

Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos¹

Marco Antonio Píccolo², Fábio Cunha Coelho³, Geraldo do Amaral Gravina³,
Cláudio Roberto Marciano³, Otacílio José Passos Rangel⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade da forragem verde hidropônica de milho em diferentes substratos orgânicos e em água residuária de bovinos com diferentes concentrações de nitrogênio. O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (4 x 5) + 4, com três repetições. As soluções nutritivas utilizadas foram: testemunha (solução nutritiva padrão para hidroponia de milho) e água residuária de bovinos, com 0, 25, 50, 75 e 100% de nitrogênio, com volume de aplicação de 4 L m⁻². Os substratos utilizados foram bagaço de cana-de-açúcar, casca de café, capim elefante cv napier e sem substrato. A densidade de semeio foi de 2,5 kg m⁻² de sementes de milho pré-germinadas. A colheita foi realizada 15 dias após a instalação do experimento. Avaliou-se a produção de matéria seca da parte aérea, matéria seca da base (composta por raízes + sementes não germinadas + substrato orgânico) e matéria seca da planta toda. A água residuária de bovinos pode ser utilizada em substituição à solução nutritiva padrão, não havendo necessidade de seu enriquecimento com nitrogênio. Houve efeito significativo dos substratos utilizados na produção de matéria seca da forragem, com destaque para os substratos capim napier e bagaço de cana, que promoveram incrementos na produção de matéria seca da parte aérea.

Palavras-chave: hidroponia, reuso da água, resíduos orgânicos, nitrogênio

ABSTRACT

Production of hydroponic maize forage using organic substrates and cattle wastewater

We evaluated the productivity of hydroponic forage maize produced in different organic substrates, using nutrient solutions prepared with different concentrations of nitrogen in cattle wastewater. The experiment was arranged in a (4 x 5) + 4 factorial randomized block design with 3 repetitions. The nutrient solutions used were: control (standard nutrient solution for hydroponic maize) and cattle wastewater with 0, 25, 50, 75 and 100% of the nitrogen standard nutrient solution with application volume of 4 L m⁻². The substrates used were sugarcane bagasse, coffee husk, elephant grass cv. Napier and without substrate. The seeding density was 2.5 kg m⁻² of pre-germinated maize seeds. Plants were harvested 15 days after the experiment has been set up. We evaluated the dry matter production of shoots, dry matter basis (comprised of roots, non-germinated seeds + organic substrate) and dry matter of the whole plant. Cattle wastewater can be used to replace the standard nutrient solution, with no need for enrichment with nitrogen. Significant effects between the substrates used in the production of forage dry matter, especially for the substrates Napier grass and sugarcane bagasse, which promoted increase in dry matter production of shoots.

Key words: hydroponic, wastewater, organic substrates, nitrogen.

Recebido para publicação em 09/11/2012 e aprovado em 17/04/2013.

¹ Parte da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

² Zootecnista, Doutor. Instituto Federal do Espírito Santo, Rua Principal, s/n, Distrito de Rive, Caixa Postal 47, 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil. marcoapiccolo@gmail.com (autor correspondente).

³ Engenheiros-Agrônomos, Doutores. Centro de Ciências e Tecnologia Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Avenida Alberto Lamego, 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. fcoelho@uenf.br; gravina@uenf.br; marciano@uenf.br

⁴ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Instituto Federal do Espírito Santo, Rua Principal, s/n, Distrito de Rive, Caixa Postal 47, 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil. otaciliorangel@gmail.com

INTRODUÇÃO

A forragem hidropônica é uma tecnologia de produção que se destaca por apresentar vantagens como: ciclo curto, produção contínua fora de época; com menor risco de adversidades meteorológicas, aplicação em qualquer estação do ano, adaptação a várias espécies vegetais, baixo consumo de água, produtividade elevada e dispensa o uso de agrotóxicos e investimentos em maquinário para ensilagem, fenação ou armazenamento (Pate *et al.*, 2005). Além disso, a forragem pode ser administrada aos rebanhos em sua totalidade (sementes, folhas, caules, raiz) e apresenta características de aspecto, sabor, cor e textura que lhe conferem grande palatabilidade, o que favorece o aumento da ingestão de outros alimentos (Campêlo, 2007).

Espinosa *et al.* (2004) observaram, em bovinos, ganhos de peso diário de 1,107 Kg animal⁻¹ dia⁻¹, quando receberam uma dieta composta de 70% de pastagem e 30% de forragem hidropônica de milho, e ganhos de 0,696 Kg animal⁻¹ dia⁻¹, quando alimentados somente com pastagem.

