

Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas

Valter C Andrade Júnior; Rosana C Pereira; Marcus FS Dornas; Karina G Ribeiro; Nermy R Valadares; Albert A Santos; Bárbara MC Castro

UFVJM, Progr. Pós-Graduação em Prod. Vegetal, Rod. MG 367 km 583, 5000, Alto da Jacuba, 39100-000 Diamantina-MG; valterjr@ufvjm.edu.br; rosanac_pereira@yahoo.com.br; mfsdornas@yahoo.com.br; karina_ufvjm@yahoo.com.br; nermyvaladares@hotmail.com; albert.ap.santos@hotmail.com; barbamcastro@hotmail.com

RESUMO

A variação na disponibilidade de forragem ao longo do ano, aliada à necessidade de se utilizar alimentos de menor custo para ruminantes, têm contribuído para um aumento na procura por novas alternativas para alimentação animal. Objetivou-se avaliar a produtividade de massa seca (PMS) de ramas e o efeito do emurchecimento na composição bromatológica e capacidade fermentativa (CF) de ramas de batata-doce visando a produção de silagens. Foram avaliados os genótipos BD-08, BD-23, BD-25, BD-31TO, BD-38, BD-43 e Brazlândia Roxa, utilizando-se o arranjo fatorial 7 x 2 (genótipos x ramas emurchecidas ou não), em delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições. Foram determinados a produção de massa seca e os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, cinzas, carboidratos solúveis (CS), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), capacidade tampão (CT) e capacidade fermentativa (CF) das ramas *in natura* e emurchecidas. A PMS das ramas variou de 4,2 a 7,9 t ha⁻¹, com destaque para BD-25, BD-08 e BD-23 com produtividades superiores a 7,0 t ha⁻¹. O emurchecimento promoveu aumento nos teores de MS (15,7 para 25,7%), de PB (11,0 para 11,9%), FDA (29,2 para 41,7%), lignina (8,6 para 15,5%), celulose (19,3 para 24,3%), cinzas (8,9 para 10,0%) e NIDA (9,7 para 32,8%), e redução nos teores de CS (15,0 para 7,6%), tornando as ramas emurchecidas de pior qualidade. O emurchecimento não influenciou a CF das ramas (média de 37,2) e promoveu elevação nos teores de FDN de forma diferenciada para cada genótipo. Os teores mais elevados de MS nas ramas emurchecidas compensaram o mais baixo teor de CS, tornando a CF das ramas semelhante. As ramas de batata-doce de todos os genótipos apresentaram elevado potencial de ensilabilidade.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*, capacidade tampão, carboidratos solúveis, fibra em detergente neutro, lignina.

ABSTRACT

Silage production, chemical composition and fermentative capacity of wilted sweet potato vines

The variation in the availability of forage throughout the year and the need to use low-cost food for ruminants contributed to an increase in the search for new food alternatives. This study aimed to evaluate the yield of the dry mass of vines and the effect of wilting on the chemical composition and fermentative capacity of sweet potato vines for silage production. The evaluated genotypes were BD-08, BD-23, BD-25, BD-31TO, BD-38, BD-43 and Brazlândia Roxa, using a 7x2 factorial arrangement (genotype x wilted vines or not), in a randomized block design, with four replications. We determined the dry matter yield (PMS) and dry matter (MS), crude protein (PB), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), cellulose, hemicellulose, lignin, ash, water soluble carbohydrates (CS), acid detergent insoluble nitrogen (NIDA), buffering capacity (CT) and fermentative capacity (CF) of fresh and wilted vines. The MS of vines ranged from 4.2 to 7.9 t ha⁻¹, with emphasis on BD-25, BD-08 and BD-23 with yields higher than 7.0 t ha⁻¹. Wilting promoted increase in MS (15.7 to 25.7%), PB (11.0 to 11.9%), FDA (29.2 to 41.7%), lignin (8.6 to 15.5%), cellulose (19.3 to 24.3%), ash (8.9 to 10.0%) and NIDA (9.7 to 32.8%), and reduced levels of CS (15.0 to 7.6%), making the wilted branches of poorer quality. Wilting did not affect the CF of the vines (average 37.2) and promoted an increase in FDN differently for each genotype. The highest levels of MS in wilted vines offset the lower level of CS, making similar the CF of vines. The sweet potato vines of all genotypes presented high potential for silage.

Keywords: *Ipomoea batatas*, buffering capacity, lignin, neutral detergent fiber, water soluble carbohydrates.

