

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE MILHO E SORGO CULTIVADOS HIDROPONICAMENTE SEM SUBSTRATO

MÁRCIO JOSÉ DOS SANTOS¹
EGÍDIO BEZERRA NETO¹
ÊNIO FARIAS DE FRANÇA¹
MÉRCIA VIRGINIA FERREIRA DOS SANTOS¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

Autor para correspondência: egidiobn@yahoo.com.br

Resumo: A produção de forragem hidropônica é uma prática zootécnica de grande importância devido à alta produtividade e excelente qualidade nutricional. O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco e teve como objetivo avaliar a produção e a composição bromatológica da forragem hidropônica de milho e sorgo em função de cinco tipos de solução nutritiva: Hoagland e Arnon, Ueda, Neves, FAO e De Paula. Também foram avaliadas a fitomassa fresca e seca da parte aérea, das raízes e total (parte aérea + raízes), teores de resíduo mineral (RM), carboidratos totais não estruturais (CTNE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). O milho apresentou maior produção de fitomassa fresca e seca do que o sorgo. A composição bromatológica do milho e sorgo sofreu influência do tipo de solução nutritiva. O milho apresentou maior teor de RM e PB na parte aérea do que o sorgo, independente da solução nutritiva utilizada. O sorgo apresentou maior teor de CTNE do que o milho na parte aérea e raízes, independente da solução nutritiva. O teor de FDN e FDA, tanto na parte aérea como nas raízes, não diferiu entre as forragens de milho e sorgo, independente da solução nutritiva utilizada.

Termos para indexação: Hidroponia, Sorghum bicolor, Zea mays.

PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF MAIZE AND SORGHUM FORAGE HYDROPONICALLY GROWN WITHOUT SUBSTRATE

Abstract: The hydroponic forage production is a zootechnical practice of great importance due to high productivity and excellent nutritional quality. The experiment was carried out in a greenhouse of the Federal Rural University of Pernambuco, and it aimed to assess the production and chemical composition of hydroponic forage of maize and sorghum grown on different nutrient

solutions: Hoagland and Arnon, Ueda, Neves, FAO and De Paula. It was evaluated the shoot and root fresh weight and dry weight, total plantlet fresh weight and dry weight, and the content of mineral residue (RM), nonstructural total carbohydrates (CTNE), crude protein (PB), neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA). The maize had higher production of fresh weight and weight dry than sorghum. The chemical composition of maize and sorghum was influenced by the type of nutrient solution. The maize had higher RM and PB content in shoots than sorghum, regardless of nutrient solution used. Sorghum showed higher CTNE content than maize in shoots and roots, regardless of nutrient solution. The FDN and FDA, both in shoot and roots did not differ between the forage maize and sorghum, regardless of nutrient solution used.

Index terms: Hydroponics, Sorghum bicolor, Zea mays.

INTRODUÇÃO

O cultivo de forragem hidropônica é uma tecnologia de produção de fitomassa obtida por meio da germinação de sementes viáveis e do crescimento inicial de plantas forrageiras (FAO, 2001). Tal técnica destaca-se por produzir plantas de crescimento acelerado, com ciclo curto de produção, elevado rendimento de fitomassa fresca e excelente qualidade nutricional. E, por se encontrar em fase inicial de formação, contém grandes quantidades de aminoácidos livres, entre outros nutrientes, que são facilmente aproveitados pelos animais (MÜLLER et al., 2005).

No entanto, estas características que a tornam diferenciada dos outros tipos de forragem está diretamente relacionada, dentre outros fatores, à solução nutritiva utilizada no cultivo (ALBUQUERQUE NETO; ALBUQUERQUE, 2008).

Diversas soluções nutritivas já foram propostas na literatura havendo, em alguns casos, diferenças marcantes com relação às concentrações dos nutrientes minerais. No entanto, é comum encontrar na literatura a frase “solução nutritiva de Hoagland modificada”, isto é, fórmula de solução nutritiva derivada da proposta, em 1938, por Hoagland e Arnon (FURLANI et al., 2009). Estes quando utilizaram a solução nutritiva que hoje recebe os seus nomes em seus experimentos, encontraram resultados satisfatórios em várias espécies de plantas (HOAGLAND; ARNON, 1950), tornado assim esta solução uma das mais genéricas, e talvez por isso uma das mais difundidas.