Os substratos utilizados em hidroponia têm por objetivo principal a fixação do sistema radicular, mas, precisam apresentar características importantes, como: baixo custo, disponibilidade na propriedade, pH entre 5,6 e 7,0, baixa concentração de sais, volume estável, capacidade de armazenamento de água e de ar. Cada substrato apresenta características próprias, que devem ser conhecidas, avaliando-se, em cada caso, sua adequação ao sistema e à cultura que se quer produzir (Martinez & Silva Filho, 2006).

A escassez de água no planeta e o aumento da poluição preocupam as populações. A utilização de águas residuárias, que não é um conceito novo (Osburn & Burkhead, 1992; Soares *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2010), há tempos tem ganhado importância com a redução da disponibilidade de recursos hídricos de boa qualidade.

Nos sistemas de exploração leiteira confinada (*free stall* e *tie stall*), em média cada animal produz 48 kg de esterco sólido, que somado à urina e à água utilizada nas lavagens de equipamentos e instalações, pode chegar a um volume gasto de 100 L de água cabeça⁻¹ dia⁻¹. Esta água residuária, que é fonte de poluição ambiental (Wolters & Boerekamp, 1994), em razão de sua alta carga orgânica, associada a teores elevados de nitrogênio, fósforo, cobre, sódio, dentre outros nutrientes, constitui-se num risco de desequilíbrio ecológico, quando lançados, de forma inadequada, ao meio ambiente. Entretanto, as águas residuárias apresentam potencial para serem utilizadas na fertirrigação das culturas agrícolas e em cultivo hidropônico, sendo que dois terços do nitrogênio, um terço do fósforo e 100% do potássio encontram-se na forma mineral nessas águas (FAO, 2006).

No entanto, há falta de dados sobre a possibilidade do uso de águas residuárias de bovinos, na produção de forrageiras em cultivo hidropônico, em períodos de escassez de alimentos, além da necessidade de disponibilizar para os produtores alternativas de baixo custo para destinação dessas águas.

Este estudo teve como objetivo avaliar a produtividade de forragem verde hidropônica de milho (FVHM) produzida em diferentes substratos orgânicos, aplicando-se soluções nutritivas preparadas com diferentes concentrações de nitrogênio em água residuária de bovinos (ARB).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Instituto Federal de Educação do Espírito Santo (IFES) – Campus de Alegre, setor de bovinocultura, situado no município de Alegre, sul do Estado do Espírito Santo, localizado em 20°44'05" S e 41°25'50" e O.

O experimento obedeceu a um arranjo fatorial (4 x 5) + 4, cujos fatores e níveis foram: quatro substratos orgânicos [bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) - (BC); casca de café conilon (*Coffea canephora*) - (CC); capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum cv Napier) - (CN) e; sem substrato - (SS)], cinco soluções de água residuária de bovinos - ARB [(ARB acrescida de 0, 25, 50, 75 e 100% do N da solução nutritiva padrão (SNP)], utilizada para produção de milho hidropônico, mais quatro tratamentos adicionais, com SNP para milho, em cada substrato orgânico. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições.

A unidade experimental foi composta por bandejas de polietileno, com dimensões de 22 x 22 x 4 cm. Os substratos foram dispostos nas unidades experimentais em camadas de 2 cm, recebendo semeadura manual do milho pré-germinado, com densidade de semeio de 2,5 kg de sementes m⁻², sendo, imediatamente, cobertas por outra camada de 2 cm de substrato. Nos tratamentos sem substrato, as sementes foram colocadas no fundo das bandejas, distribuídas de forma homogênea.

Anteriormente à semeadura, as sementes de milho BR 206 – Embrapa foram submetidas a condicionamento osmótico, induzindo-se a pré-germinação. Esse procedimento constituiu-se da imersão das sementes em água, por 24 horas, com posterior drenagem e período de repouso de 24 h, como preconizado por Roversi (2004).

O bagaço de cana-de-açúcar foi obtido após prensagem da cana como etapa preliminar da produção de cachaça artesanal, depois secado ao ar e, posteriormente, picado em ensiladeira (tamanho médio de partícula de 2 cm). A casca de café conilon foi obtida a partir do beneficiamento do café em coco, por via seca, resultando em resíduo for-

mado por casca e pergaminho, acumulado nas propriedades rurais da região. O capim napier foi obtido de área que não sofreu manejo de corte adequado, encontrando-se as plantas com mais de 150 dias de idade, em estado de maturação fisiológica avançado. As plantas foram cortadas manualmente, a 10 cm do solo, e picadas em ensiladeira (tamanho médio de partícula de 2 cm). Antes da instalação do experimento, os substratos foram secados em estufa com ventilação forçada, a 65 °C, até massa constante. Uma amostra de cada substrato foi encaminhada para análise químico-bromatológica, cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