(Recebido para publicação em 25 de fevereiro de 2013; aceito em 6 de fevereiro de 2014)

(Received on February 25, 2013; accepted on February 6, 2014)

A redução na disponibilidade de forragens aliada ao baixo valor nutritivo, durante o período seco no Brasil, contribuem para a baixa produtividade pecuária, que, em conjunto com a frequente variação dos preços dos grãos, cereais e suplementos protéicos utilizados na alimentação animal, tem aumentado o interesse no aproveitamen-

to de alimentos alternativos (Ferreira *et al.*, 2009). Desta forma, as ramas de batata-doce podem ser utilizadas para fornecimento aos animais, na forma fresca ou ensiladas. A cultura da batata-doce produz raízes tuberosas e quantidades apreciáveis de ramas, que na maioria das vezes são simplesmente descartadas como resíduo inaproveitável

(Monteiro, 2007).

A ensilagem é um dos métodos mais importantes de conservação de forragens e as características ideais para preservar uma cultura na forma de silagem são teores adequados de matéria seca e de carboidratos solúveis, baixa capacidade tamponante e tamanho de partícula que permita uma boa compactação da massa

ensilada; caso contrário, as perdas de massa seca podem variar de 7 a 40% devido às fermentações secundárias, produção de efluente e deteriorações aeróbias (McDonald, 1981).

Para a produção de silagens, é importante que o teor de matéria seca da forragem esteja entre 25 e 30%, contudo, frequentemente encontram-se nas ramas de batata-doce teores abaixo dessa faixa (Viana *et al.*, 2011; Figueiredo *et al.*, 2012), o que pode contribuir para produção de silagens de baixa qualidade, em decorrência da elevada produção de efluente e desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* (Carvalho *et al.*, 2007). Existe uma relação inversa entre a necessidade de carboidratos solúveis e o teor de MS da forragem para que ocorra uma boa fermentação. Teores adequados de carboidratos solúveis são desejáveis pois, no processo fermentativo normal, os carboidratos são convertidos a ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico, provocando a redução do pH, que inibe a ação de outros microorganismos indesejáveis, sobretudo os do gênero *Clostridium* (McDonald *et al.*, 1991). De acordo com Woolford (1984) um teor mínimo de 8% de carboidratos solúveis na MS é o recomendado.

Práticas como o emurchecimento promovem redução nos teores de umidade de gramíneas (Santos *et al.*, 2010), podendo melhorar a qualidade das silagens produzidas (Rangrab *et al.*, 2000; Ferrari Júnior & Lavezzo, 2001; Loures *et al.*, 2005; Bergamaschine *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2008). Porém, extensos períodos de emurchecimento podem acarretar em consumo de carboidratos solúveis da forragem durante o processo de respiração, ocasionando redução da degradabilidade dos nutrientes, devido a alterações nos componentes fibrosos, bem como na população de fungos e leveduras no material a ser ensilado (Santos *et al.*, 2010). Não foram encontrados relatos na literatura sobre o efeito do emurchecimento nas características de ramas de batata-doce.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a produtividade de massa seca de ramas e o efeito do emurchecimento na composição bromatológica e capacidade fermentativa das ramas de genótipos de batata-doce visando à produção de

silagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido de 16 de dezembro de 2010 a 17 de maio de 2011, em fazenda experimental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Couto Magalhães de Minas-MG. O município está localizado no Vale do Jequitinhonha (18,07°S; 43,47°O, 726 m de altitude). O clima da região é tropical, com período seco de abril a setembro. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006) e foi analisado na camada de 0 a 20 cm. Apresentou as características: pH (H₂O)= 5,6; P e K, 2,0 e 60 mg dm⁻³; Ca, Mg, Al, H+Al, SB e CTC a pH 7,0 foram de 1,10; 0,52; 0,14; 3,0; 1,8 e 4,8 cmol_c dm⁻³; saturação de alumínio e saturação de bases de 7,0 e 37%, respectivamente, e matéria orgânica, 0,8 dag kg⁻¹. Teores de areia, silte e argila de 57, 17 e 26 dag kg⁻¹, respectivamente.

O preparo do solo teve início em outubro, e consistiu de duas gradagens e incorporação de 1,1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases a 60%.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso, avaliando-se sete genótipos de batata-doce (BD-08; BD-23; BD-25; BD-31 TO; BD-38; BD-43 e Brazlândia Roxa), com quatro repetições, num total de 28 parcelas. As parcelas foram compostas por cinco leiras de 4,5 m de comprimento espaçadas de 0,90 m entre leiras e 0,30 m entre plantas, sendo utilizadas como área útil as três leiras centrais.