Ao se fazer uso de uma solução nutritiva, um dos parâmetros mais

importante é a concentração dos nutrientes minerais. Pois, a concentração elevada de nutrientes na solução nutritiva dificulta a absorção de água pelas plantas, agravando os efeitos negativos do estresse osmótico sobre o crescimento e a produtividade. Por outro lado, baixas concentrações de nutrientes na solução nutritiva, combinadas com condições ambientais de reduzida demanda evaporativa da atmosfera, diminuem tanto o teor de massa seca como a qualidade da produção (LORENZO et al., 2003). Contudo, ao se fazer uso da solução

nutritiva, deve-se considerar, além da concentração dos nutrientes e os limites de pH, a proporção entre nutrientes para evitar problemas de antagonismo.

Assim, a manutenção de um meio favorável ao desenvolvimento das plantas não envolve apenas a escolha de uma solução apropriada no plantio, mas do controle contínuo desta, o qual determinará a adição de sais, ajuste de pH e substituição periódica de toda a solução (RESH, 2012; ALBUQUERQUE NETO; ALBUQUERQUE, 2008).

Apesar de todo esse conhecimento sobre a influência da solução nutritiva na produção vegetal, atualmente dispõem-se de poucas informações na literatura especializada acerca da influência na produção e qualidade da forragem hidropônica. Principalmente no que concerne ao não uso de substrato no cultivo, pois, este influencia diretamente na produção e qualidade da forragem hidropônica, mascarando assim resultados que podem estar mais próximo do real.

Objetivou-se assim, avaliar a produção e composição bromatológica da forragem hidropônica na ausência de substrato em função da solução nutritiva.

O presente trabalho também buscou avaliar a influência de cinco tipos de solução nutritiva na produção e qualidade da forragem hidropônica de milho e sorgo produzida em sistema hidropônico fechado e sem uso de substrato.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE. A temperatura média dentro da casa de vegetação durante o experimento foi 38,9°C.

O experimento constou de um arranjo fatorial 2x5, sendo duas espécies forrageiras e cinco soluções nutritivas. As espécies foram o milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) e as soluções nutritivas foram: Hoagland e Arnon (1950); Ueda (1990); Neves (2001 apud MÜLLER et al., 2006); FAO (2001) e De Paula (2011). A solução nutritiva de Hoagland e Arnon a 50% da força iônica foi utilizada como solução testemunha para efeito de comparação em virtude de ser a mais citada na bibliografia.

As soluções sugeridas por Ueda, FAO e De Paula foram avaliadas devido ao uso de uma menor concentração de nitrogênio, e a solução de Neves por usar uma maior concentração de fósforo quando comparada com a solução nutritiva de Hoagland e Arnon.

Os teores dos macronutrientes utilizados nas soluções nutritivas, assim como os valores da condutividade elétrica (C.E.) e pH, estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Teores dos macronutrientes e valores de condutividade elétrica (C.E.) e pH das soluções nutritivas empregadas na produção de forragem hidropônica de milho e sorgo.

Solução Nutritiva	Macronutrientes (mmol L ⁻¹)						CE (dS m ⁻¹)	pH
	N	P	K	Ca	Mg	S		
Hoagland *	7,5	0,5	3	2,0	1,0	0,5	1,1	5,8
Ueda	3	0,3	2	0,5	0,5	0,2	0,6	5,7
Neves	6,5	0,8	3,6	2,2	0,6	0,6	1,2	5,6
FAO	2,5	0,3	1,1	1,1	0,4	0,4	0,5	5,8
De Paula	4,4	0,7	1,3	1,2	0,3	0,3	0,6	5,7

*Os valores referem-se a solução nutritiva de Hoagland a 50% da força iônica original.

Os micronutrientes foram adicionados por meio de uma solução do fertilizante comercial Quelatec A-Z®, na concentração de 67 mg L⁻¹, valor este calculado para proporcionar a mesma concentração de ferro presente na solução nutritiva sugerida por Hoagland e Arnon.

A densidade de semeadura foi de 2 kg m⁻² e foram utilizadas sementes de milho (cultivar CMS 36) e sorgo (cultivar IPA 2502) não tratadas, obtidas no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), sendo a viabilidade dessas sementes obtidas através de um teste preliminar para determinar o poder germinativo.

Pesou-se de uma só vez a quantidade de sementes necessária às cinco

repetições de cada tratamento em baldes com capacidade para 5 litros. Em seguida, encheram-se os baldes com água potável de modo a imergir completamente as sementes e estimular a germinação, sendo a água renovada quatro vezes ao dia e esse tratamento mantido por um período de 48 horas. Logo após este período, drenou-se o excesso de água e as sementes foram distribuídas em bandejas de acordo com os tratamentos.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, totalizando 50 unidades experimentais. Cada unidade experimental constou de uma bandeja plástica com dimensões de 44 x 29 cm, pintadas com esmalte sintético de coloração plúmbea e posicionadas sobre bancada de madeira a 1,25 m de altura do solo, com uma inclinação de 4% em relação ao plano da bancada.