Posteriormente, os substratos receberam volume igual de água tratada da rede urbana, para reidratação, até atingirem capacidade de recipiente, que é, segundo Fermino (2003), a máxima capacidade de retenção de água de um substrato em um determinado recipiente, sob as mesmas condições de saturação e drenagem. O excesso de água foi drenado por 12 h. Finda a drenagem, procedeu-se então à pesagem dos substratos, tomando-se como referência o volume ocupado por 4 cm, nas bandejas experimentais. A massa inicial adicionada a cada unidade experimental, sem as sementes, para casca de café, bagaço de cana-de-açúcar e capim napier foi de 4,34; 2,56 e 2,35 kg m⁻², respectivamente.

Antes do início do experimento, fez-se a instalação de uma estrutura para coleta e armazenamento do efluente oriundo do setor de bovinocultura. A estrutura era composta de duas caixas de polietileno, com capacidade de 1.000 L cada, dispostas em desnível. A primeira caixa visava à separação da parte sólida da líquida por decantação, e, a segunda, ao armazenamento da parte líquida. O efluente coletado era constituído de dejetos de bovinos (fezes e urina), do descarte de leite proveniente do teste de mamite, da água de desinfecção de ordenhadeira mecânica, da água de limpeza das instalações, do derrame de bebedouros e dos restos de alimentação. Essa água coletada foi denominada água residuária de bovinos (ARB).

Uma amostra da ARB foi coletada, acondicionada em vidro esterilizado e enviada ao laboratório de qualidade da água, na Universidade Federal de Viçosa – UFV, para análises física e química (Tabela 2).

Para o armazenamento da ARB, utilizada durante o período experimental, foram usados vasilhames de polietileno, com capacidade para 50 L. A ARB foi acondicionada em vasilhames separados, de acordo com o percentual de N acrescentado, totalizando cinco vasilhames com ARB, mais um para acondicionamento da SNP. Como fonte de N, utilizou-se a ureia p.a. (45% de N). A SNP para cultivo de milho hidropônico foi preparada, seguindo-se as recomendações de Neves (2009), que preconiza o uso dos seguintes produtos, diluídos em 1.000 litros de água: nitrato de cálcio (410 g); nitrato de potássio (360 g); sulfato de magnésio (150 g); monoamônio fosfato (90 g); Fe-EDTA (35 g) e solução concentrada de micronutrientes (20 mL). Para o preparo de 5 L da solução de micronutrientes, foram utilizados: 22 g de bórax; 4,5 g de sulfato de manganês; 9,5 g de sulfato de zinco; 4,0 g de sulfato de cobre e 1,5 g de molibdato de sódio.

O volume aplicado, das diferentes soluções, por unidade experimental, foi de 4 L m⁻² dia⁻¹, divididos em três aplicações diárias. Nas aplicações, utilizaram-se aspersores manuais. As bandejas encontravam-se em nível, sobre estrados de arame galvanizado.

Durante todo período experimental, fez-se o monitoramento do pH, da temperatura e da condutividade elétrica das soluções nutritivas, utilizando-se pHmetro e condutivímetro. O pH das soluções foi corrigido para 5,5 – 6,5 [pH de referência, citado por Neves (2009)], pela aplicação de H₂SO₄ 1 Mol L⁻¹.

Toda forragem, de cada unidade experimental, foi colhida 15 dias após a semeadura, com separação, da parte aérea das plantas de milho, da base (base = raízes + substratos + sementes não germinadas). O material foi acondicionado em sacos de papel e submetido à secagem

Tabela 1. Caracterização químico-bromatológica dos substratos

Substrato	pH	CE (dS/m)	N-total	C	C/N	DIVMS	PB	FDA	FDN	LIG
	água 1:5		%					%		
BC	4,1	0,25	0,4	44	110	34,39	2,3	56,8	82,1	10,5
CC	6,0	4,0	1,8	45	25	19,96	10,3	55,9	67,4	26,8
CN	5,2	2,5	0,8	43	54	33,46	5,8	53,3	75,5	12,2
	K	N amônio	N nitrato	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca	Mg	
	mg kg ⁻¹									
BC	8812	253	270	160	8	30	13	3750	165	
CC	7875	1510	75	155	13	34	13	1057	-	
CN	6750	2015	200	166	11	45	14	3560	562	

pH= potencial hidrogeniônico; CE= condutividade elétrica; N-total= nitrogênio total; C= carbono; C/N= relação carbono/nitrogênio; DIVMS= digestibilidade in vitro na matéria seca; PB=proteína bruta; FDA= fibra em detergente ácido; FDN= fibra em detergente neutro; LIG=lignina; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CC = casca de café; CN = capim Napier.

