verificaram valores de 22,50, 21,73 e 18,51% de matéria seca, para o milho fertirrigado produzido com substrato de casca de arroz, capim-elefante e esterco bovino, respectivamente. Pilau *et al.* (2004), trabalhando com milho hidropônico produzido em duas densidades, 2 e 3 kg m<sup>-2</sup>, observaram valores de 22,45 e 18,81% de matéria seca. Henriques (2000) cita ainda que o milho hidropônico colhido entre 16 e 20 dias, em sistema de produção a céu aberto, possui cerca de 20,4 % de matéria seca.

## Conclusões

Para comprimento de raízes, nas densidades de 1,5 e 2,5 kg m<sup>-2</sup> de sementes de milho, não houve diferença significativa entre vinhoto e solução nutritiva. Já nas demais densidades, a solução nutritiva proporcionou, em média, raízes 5,9 cm maiores que as obtidas em vinhoto.

Não houve efeito significativo de quantidade de sementes por metro quadrado sobre a altura de plantas, utilizando solução nutritiva. Entretanto, para o vinhoto, as densidades de 1,5 e 2,0 kg m<sup>-2</sup> foram as que apresentaram plantas de milho com maior estatura.

A densidade de semeadura interferiu no teor de proteína bruta da forragem hidropônica de milho, com acréscimo a partir de 1,0 kg m<sup>-2</sup>. Em média, as densidades de semeadura de 1,0 a 2,5 kg m<sup>-2</sup> de milho resultaram em 11,88 % de proteína bruta, diferindo da densidade de 0,5 kg m<sup>-2</sup>, que resultou em teor significativamente menor.

Utilizando-se vinhoto e com colheita aos 20 dias, os maiores pesos da matéria fresca foram obtidos com densidades de 2,0 e 2,5 kg m<sup>-2</sup> de sementes de milho. Desta forma, 2,0 kg m<sup>-2</sup> de sementes já são suficientes para resultar em máxima produção de matéria fresca.

Quando se utilizou o vinhoto, os maiores pesos da matéria seca foram obtidos com 2,5 e 2,0 kg m<sup>-2</sup> de sementes, aos dez e 20 dias após a semeadura, respectivamente.

### Agradecimentos

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, à Faperj e à Usina Paraíso.

### Literatura Citada

- AMORIM, A. C. ; RESENDE, K.T. ; MEDEIROS, A. N. ; RIBEIRO, S. D. A. ; ARAUJO, J. A. C. Composição bromatológica e degradabilidade in situ da planta de milho (*Zea Mays*) produzida por hidroponia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. CD- ROM.
- BALIEIRO, G.; FERREIRA, J. J.; VIANA, A. C.; RESENDE, M. M.; CRUZ, J. C. Produção de forragem hidropônica de milho com diferentes substratos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.
- FAGIOLI, M. . Alternativa de alimentação na seca para diversos animais. *Jornal do Pontal*, Ituiutaba-MG, p. 14, 20 set. 2006.
- FAO. Oficina Regional para America Latina y el Caribe. **Forraje verde hidropônico**: manual tecnico. Santiago, 2001. 79 p..
- FLORES, Z.; URDANETA, G.; MONTES, J. Densidad de siembra de maíz (*Zea mays*) para producción de forraje verde hidropónico. In: CONGRESO VENEZOELANO DE PRODUCCIÓN E INDUSTRIA ANIMAL, 12., 2004, Maracay. **Memorias...** p. 136.
- HENRIQUES, E. R. **Manual de produção-forragem hidropônica de milho**. Uberaba: FAZU, 2000. 15 p.
- MÜLLER, L. **Produção de forragem hidropônica e o seu uso na alimentação animal**. 2003. 60 f. Monografia (Estágio Supervisionado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- MÜLLER, L.; SOUZA, O. DOS S.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; HAUT, V.; DOURADO NETO, D.; MENEZES, H. L. DE; GARCIA, D. C. Forragem hidropônica de milho: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idade de colheita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p.1094-1099, 2005.
- OLIVAS H. T. **Producción de forraje verde hidropónico en Arequipa – Perú**. Disponível em: <http://www.forrajehidroponico.com/ques.htm>. Acesso em: 23 abr.2007.
- OLIVEIRA, V. P. S. **Avaliação do sistema de irrigação por sulco da Fazenda do Alto em Campos dos Goytacazes-RJ**. 1996. 95 f. Tese

(Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.

PEREIRA, R. C. et al. Produção de milho fertirrigado em diferentes tipos de substratos. in: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. CD-ROM.

PEREZ, M. **Producción de forraje em base a germinados de cebada (*Hordeum vulgare*) e maíz (*Zea mays*)**. 1994. Tesis (Magister Scientiae en Producción Animal) – Escuela de Postgrado. Universidad Nacional Agraria la Molina.

PILAU, F. G. et al. Produção hidropônica de forragem em túnel plástico. **Revista Norte**. Rolim de Moura, v. 7, p.11-119, 2004.

PORTELA, N. J. et al. Análise Econômica de Sistemas de Produção com Bovinos de Leite da Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 855-861, 2002.

SANDIA. Nacional Laboratorios para New México y el Caribe. **Produccion de forraje verde hidropônico**. Disponível em: <http://www.sandia.gov/water/usmbpress/gallegosagricultura.pdf>. Acesso em: 31 maio 2007.

SANTOS O. S.; MÜLLER, L.; PIRES, C. C.; TONETTO, C. J.; MEDEIROS, S. L. P.; FRESCURA, R. B. M.; V. HAUT, V. **Produção de forragem hidropônica de cevada e milho e seu uso na alimentação de cordeiros**. Santa Maria: UFSM-CCR, 2004. 8 p. (UTSM-CCR. Informe Técnico).

SANTOS, O. S. Produção de forragem hidropônica. In: SANTOS, O. S. **Cultivos sem Solo: Hidroponia**. Santa Maria: UFSM-CCR, 2000. p. 94-98. (UFSM-CCR. Caderno Didático, 1).

SILVA, D. S.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. p. 57-75.

SILVA, E.; MORENO, A. Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) e maíz (*Zea mays*) germinado em la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. In: REUNIONES DE LA ASOCIACION PERUANA DE PRODUCCION ANIMAL 1994-2007. **Investigaciones en cuyes: [sumarios]**. Lima: INIA, 2008. p. 26-27. (Serie Informe Técnico).

ZORZAN, M. H. S. **Avaliação da qualidade de forragem hidropônica de centeio, cevada e ervilhaça**. 1996. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.