Nos três primeiros dias após a semeadura, as bandejas foram irrigadas com água potável, e a partir do quarto dia até o dia que antecedeu a colheita, foram irrigadas com solução nutritiva. O fornecimento da solução nutritiva para as bandejas foi realizado por bomba elétrica de 34 watts, sendo o sistema de distribuição todo automatizado, com vazão de 1 L h⁻¹ de solução por bandeja e ministrada em intervalos de 15 minutos de rega e 15 minutos sem rega, durante os horários de 6 horas às 18 horas. Entre o intervalo de tempo das 18 horas e 6 horas do dia seguinte as regas ocorreram com duração de 15 minutos cada e intervalos de 3 horas.

Diariamente foram realizados o monitoramento do pH e da condutividade elétrica (C.E.) das soluções nutritivas, ajustando-se os valores de pH e C.E. para os valores indicados na Tabela 1.

Aos 15 dias após a semeadura foi realizada a colheita com a retirada da forragem das bandejas, sendo posta em seguida para secar sobre papel toalha, à sombra, por cerca de 30 minutos para eliminar a maior parte da umidade adsorvida nas raízes. Em seguida, separou-se a parte aérea das raízes com o auxílio de tesoura, cortando, aproximadamente, a 1 cm acima das raízes e acondicionando em saco de papel separadamente a parte aérea das raízes, pesando em seguida para determinar a fitomassa fresca da parte aérea (FMFPA), fitomassa fresca das raízes (FMFR) e fitomassa fresca total (FMFT).

Posteriormente, levou-se para estufa de aeração forçada à temperatura de 65°C até peso constante para a determinação da fitomassa seca da parte

aérea (FMSPA), fitomassa seca das raízes (FMSR) e calculou-se em seguida a fitomassa seca total (FMST).

Também foram avaliados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), carboidratos totais não estruturais (CTNE), elementos mineral (EM) conforme descrito por Bezerra Neto e Barreto (2011), e fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Também foi aplicado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade, para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fitomassa Fresca

Os valores da probabilidade (P) de significância relativa à análise de variância da FMFPA, FMFR e FMFT estão apresentados na Tabela 2, e os valores de produção de forragem hidropônica de milho e sorgo da FMFPA, FMFR e FMFT em função dos diferentes tipos de solução nutritiva constam na Tabela 3.

Tabela 2. Valores da probabilidade (P) de significância relativa à análise de variância da FMFPA, FMFR e FMFT de milho e sorgo cultivados hidroponicamente em função da solução nutritiva.

Fonte de Variação	FMFPA	FMFR	FMFT
Espécie (E)	0,0000	0,3135	0,0000
Solução (S)	0,000	0,0010	0,0000
E x S	0,0050	0,7080	0,0000

A produção de FMFPA e FMFT foi influenciada significativamente pela espécie, sendo o milho a que apresentou maior produtividade em todos os tipos de solução nutritiva. Esta diferença observada entre as espécies deve-se às características da planta de milho que apresenta crescimento rápido na fase inicial e possui boa reserva nutricional nas sementes (TONEITTO et al., 2004).

Foi observado efeito significativo do tipo de solução nutritiva na produção das forragens. Para o milho, obtiveram-se os maiores valores, tanto na FMFPA quanto na FMFT, quando se utilizou as soluções nutritiva proposta

Tabela 3. Produção de fitomassa fresca, da parte aérea, das raízes e total de milho e sorgo cultivados hidroponicamente em função da solução nutritiva.

Solução Nutritiva	FMFPA (kg m ⁻²)		FMFR (kg m ⁻²)		FMFT (kg m ⁻²)	
	Milho	Sorgo	Milho	Sorgo	Milho	Sorgo
Hoagland	6,31 Aa	2,04 Ab	5,38 Aa	5,00 ABa	11,69 Aa	7,04 ABb
Ueda	4,65 Ba	1,77 Ab	4,90 ABa	4,80 Ba	9,55 BCa	6,86 ABb
Neves	6,24 Aa	2,58 Ab	5,56 ABa	5,58 Aa	11,80 Aa	8,17 Ab
FAO	5,55 ABa	1,80 Ab	5,22 ABa	5,20 ABa	10,77 ABa	7,00 ABb
De Paula	5,09 Ba	1,70 Ab	5,01 ABa	4,97 ABa	10,10 Ba	6,67 Bb
CV (%)	10,65	12,89	7,45	7,37	8,56	5,61

Valores seguidos de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, e minúsculas nas linhas, não diferem significativamente ($P>0,05$) pelo teste de Tukey.

por Hoagland e Arnon (1950), Neves (2001 apud Müller et al., 2006) e FAO (2001), sendo que estas não diferiram estatisticamente entre si. Por outro lado, o sorgo não apresentou diferença significativa na FMFPA, em resposta às soluções nutritivas.