em estufa de ventilação forçada, a 65 °C, até massa constante. Depois de secado, o material foi pesado obtendo-se, assim, a matéria seca das diferentes partes da forragem. As características avaliadas foram: produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e produção de matéria seca da base (MSBA), de acordo com metodologia descrita por Silva & Queiroz (2009). Após a obtenção dos dados de MSPA e MSBA, foi calculada a matéria seca da planta toda (MSPT=MSPA+MSBA).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o aplicativo computacional SAEG (2009). As médias dos contrastes ortogonais foram testadas, aplicando-se o teste F ($p < 0,001$ e $p < 0,05$), com o que se verificou o efeito dos substratos, das soluções nutritivas e suas interações, e dos tratamentos adicionais, sobre os parâmetros avaliados.

Os contrastes ortogonais (C) utilizados para estudar o efeito dos substratos foram: $C_1 = 3SS-BC-CC-CN$, que compara a média dos tratamentos sem substrato vs as médias dos tratamentos com substrato; $C_2 = 2CC-BC-CN$, que compara as médias dos tratamentos com casca de café vs bagaço de cana e capim napier e; $C_3 = BC-CN$, que compara as médias dos tratamentos que receberam bagaço de cana vs capim napier.

Para os tratamentos adicionais, para os quais se comparou a SNP com as concentrações de N (0, 25, 50, 75 e 100% da SNP) na ARB, nos diferentes substratos, foram montados os seguintes contrastes ortogonais: $C_1 = 5$ SNP – Concentrações de ARB no SS; $C_2 = 5$ SNP – Concentrações de ARB no BC; $C_3 = 5$ SNP – Concentrações de ARB no CN; $C_4 = 5$ SNP – Concentrações de ARB no CC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu efeito significativo do substrato ($p < 0,01$) sobre a produção de matéria seca da parte aérea, de matéria seca da base e de matéria seca da planta toda. Entretanto, não foi observado efeito significativo da concentrações de N na ARB, nem houve interação entre concentrações de N na ARB x substratos, para os atributos ava-

liados. Para os tratamentos adicionais, quando se comparou o efeito das soluções [SNP x concentrações de N na ARB (0, 25, 50, 75 e 100% do N da SNP)], houve diferença significativa na produção de MSPA somente no substrato CN. Não houve efeito significativo entre as soluções, para os diferentes substratos, sobre a produção de MSBA e MSPT.

Na análise dos contrastes, para verificar o efeito do fator substrato sobre a produção de MSPA (Figura 1), observa-se a superioridade da presença de substrato (BC, CC e CN) em relação ao tratamento SS, o que destaca a importância do substrato na germinação e crescimento das plantas de milho. Os substratos BC e CN apresentaram melhores resultados em relação aos de CC, não havendo diferença significativa entre eles, indicando que esses substratos reúnem melhores características físico-químicas para a produção da forragem verde hidropônica de milho. De acordo com Martinez & Silva Filho (2006), dentre as características de um bom substrato, a presença de microporos e macroporos é fundamental para o armazenamento de certa quantidade de água e ar, fundamentais ao bom desenvolvimento das plantas.

A ausência de resposta da produção de MSPA da FVHM, à aplicação da ARB enriquecida com diferentes percentuais de N da solução nutritiva padrão, pode estar associada ao período de condução do experimento (apenas 15 dias). De acordo com Alves *et al.* (1999), a maior demanda de N pelo milho ocorre quando as plantas apresentam de seis a oito pares de folhas bem desenvolvidas, o que geralmente ocorre a partir da terceira semana após a emergência das plantas. Experimentos conduzidos por maior período de tempo, utilizando as mesmas concentrações de N na ARB deste trabalho, podem encontrar diferenças significativas para a produção de MSPA da FVHM.

Considerando-se o potencial de produção de matéria seca das forragens tradicionalmente utilizadas na alimentação animal, Alves *et al.* (2001) obtiveram, para a forragem Tifton 85, elevado potencial de produção (24,2 t ha⁻¹