Aos 60 dias após a calagem, as leiras foram preparadas para o plantio utilizando-se um sulcador. Para adubação de plantio, foram utilizados 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, 60 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio, 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de sulfato de amônio e 10 t ha⁻¹ de esterco de curral, que foram distribuídos e incorporados manualmente sobre as leiras.

As ramas para produção de mudas foram obtidas do banco de germoplasma da UFVJM, sendo cortadas em estacas com quatro a oito nós, plantadas em

bandejas de isopor com substrato comercial para hortaliças e mantidas em estufa, sob sombrite de 50% de insolação. O transplante das mudas para o campo foi realizado manualmente, no dia 17/12/2010.

A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após o plantio aplicando-se 30 t ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio. A irrigação por aspersão foi feita, porém, devido a problemas técnicos, somente após 5 semanas do plantio. Durante o crescimento inicial, as plantas foram irrigadas manualmente, utilizando-se regadores. As chuvas ocorridas nesse período foram mal distribuídas e as temperaturas elevadas, comuns nessa época do ano, promoveram o secamento rápido da camada superficial do solo.

A colheita foi realizada no dia 17/05/2011, 150 dias após o plantio, cortando-se as ramas rente ao solo. A parte aérea foi pesada para determinação da produção de massa verde (PMV), amostrada, e colocada em ambiente a céu aberto para emurchecimento durante 48 horas. De cada parcela foram retiradas duas amostras, de aproximadamente 1,5 kg, do material colhido, uma *in natura* e outra após o emurchecimento por 48 h. Uma parte de cada amostra, de 1,0 kg, foi congelada e outra, de 0,5 kg, foi pesada e pré-seca em estufa com ventilação forçada a 55°C, até peso constante. A amostra pré-secada foi moída em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm para determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, cinzas e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002), e de carboidratos solúveis, determinados de acordo com Valadares Filho (1981). A capacidade tampão foi determinada nas amostras congeladas das ramas *in natura*, de acordo com a técnica descrita por Playne & McDonald (1966) e a capacidade fermentativa (CF) do material foi calculada de acordo com a equação proposta por Weissbach & Honig (1996):

$$CF = MS + 8 \times \frac{CS}{CT}, \text{ onde:}$$

CF= capacidade fermentativa; MS= matéria seca (%); CS= carboidrato so-

lúvel (%MS); CT= capacidade tampão (eq mg de HCl/100 g de MS).

A produtividade de MS (PMS) das ramas foi avaliada multiplicando-se o peso de massa verde pelo teor de MS de cada parcela, com os resultados expressos em t ha⁻¹. A PMS foi avaliada no delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os demais parâmetros nas ramas foram avaliados em esquema fatorial 7 (genótipos) x 2 (*in natura* e emurchecidas), em DBC, com quatro repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o software Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos diferiram na produção de massa seca (PMS) e nos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), cinzas e carboidratos solúveis (CS) (Tabela 1). O emurhecimento das ramas por 48 h promoveu diferenças

nos teores de MS, PB, FDA, celulose, lignina, NIDA, cinzas e CS (Tabela 2). A interação entre genótipo e emurhecimento foi significativa apenas para os teores de FDN (Tabela 3).

A PMS das ramas variou de 4,2 a 7,9 t ha⁻¹ (Tabela 1). Os genótipos BD-23, BD-08 e BD-25 destacaram-se com produtividades superiores a 7,0 t ha⁻¹ e foram mais produtivos que os genótipos BD-38 e Brazlândia Roxa, cujas produtividades não ultrapassaram 4,6 t ha⁻¹. Viana *et al.* (2011) avaliaram o potencial de ensilagem de ramas de batata-doce de oito genótipos (BD-08, BD-15, BD-25, BD-31TO, BD-38, BD-45, Brazlândia Rosada e Princesa) em diferentes períodos de colheita no município de Diamantina-MG, e encontraram PMS média de 6,21 t ha⁻¹ aos 150 dias após plantio. Os genótipos BD-08 e BD-25 apresentaram médias de PMS inferiores às obtidas no presente estudo, BD-31 TO foi semelhante e BD-38 mais produtivo no estudo de Viana *et al.* (2011). Os autores não verificaram efeito do período de colheita, nem efeito de genótipos nas avaliações aos 120 e 150 dias. Os resultados obtidos neste trabalho também foram superiores aos encontrados por

Cavalcante *et al.* (2009) que registraram PMS de 11 genótipos de batata-doce (CL-01, CL-02, CL-03, CL-04, CL-06, CL-08, CL-09, CL-11, CL-14, Rainha Prata e Sergipana) variando de 2,8 a 5,8 t ha⁻¹, aos 130 dias após plantio, no município de Junqueiro-AL, e os autores atribuíram a baixa produtividade à ausência de correção e adubação do solo. Segundo Hartemink *et al.* (2000), a produção de ramas e raízes da batata-doce é dependente das condições de solo e clima locais.