A solução proposta por Ueda foi a que apresentou menor produção de FMFPA e FMFT no milho, possivelmente este comportamento deva-se a menor concentração de cálcio e enxofre nesta solução quando comparada com as demais soluções nutritivas (Tabela 1). Estes dois macronutrientes são essenciais às plantas, sendo o enxofre um nutriente essencial à síntese das proteínas, e o cálcio desempenha um papel importante na permeabilidade das membranas celulares (MARSCHNER, 2012).

Apesar de não haver diferença estatística entre as soluções proposta por Hoagland e Arnon (1950), Neves (2001 apud MÜLLER et al., 2006) e FAO (2001), observou-se uma tendência de aumento na produção nas soluções de maior CE. Sendo a solução proposta por Neves (2001 apud Müller et al., 2006), a que demonstrou melhor potencial produtivo, talvez por apresentar maior CE dentre as soluções avaliadas (Tabela 1).

A produção média de FMFT foi de, aproximadamente, 11 Kg m⁻² para o milho e 7 Kg m⁻² para o sorgo. Tendo uma taxa de conversão de FMFT em, aproximadamente, 5,5 Kg para o milho e de 3,5 Kg para o sorgo para cada 1 Kg de semente utilizado. Morales et al (2012) obtiveram uma taxa de conversão, para cada 1 Kg de milho utilizado, de 5,27 aos 10 dias. Resultados semelhantes aos aqui obtidos neste trabalho aos 15 dias. Valdivia (1997) apud Vargas-Rodríguez (2008) menciona que se pode considerar um bom

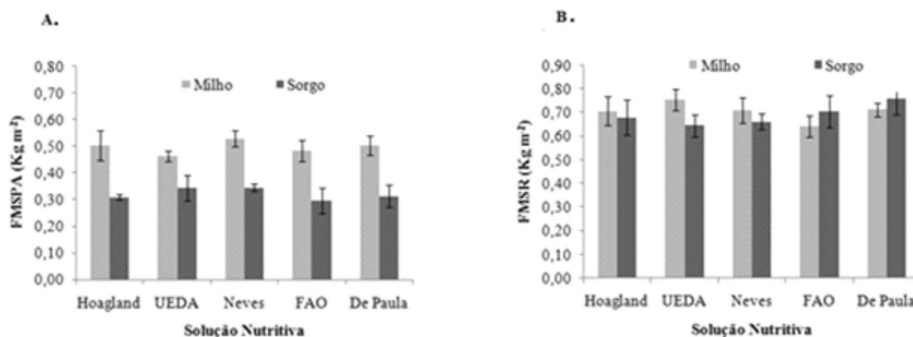
rendimento em sistemas hidropônicos quando a relação de sementes e conversão em biomassa se mantem em 1:5.

No entanto, Vargas-Rodríguez (2008) trabalhando com sorgo negro, obteve uma taxa de conversão de biomassa de 5,45 por quilo de semente de sorgo negro utilizado. Resultado este superior ao obtido neste trabalho. Talvez esta diferença na produção deva a alguma característica das sementes de sorgo utilizadas neste trabalho.

Fitomassa Seca

O milho se mostrou mais produtivo que o sorgo tanto na produção de FMSPA como na produção de FMST (Figura 1A e Tabela 4), enquanto que a FMSR não diferiu significativamente em resposta às soluções nutritivas (Figura 1B).

Figura 1. Fitomassa seca da parte aérea (A) e das raízes (B) da forragem de milho e sorgo cultivados hidroponicamente, em função da solução nutritiva.



Não ocorreu diferença significativa entre as soluções nutritivas para a produção de FMSPA, FMSR e FMST (Figura 1A, 1B e Tabela 4).

Nestas circunstâncias, a escolha e indicação da melhor solução nutritiva deve levar em consideração outros fatores, como qualidade da forragem e preço das soluções nutritivas.