Tabela 2. Caracterização físico-química da água residuária de bovino (ARB), utilizada no experimento

pH	CE	ST	SST	SDT	O&G	COfo	DQO	DBO	Ntotal
	μScm^{-1}				mg L^{-1}				
6,5	1449,7	659	332	337	2	195	412	135	56,7
Ca+Mg	Dureza	Cl	Na	Ptotal	K	N-NO ₃	Fe	Deterg	
mmol L^{-1}	mg L^{-1}	μS			mg L^{-1}				
	CaCO ₃	cm^{-1}							
2	100	<1	15	7,1	20,5	0,064	1,69	0,131	

pH = potencial hidrogeniônico; CE = condutividade elétrica; ST= sólidos totais; SST= sólidos em suspensão totais; SDT= sólidos dissolvidos totais; O&G= óleos e graxas; COfo= carbono orgânico facilmente oxidável; DQO= demanda química de oxigênio; DBO= demanda bioquímica de oxigênio; Ntotal= nitrogênio total; Ptotal= fósforo total; Ca+Mg= cálcio + magnésio; Cl= cloro livre; Na= sódio; K= potássio; N-NO₃= nitrato; Fe= ferro solúvel; Deterg.= detergentes (substâncias reativas ao azul de metileno).

ano⁻¹) de matéria seca, quando adubada com 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N. Carneiro *et al.* (2001), avaliando diferentes cultivares do gênero *Brachiaria* (marandu, xaraés e piatã), verificaram um potencial de produção médio de 15 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca. Neste trabalho, pode-se verificar na Tabela 3, que as médias de produção de MSPA da FVHM, nos substratos BC e CN, refletem um potencial de produção de 2,5 a 3,0 t ha⁻¹ de matéria seca, a cada 15 dias.

Pires *et al.* (2010), estudando o potencial alelopático da casca de café sobre a taxa de crescimento de diversas espécies vegetais, verificaram a promoção do crescimento de plantas de feijão, soja e alface, e redução da taxa de crescimento das plantas de milho e trigo. Esse efeito foi atribuído à presença de um alcaloide aleloquímico, denominado xantina cafeína, o que pode estar relacionado com a baixa produção de MSPA, nos tratamentos contendo o substrato CC.

Em relação aos tratamentos com ausência de substrato (SS), o acúmulo de solução nutritiva junto às sementes, por causa da permanência de todo o volume aplicado nas bandejas experimentais, impediu o desenvolvimento da forragem, acarretando morte das plantas em seu estágio

inicial de crescimento. Segundo Fermino (2003), a presença do substrato provê às raízes de espaço poroso para sua oxigenação, o que é fundamental para o êxito da cultura do milho.

Quando se compara o efeito das soluções nutritivas (SNP e as concentrações de N na ARB), nos diferentes substratos, não houve efeito significativo sobre a produção de MSBA e MSPT, o que atesta o uso da ARB, substituindo a SNP, na produção de FVHM, sem que haja necessidade do seu enriquecimento com nitrogênio.

Quanto à produção de MSPA, somente no tratamento com o substrato CN houve diferença significativa entre as soluções, quando a maior produção de MSPA foi obtida pela aplicação das diferentes concentrações de N na ARB (Figura 2). Nesse substrato, a média dos tratamentos para produção de MSPA foi 0,051 kg m² maior nos tratamentos com ARB, em relação à da SNP. Este fato pode estar relacionado com um efeito isolado, possivelmente físico, do substrato CN, o que proporcionou ambiente ligeiramente favorável para melhor desempenho das diferentes concentrações de ARB, em relação à SNP, sobre a produção de matéria seca da parte aérea.

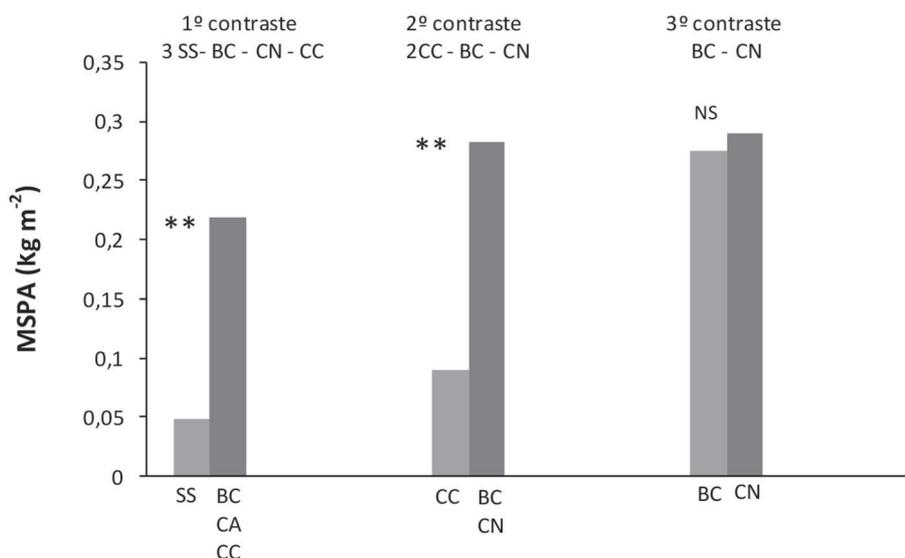


Figura 1. Efeito dos substratos sobre a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) (kg m⁻²) **p < 0,01 NS = não significativo para o teste de F. BC =bagaço de cana-de-açúcar, CC =casca de café, CN = capim napier e SS = sem substrato.