Os teores de MS variaram de 16,4 a 26,2%, semelhante aos valores encontrados por Figueiredo *et al.* (2012), entre 18,53 e 24,31%. No presente estudo, observou-se que os genótipos BD-38 e Brazlândia Roxa apresentaram teores de MS próximos a 25% (Tabela 1), no entanto, os teores mais elevados podem ser explicados pelo fato de que, na época da colheita, as ramas desses genótipos se apresentavam em estágio de maturidade mais avançado. O genótipo BD-31TO apresentou o menor teor de MS, porém sem diferir dos genótipos BD-43, BD-23 e BD-08. Viana *et al.* (2011), avaliando o potencial para ensilagem de ramas de batata-doce de oito genótipos em

Tabela 1. Produção de massa seca das ramas *in natura* (PMS) e teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), cinzas, carboidratos solúveis (CS), capacidade tampão (CT) e capacidade fermentativa (CF), das ramas *in natura* e emurchecidas de diferentes genótipos de batata-doce (dry mass production of branches *in natura* (PMS) and average contents of dry matter (MS), crude protein (PB), acid detergent fiber (FDA), cellulose, hemicellulose, lignin, acid detergent insoluble nitrogen (NIDA), ash, water soluble carbohydrates (CS), buffering capacity (CT) and fermentative capacity (CF) in the fresh and wilted vines of different genotypes of sweet potato). Diamantina, UFVJM, 2012.

Variáveis	Genótipos							Média	F _{calc}	CV (%)
	BD-31TO	BD-43	BD-23	BD-08	BD-25	BD-38	B. Roxa			
PMS (t/ha)	6,9 ab	6,6 ab	7,2 a	7,8 a	7,9 a	4,6 bc	4,2 c	6,4	9,1**	15,4
MS (%)	16,4 d	18,6 cd	19,4 cd	19,6 cd	20,5 bc	24,0 ab	26,2 a	20,7	3,8**	12,2
PB (%MS)	11,3	12,4	11,6	11,9	11,0	11,5	10,7	11,5	1,2 ^{ns}	12,2
FDA (%MS)	37,0 a	32,3 b	35,0 ab	35,0 ab	34,8 ab	37,1 a	36,9 a	35,4	4,0**	7,3
Celulose (%MS)	23,7 a	20,0 b	23,0 ab	10,2 bc	20,8 ab	21,7 ab	21,7 ab	21,8	6,0**	18,5
Hemicelulose (%MS)	5,9	6,9	7,2	7,0	7,3	7,0	6,9	6,9	0,1 ^{ns}	10,2
Lignina (MS)	11,3 ab	10,9 ab	10,6 b	11,8 ab	12,4 ab	13,4 ab	13,9 a	12,0	3,5**	9,10
NIDA (%Nt)	22,6 ab	18,0 b	17,3 b	21,0 ab	19,4 ab	21,7 ab	27,7 a	21,2	4,8**	20,3
Cinzas (%MS)	11,5 a	8,7 b	9,2 ab	9,4 ab	8,6 b	9,2 ab	9,4 ab	9,4	3,0**	17,1
CS (%MS)	10,8 bc	13,7 a	13,3 ab	10,7 bc	11,0 bc	10,2 c	9,4 c	11,3	7,0**	9,2
CT (eq mg HCl/100 g MS)	5,2	5,7	5,7	6,1	5,2	5,5	6,1	5,6	1,3 ^{ns}	16,5
CF	33,6	38,3	38,5	34,2	37,5	39,6	38,6	37,2	1,9 ^{ns}	12,9

significativo pelo teste F; ^{ns}não significativo pelo teste F (significant by F test; ^{ns}non-significant by F test). Médias seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$) [means followed by the same letters in lines do not differ by Tukey test ($p > 0,05$)].