Vale ressaltar que o fornecimento exclusivo de grãos aos ruminantes, pode acarretar distúrbios metabólicos aos animais, não suprindo as suas necessidades nutricionais por não se tratar um alimento volumoso com composição bromatológica suficiente às necessidades de manutenção dos animais, características encontradas na forragem hidropônica (ROCHA et al.,

Tabela 4. Fitomassa seca das plantas inteiras (FMST) de milho e sorgo cultivados hidroponicamente em função da densidade de semeadura, idade de colheita e solução nutritiva.

Solução Nutritiva	FMST (kg m ⁻²)	
	Milho	Sorgo
Hoagland	1,21 Aa	0,99 Ab
Ueda	1,22 Aa	0,99 Ab
Neves	1,24 Aa	1,01 Ab
FAO	1,12 Aba	1,00 Ab
De Paula	1,22 Aa	1,07 Ab
CV	4,96	4,82

Valores seguidos de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, e minúsculas nas linhas, não diferem significativamente ($P>0,05$) pelo teste de Tukey.

2007).

Resíduo mineral

Houve efeito significativo tanto para as espécies como das soluções nutritivas sobre o teor de resíduo mineral (RM) tanto na parte aérea (Tabela 5) como nas raízes (Tabela 6).

O teor de RM na parte aérea foi superior na forragem de milho, em relação à forragem de sorgo, sendo respectivamente 10,75 e 7,26%, empregando-se a solução nutritiva de Hoagland e Arnon. Este valor é maior que aquele

Tabela 5. Teor de resíduo mineral (RM), carboidratos totais não estruturais (CTNE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) na parte aérea das forragens hidropônicas de milho e sorgo, em função da solução nutritiva.

Variável	Espécie	Solução Nutritiva				
		Hoagland	Ueda	Neves	FAO	De Paula
RM (%)	Milho	10,75 Aa	9,58 Aab	10,70 Aa	8,20 Abc	7,90 Ac
	Sorgo	7,26 Bab	5,42 Bc	7,25 Bab	5,77 Bbc	5,42 Bc
CTNE (%)	Milho	2,52 Ba	1,69 Ba	2,05 Ba	2,16 Ba	2,38 Ba
	Sorgo	5,64 Ab	7,70 Ab	12,28 Aa	7,68 Ab	10,44 Aa
PB (%)	Milho	36,77 Aa	32,81 Aa	32,46 Aa	33,78 Aa	34,99 Aa
	Sorgo	25,06 Ba	20,60 Ba	21,42 Ba	20,39 Ba	20,84 Ba
FDN (%)	Milho	44,14 Ac	48,07 Aab	46,17 Abc	51,44 Aa	50,34 Aab
	Sorgo	46,74 Abc	48,18 Abc	52,76 Aa	48,77 Abc	46,99 Abc
FDA (%)	Milho	22,54 Aa	23,58 Aa	22,69 Aa	26,20 Aa	20,34 Aa
	Sorgo	20,91 Aa	20,90 Aa	22,78 Aa	24,59 Aa	20,84 Aa

Valores seguidos de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, e minúsculas nas linhas, não diferem significativamente ($P>0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Teor de resíduo mineral (RM), carboidratos totais não estruturais (CTNE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas raízes das forragens hidropônicas de milho e sorgo, em função da solução nutritiva.

Variável	Solução Nutritiva					
	Espécie	Hoagland	Ueda	Neves	FAO	De Paula
RM (%)	Milho	3,76 <i>Bbc</i>	3,67 <i>Bbc</i>	6,14 <i>Aa</i>	4,71 <i>Aab</i>	3,71 <i>Abc</i>
	Sorgo	4,30 <i>Abc</i>	3,90 <i>Abc</i>	4,79 <i>Bab</i>	3,82 <i>Bbc</i>	3,45 <i>Bc</i>
CTNE (%)	Milho	7,19 <i>Ba</i>	9,55 <i>Ba</i>	8,99 <i>Ba</i>	8,23 <i>Ba</i>	7,78 <i>Ba</i>
	Sorgo	14,76 <i>Aa</i>	13,91 <i>Aa</i>	13,79 <i>Aa</i>	13,36 <i>Aa</i>	13,78 <i>Aa</i>
PB (%)	Milho	24,15 <i>Ab</i>	23,45 <i>Abc</i>	26,69 <i>Aab</i>	28,46 <i>Aa</i>	22,47 <i>Abc</i>
	Sorgo	18,31 <i>Bb</i>	19,23 <i>Bab</i>	18,91 <i>Bab</i>	18,28 <i>Bb</i>	18,42 <i>Bb</i>
FDN (%)	Milho	50,49 <i>Aa</i>	49,71 <i>Ab</i>	49,72 <i>Ab</i>	49,4 <i>Aabc</i>	52,58 <i>Aa</i>
	Sorgo	45,72 <i>Aa</i>	42,42 <i>Aa</i>	44,73 <i>Aa</i>	46,25 <i>Aa</i>	42,15 <i>Aa</i>
FDA (%)	Milho	17,84 <i>Aa</i>	16,26 <i>Aa</i>	16,97 <i>Aa</i>	12,02 <i>Aa</i>	15,24 <i>Aa</i>
	Sorgo	15,21 <i>Aa</i>	15,28 <i>Aa</i>	15,97 <i>Aa</i>	16,95 <i>Aa</i>	15,58 <i>Aa</i>