Tabela 3. Produção de matéria seca da parte aérea em kg m⁻², da forragem verde hidropônica de milho nos diferentes substratos e soluções nutritivas

Substratos	Soluções Nutritivas					
	SNP ¹	ARB ² + % de N da SNP				
		0	25	50	75	100
BC	0,29	0,28	0,25	0,28	0,29	0,25
CC	0,08	0,08	0,10	0,09	0,11	0,08
CN	0,25	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30
SS	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04

¹ SNP = solução nutritiva padrão . ² ARB = água residuária de bovino. BC = bagaço de cana-de-açúcar; CC = casca de café; CN = capim napier; SS= sem substrato.

A análise dos contrastes entre as médias dos tratamentos, para MSBA, mostra, no 1º contraste, que o efeito da presença dos substratos é significativamente superior ao do tratamento SS (Figura 3). Verifica-se, no 2º contraste, que, para os tratamentos que receberam o substrato CC, a produção média de MSBA foi significativamente superior à dos tratamentos com BC e CN. Quando se comparam, no 3º contraste, as médias dos tratamentos com os substratos BC e CN, verifica-se superioridade do BC na produção de MSBA. As diferenças entre os substratos estão relacionadas com o seu peso inicial, respectivamente, 4,34; 2,56 e 2,35 kg m⁻², para CC, BC e CN. Na Tabela 4, são apresentados os valores médios de produção de matéria seca da base (MSBA) (raízes + substrato + sementes

não germinadas) da FVHM, nos diferentes substratos, utilizando-se diferentes soluções nutritivas.

O efeito do fator substrato sobre a produção de matéria seca da planta toda (MSPT) é mostrado na Figura 4. Observa-se que a média do primeiro contraste é superior para os tratamentos com substratos. No segundo contraste, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os substratos, tendo a casca de café (CC) apresentado os melhores resultados. Isto se deve ao peso mais elevado deste substrato (4,34 kg m⁻²), uma vez que essa porção contribui de forma significativa na composição da MSPT. Foi verificado, no terceiro contraste, que não houve diferença significativa entre BC e CN ($p < 0,05$).

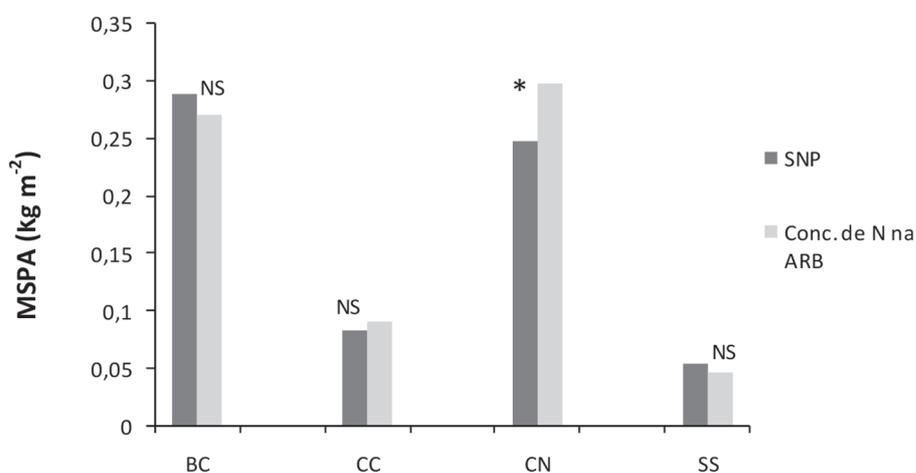


Figura 2. Valores médios da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) nos diferentes substratos e soluções nutritivas [(SNP) e concentrações de N na ARB em relação à SNP (0; 25; 50; 75 e 100%)] * =significativo NS= não significativo para o teste de F $p < 0,05$. BC = bagaço de cana-de-açúcar, CC =casca de café, CN= capim napier e SS= sem substrato.

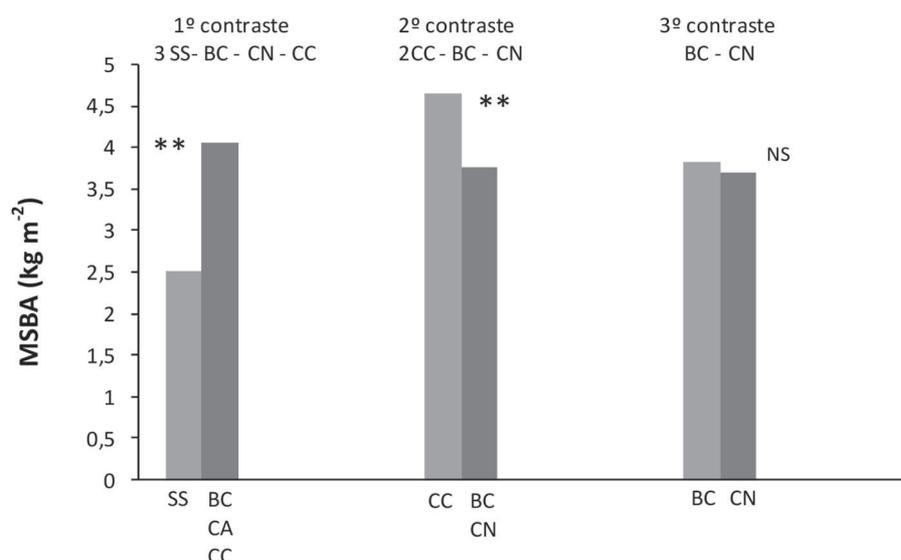


Figura 3. Efeito nos substratos das diferentes soluções (SNP e concentração de N na ARB) sobre a produção de matéria seca da base (MSBA) (Kg m⁻²) ** $p < 0,01$ NS= não significativo para o teste de F. BC =bagaço de cana-de-açúcar, CC =casca de café, CN = capim napier e SS= sem substrato.

Os valores médios da MSPT, Tabela 5, são fortemente influenciados pelos componentes que formam a MSBA (raízes + sementes não germinadas + substrato), principalmente pelo componente substrato, que concorre com proporção elevada na composição da MSPT. Para os tratamentos, contendo BC, CC, CN e SS, a MSBA contribuiu com 93,4; 98,1; 92,7 e 98,4% respectivamente, da massa da MSPT.

Não se pode afirmar que o tratamento contendo o substrato casca de café produza mais forragem, uma vez que a produção de MSPA, nesse substrato, bem como a do tratamento sem substrato, foi mínima. O estudo da composição nutricional da forragem produzida poderá fornecer maiores subsídios, na indicação de qual tratamento será melhor para alimentação animal.

Tabela 4. Produção de matéria seca da base, em kg m⁻², da forragem verde hidropônica de milho nos diferentes substratos e soluções nutritivas

Substratos	Soluções Nutritivas					
	SNP ¹	ARB ² + % de N da SNP				
		0	25	50	75	100
BC	3,73	4,02	3,77	3,77	3,76	3,85
CC	4,78	4,64	4,68	4,72	4,49	4,54
CN	3,84	3,80	3,57	3,66	3,65	3,64
SS	2,51	2,58	2,51	2,52	2,53	2,52

¹ SNP = solução nutritiva padrão; ² ARB = água residuária de bovino. BC = bagaço de cana-de-açúcar; CC = casca de café; CN = capim napier; SS = sem substrato.

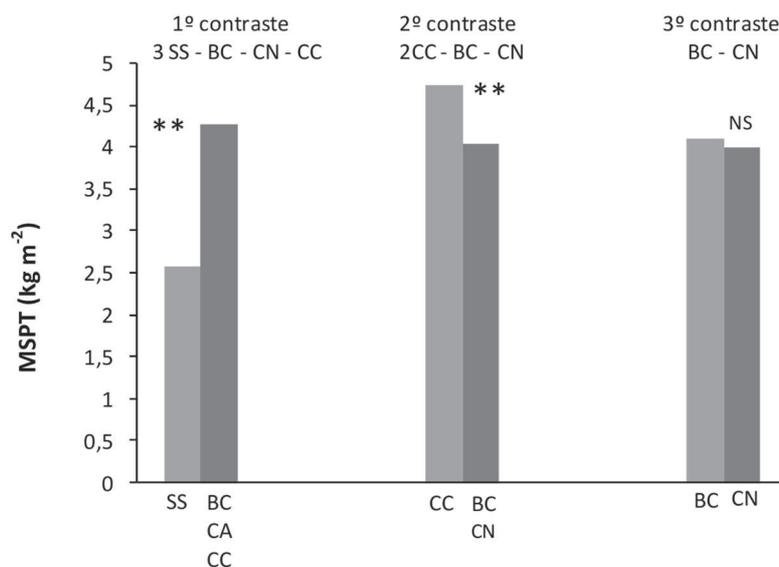


Figura 4. Efeito dos substratos sobre a produção de matéria seca da planta toda (MSPT) (Kg m⁻²) **p < 0,01 NS = não significativo para o teste de F. BC =bagaço de cana-de-açúcar, CC =casca de café, CN = capim napier e SS= sem substrato.