Valores seguidos de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, e minúsculas nas linhas, não diferem significativamente ($P>0,05$) pelo teste de Tukey.

encontrado comumente em forragem de milho cultivada em condição de campo, pois de acordo com Hoffman (2005), os teores de RM na matéria seca de forragem de milho oscilam em torno de 5%.

Nas raízes ocorreu o contrário, isto é, o teor de RM foi ligeiramente maior na forragem de sorgo, comparado com a forragem de milho. Tanto na forragem de milho quanto na forragem de sorgo, o teor de RM foi maior na parte aérea do que nas raízes.

Houve influência do tipo de solução no teor de RM, sendo os maiores valores obtidos com as soluções de maior concentração. Os teores de RM na parte aérea, tanto na forragem de milho como na forragem de sorgo, foram maiores com as soluções de Hoagland e Arnon (1950) e solução nutritiva de Neves (2001 citada por MÜLLER et al., 2006), que correspondem às soluções de maior condutividade elétrica, respectivamente, 1,1 e 1,2 dS m⁻¹.

Nas raízes de milho, a solução nutritiva de Neves (citada por Müller et al., 2006) proporcionou 6,14% de RM, valor este semelhante estatisticamente ao da FAO e superior aos obtidos com as demais soluções nutritivas. Os menores teores foram obtidos nas raízes de sorgo, com as soluções de De Paula (2011) e da FAO (2001), sendo estes valores, respectivamente 3,45 e 3,82%. Neste contexto, é importante ressaltar que grandes quantidades dos animais de produção consomem dietas que não correspondem às suas exigências em relação aos minerais, sendo assim, uma forragem pobre neste

tipo de nutriente implica na necessidade de suplementação alimentar do animal (JÚNIOR et al., 2011).

Carboidratos totais não estruturais

Houve diferença significativa no teor de carboidratos totais não estruturais (CTNE) entre as espécies, sendo maior o teor na forragem de sorgo em ralação a forragem de milho, em ambas as partes avaliadas. Por outro lado, não houve diferença significativa no teor de CTNE na parte aérea do milho, nem nas raízes do sorgo em função das soluções nutritivas. Houve influência do tipo de solução nutritiva no teor de CTNE na parte aérea das plantas de sorgo. Os maiores valores foram obtidos com as soluções de Neves (citado por MÜLLER et al., 2006) e De Paula (2011), as quais não diferiram estatisticamente entre si, e foram de 12,28 e 10,44%, respectivamente. É importante ressaltar que esses valores são superiores aos normalmente encontrados em outros tipos de forragem, que fica em torno de 6 a 8%, além disso, o teor desse componente alimentar é importante, pois ele confere à forragem uma melhor palatabilidade (VIEIRA et al., 2005).

Proteína bruta

O teor de proteína bruta (PB) diferiu significativamente entre as espécies, de modo que a forragem de milho apresentou teor de PB superior em relação à forragem de sorgo, tanto na parte aérea quanto nas raízes. O tipo de solução nutritiva não influenciou significativamente sobre os teores de PB na parte aérea do milho, nem na parte aérea do sorgo, nem raízes de sorgo, apresentando respectivamente a média de 34,16; 21,66 e 18,63%. Por outro lado, o tipo de solução nutritiva influenciou significativamente sobre o teor de PB nas raízes de milho, de forma que o maior teor foi obtido com a solução nutritiva sugerida pela FAO (2001) e o menor com a solução nutritiva mencionada por De Paula (2011), respectivamente, 28,46 e 22,47%. Espinoza et al (2004) avaliaram o uso da forragem hidropônica colhida ao nono dia e encontraram valores de 33,54% de PB na parte aérea do milho, valor este que está próximo ao encontrado neste trabalho. Esse resultado se deve ao fato das plantas serem jovens, com elevada atividade metabólica e baixo teor de fibras e lignina (MARSCHNER, 2012).