Tabela 5. Produção de matéria seca da planta toda, em kg m⁻², da forragem verde hidropônica de milho nos diferentes substratos e soluções nutritivas

Substratos	Soluções Nutritivas					
	SNP ¹	ARB ² + % de N da SNP				
		0	25	50	75	100
BC	4,02	4,30	4,02	4,05	4,05	4,10
CC	4,86	4,72	4,78	4,81	4,60	4,63
CN	4,09	4,09	3,87	3,97	3,95	3,94
SS	2,56	2,62	2,56	2,58	2,58	2,56

¹ SNP = solução nutritiva padrão. ² ARB = água residuária de bovino. BC =bagaço de cana-de-açúcar; CC =casca de café; CN= capim napier; SS= sem substrato.

CONCLUSÕES

A água residuária de bovinos (ARB) pode ser utilizada em substituição à solução nutritiva padrão na produção da forragem verde hidropônica de milho.

O enriquecimento da ARB com nitrogênio não promove incremento significativo na produção de matéria seca da forragem verde hidropônica de milho.

Há diferenças entre os substratos utilizados, tendo o capim napier e o bagaço de cana apresentado melhores desempenhos no crescimento da parte aérea da forragem verde hidropônica de milho.

REFERÊNCIAS

- Alves MJ, Pereira OG, Cecon PR, Rovetta R, Ribeiro KG & Martins FH (2001) Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim Tifton 85, sob diferentes doses de nitrogênio, colhido ao atingir 30, 40 e 50 cm de altura. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba. Anais, SBZ. p.169-170.
- Alves VMC, Vasconcellos CA, Freire FM, Pitta GVE, França GE de, Rodrigues Filho A, Araújo JM de, Vieira JR & Loureiro JE (1999) Milho. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG & Alvarez VHV Recomendações para o uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa, CFSEMG. p.314-316.
- Carneiro JC, Valentim JF & Wendling IJ (2001) Avaliação de *Brachiaria* spp nas condições edafoclimáticas do Acre. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba. Anais, SBZ. p.162-163.
- Campêlo JEG (2007) Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. Revista Brasileira de Zootecnia, 36:276-281
- Espinosa F, Argenti P, Urdaneta G, Araque C, Fuentes A, Palma J & Bello C (2004) Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropônico en la alimentación de toretes mestizos. Zootecnia Tropical, 22:303-315.
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2006) Forraje verde hidropônico. Santiago, FAO. 73p. (Manual técnico).
- Fermino MH (2003) Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. Tese Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 89p.
- Martinez HEP & Silva Filho JB (2006) Introdução ao cultivo hidropônico de plantas. 3ª ed. Viçosa, Editora UFV. 111p.
- Neves ALA (2009) Cultivo de milho hidropônico para alimentação animal. Viçosa, CPT. 242p.
- Osburn RC & Burkhead CE (1992) Irrigating vegetables with wastewater. Water Environment & Technology, 4:38-43.
- Pate R, Pohl P, Davis J, Campbell J, Szumel L, Berry N, Gupta V, Baynes E, Nakaoka T, Loest C, Waggoner J, Giacomelli G, Jordan J, Aguirre C, Ramos D, Ochoa J & Aguilar J (2005) Assessment of Water Savings Impact of Controlled Environment Agriculture Utilizing Wirelessly Networked - Sense Decide Act Communicate (SDAC) Systems. New Mexico, Sandia National Laboratories, 120p. (Boletim técnico).
- Pires RMO, França AC & Nery MCS (2010) Potencial alelopático de cascas de café no crescimento de plantas. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, Ribeirão Preto. Anais, SBPCD. p.1081-1086.
- Roversi T (2004) Efeito do condicionamento fisiológico sobre o desempenho de sementes para produção de forragem hidropônica. Tese Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 113p.
- SAEG (2009) Sistema para Análises Estatísticas Genéticas, versão 9.1, Viçosa, UFV. 287p.
- Santos NA, Soares TM, Silva EF, Silva DJR, & Montenegro AAA (2010) Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14:961-969.
- Silva DJ & Queiroz AC (2009) Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª ed. Viçosa, UFV. 235p.
- Soares TM, Duarte SN, Silva EFF & Jorge C (2006) Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14:705-714.
- Wolters GMVH & Boerekamp JAM (1994) Reduction of wastewater from cleaning of milking equipment. In: International Dairy Housing Conference. Orlando, American Society of Agricultural Engineers. p.700-703.