É importante ressaltar que a presença de proteínas na formulação da

dieta animal decorre da sua essencialidade direta para o organismo do animal, com fins de produção de carne, leite e lã, assim como de forma indireta, para manutenção da atividade da microbiota ruminal. Embora seja exigido o mínimo de 7% de PB para garantir a fermentação dos carboidratos estruturais no rúmen, um valor mais alto é importante para o atendimento das exigências proteicas do organismo animal (VAN SOEST, 1984). Neste contexto, a forragem hidropônica atende estes critérios, justificando assim a afirmação de que a forragem hidropônica é uma boa alternativa para complementação alimentar de ruminantes.

Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) não diferiram significativamente entre as espécies, nem na parte aérea nem nas raízes. Também não ocorreu diferença significativa nos teores de FDA nas partes analisadas das forragens de milho e sorgo em resposta ao tipo de solução nutritiva utilizada. Na parte aérea do milho as plantas mais ricas em FDN foram as cultivadas com a solução nutritiva da FAO (2001), enquanto que as plantas mais pobres foram as cultivadas na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), apresentando valores de, respectivamente, 51,44 e 44,14%. No sorgo, as plantas com maior teor de FDN na parte aérea foram as cultivadas com a solução nutritiva de Neves, enquanto o menor teor na parte aérea foi obtido com a solução nutritiva de Hoagland e Arnon cujo valores foram, respectivamente, 52,76 e 46,74%.

Nas raízes de milho, os menores teores de FDN foram os das plantas cultivadas com as soluções nutritivas de Ueda e Neves, as quais não diferiram significativamente entre si, enquanto os maiores teores de FDN nas raízes de milho foram obtidos nas plantas cultivadas com as soluções nutritivas de De Paula (2011) e Hoagland e Arnon, as quais também não diferiram estatisticamente entre si. Não houve influência significativa das soluções nutritivas sobre os teores de FDN nas raízes de sorgo.

De modo geral os teores de FDN e FDA ficaram abaixo dos valores médios encontrados na matéria seca das plantas de milho e sorgo que, segundo Silva et al. (2005), giram em torno de 60,72 e 62,65% para FDN e 28,89 e 31,38% para FDA para milho e sorgo, respectivamente. De acordo com Campêlo et al (2007), o teor de fibra muito elevado é uma característica

indesejável na forragem. Esses autores concluíram que o uso da casca de arroz, em comparação com o uso do capim-elefante picado, como substrato no cultivo hidropônico do milho, resultou em forragem de qualidade inferior, devido elevar o teor de fibra.

Certamente, os menores valores para os teores de FDA e FDN no presente trabalho estão relacionados ao elevado teor de proteína bruta, carboidratos totais não estruturais e resíduo mineral.

De acordo com Müller et al. (2006), a FDN está negativamente relacionada ao consumo de matéria seca e quanto menor seu teor (em torno de 30% ou menos) maior será o consumo de fitomassa seca pelo animal. Em estudo comparativo, Amorim et al (2008) observaram que animais leiteiros que receberam silagem de milho com menor teor de FDN, aumentaram o consumo de matéria seca e, conseqüentemente, a produção de leite.

CONCLUSÕES

- A forragem de milho apresenta maior produção de fitomassa fresca e seca do que o sorgo, independente da solução nutritiva.
- A forragem hidropônica de milho apresenta maiores teores de RM e PB na parte aérea que a forragem sorgo, independente da solução nutritiva utilizada.
- O sorgo apresenta maior teor de carboidratos totais não estruturais do que o milho na parte aérea e raízes, independente da solução nutritiva.
- O teor de FDN e FDA tanto na parte aérea como nas raízes não difere entre as forragens de milho e sorgo, independente da solução nutritiva utilizada.
- As soluções nutritivas que proporcionaram melhor desempenho foram a de Neves (2001) e Hoagland e Arnon (1950).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE NETO, A.A.R.; ALBUQUERQUE, T.C.S. **Cultivo de couve em substrato fertirrigado com aplicações de organominerais. Fertibio**. 2008. <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/160445/1/OPB1909.pdf>>. 15 Jul. 2015.

AMORIM, G.L.; BATISTA, A.M.V.; CARVALHO, FR.DE; GUIM, A.; CABRAL, A.M.D.; MORAES, A.C.A. de. Substituição do milho por casca de soja: consumo, rendimento e características de carcaça e rendimento da buchada de caprinos. **Acta Scientiarum**, v.30, n.1, p. 41-49, 2008.

BEZERRA, E.B.; BARRETO, L.P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: Editora da UFRPE, 2011. 267p.

CAMPÊLO, J.E.G; OLIVEIRA, J.C.G.O; ROCHA, A.S.; CARVALHO, J.F. DE; MOURA, G.C.; OLIVEIRA, M.E. DE; SILVA, J.A.L.; MOURA, J.W.S.; COSTA, V.M.; UCHÔA, L.M. Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.276-281. 2007.

DE PAULA, L. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.9, p.931-939, 2011.

ESPINOZA, F; ARGENTI, P; URDANETA, G; AREQUE, C; FUENTES, A; PALMA, J; BELLO, C. Uso del forraje del maíz (*Zea mays*) hidropônico em la alimentación de toretes mestizos. Venezuela. **Revista Zootecnia Tropical**. 22(4): 303-315. 2004.

FAO. **Manual técnico forraje verde hidropónico**. 1ª ed. Chile: Santiago, 2001. 55p.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**: Parte 2 – Nutrição mineral de plantas, preparo e manejo de soluções nutritivas. 2009. Disponível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Hidroponiap2/Index.htm> 15 Jul. 2015.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plant without soil**. Berkeley: University of California, 1950. 32p.

HOFFMAN, P.C. **Ash content of forages**. University of Wisconsin Board of Regents, 2005. <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/ash_in_forage.pdf> 15 Jul. 2015.

JÚNIOR, A.F.M; BRAGA, A.P; RODRIGUES, A.N.M.S.; SALES, L.E. M.; MESQUITA, H.C. Minerais: importância de uso na dieta de ruminantes. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.07, n 01, p. 01 – 13, 2011.

LORENZO, P; SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C.; MEDRANO, E. MEDRANO, GARCIA, M.L. CAPARROS, I.; GUIMÉNEZ, M. External greenhouse mobile shading: effect on microclimate, water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity levels of the nutrient solution. In: PARDOSSI, A. et al. (Ed.). Managing greenhouse crops in saline environment. **Acta Horticulturae**, v.609, p.181-186, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MORALES, J; GÓMEZ-DANÉS A. A.; PORFIRIO J. L. LENIN, L.O.; ALEJANDRO L. C.; Forraje verde hidropônico de maíz amarillo (zea maíz 1) con diferente concentración de solución nutritiva. **Abanico Veterinario**, 2012; 2 (3).

MÜLLER, L.; SANTOS, O.S.DOS; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; HAUT, V.; DOURADO NETO, D.; MENEZES, N.L. DE; GARCIA, D.C. Forragem hidropônica de milho: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. **Ciência Rural**, v.36, p. 1094-1099 n.4, jul-ago, 2006.

MÜLLER, L.; SANTOS, O.S.DOS; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; HAUT, V.; DOURADO NETO, D.; MENEZES, N.L. DE; FAGAN, E.B.; BANDEIRA, A.H. Produção e composição bromatológica da forragem hidropônica de milho, Zea mays L., com diferentes densidades de semeadura e datas de colheita. **Zootecnia Tropical**, vol. 23, n.2. 2005. p: 205-119.

RESH, H.M. **Hydroponic Food Production**. Boca Raton-FL: CRC Press, 7 ed. 2012. 527 p.

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

SILVA, A.V.; PEREIRA, O.G.; RAMOS, G.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; FERREIRA, C.L.L.F. Composição bromatológica e digestibilidade in vitro da matéria seca de silagens de milho e sorgo tratadas com inoculantes microbianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1881-1890, 2005.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

TONETTO, C.J.; HAUT, V.; MÜLLER, L. Produção e características bromatológicas de forragem hidropônica de milho sob diferentes densidades de semeadura. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Campo Grande, 2004.

UEDA, S. **Hidroponia: guia prático**. São Paulo: Agroestufa, 1990. 50 p.

VAN SOEST, P.J.; MERTENS, D.R. The use of neutral detergent fiber versus acid detergent fiber in balancing dairy rations. **Proc. Technical Symposium Monsanto**. Nutrition Chemicals Division. 1994. pg 75-92.

VARGAS-RODRÍGUEZ, M. Comparación productiva de forraje verde hidropônico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. **Agronomía mesoamericana**, v.19, n.2, p.233-240, 2008

VIEIRA, M.R. LACERDA, C. F. DE; CÂNDIDO, P. L. C.; COSTA, R. N. T.; TABOSA, J. N. Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, p. 42-46, 2005.