Tabela 2. Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, cinzas, nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos solúveis (CS) capacidade tampão (CT) e capacidade fermentativa (CF) nas ramas de batata-doce *in natura* e emurchecidas (average contents of dry matter (MS), crude protein (PB), acid detergent fiber (FDA), cellulose, hemicellulose, lignin, ash, acid detergent insoluble nitrogen (NIDA), ash, water soluble carbohydrates (CS), buffering capacity (CT) and fermentative capacity (CF) in fresh and wilted vines). Diamantina, UFVJM, 2012.

Variáveis	Ramas		F _{calc}
	<i>In natura</i>	Emurchecida	
MS (%)	15,7 b	25,7 a	215,2**
PB (%MS)	11,0 b	11,9 a	5,5*
FDA (%MS)	29,2 b	41,7 a	326,0**
Celulose (%MS)	19,3 b	24,3 a	166,1**
Hemicelulose (%MS)	7,3	7,8	0,1 ^{ns}
Lignina (%MS)	8,6 b	15,5 a	132,0**
Cinzas (%MS)	8,9 b	10,0 a	7,0*
NIDA (%NT)	9,7 b	32,8 a	424,1**
CS (%MS)	15,0 a	7,6 b	270,4**
CT (eq mg HCl/100 g MS)	5,6	5,6	0,02 ^{ns}
CF	37,7	36,7	0,60 ^{ns}

significativo pelo teste F; ^{ns}não significativo pelo teste F (significant by F test; ^{ns}non-significant by F test). Médias seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$) [means followed by the same letters in lines do not differ by Tukey test ($p>0,05$)].

Tabela 3. Teores de fibra em detergente neutro (FND) nas ramas *in natura* e emurchecida de genótipos de batata-doce [levels of neutral detergent fiber (FND) in fresh and wilted vines of sweet potato genotypes]. Diamantina, UFVJM, 2012.

Genótipos	Ramas	
	<i>In natura</i>	Emurchecidas
B. Roxa	40,2 Ab	47,2 BCa
BD-08	33,4 Cb	48,5 ABa
BD-23	36,3 ABCb	48,1 BCa
BD-25	35,3 BCb	49,0 ABa
BD-38	38,4 ABb	49,8 Aa
BD-31TO	37,7 ABCb	48,0 BCa
BD-43	33,8 Cb	44,6 Ca
Média	36,4	47,9
CV (%)		4,9
F _{calc}		3,2*

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$) [means followed by the same lowercase letter in rows and uppercase letters in columns do not differ among themselves by Tukey test ($p>0,05$)].

diferentes períodos de colheita, não constataram diferença entre genótipos e observaram teor médio de MS igual a 12,16%, em ramas *in natura* colhidas aos 150 dias após o plantio.

Os teores de PB foram semelhantes entre os genótipos, com média de 11,5%

(Tabela 1). Considerando-se que para as atividades normais das bactérias ruminais são necessários de 6 a 8% de PB na MS (Mertens, 1994), as ramas de todos os genótipos atenderiam a exigência.

Os genótipos diferiram quanto aos teores de FDA (Tabela 1) e o BD-43

(32,3% MS) se destacou, apresentando teor inferior aos dos genótipos BD-31TO, BD-38 e Brazlândia Roxa, e não diferindo do BD-23, BD-08 e BD-25. A digestibilidade de um alimento está relacionada à FDA e teores mais elevados dessa fração indicam maior proporção dos componentes fibrosos, notadamente de lignina, responsável pela baixa digestibilidade da forragem. Forrageiras com valor de FDA até 30% são consumidas em altos níveis, ao contrário daquelas com teores superiores a 40% (Simon *et al.*, 2009). Observou-se no presente trabalho que os teores de FDA encontram-se abaixo do limite de 40%, recomendado para que haja uma boa digestibilidade de massa seca.

Os carboidratos estruturais, representados pela pectina, celulose e hemicelulose, são considerados elementos importantes na determinação da qualidade das forragens, onde a natureza e a concentração desses elementos na parede celular são os principais determinantes do consumo e da degradabilidade dos alimentos volumosos (Van Soest, 1994). Sendo assim, práticas de manejo que favorecem o aumento dos teores dos componentes fibrosos são consideradas indesejáveis.

Existe grande variação entre os vegetais quanto aos teores dos carboidratos estruturais, ou seja, celulose e hemicelulose. A celulose é o componente estrutural mais importante, e seu aproveitamento pelo animal depende do grau de lignificação dessa fração da FDA (Van Soest, 1994). A celulose representa a maior parte da FDA e a hemicelulose integra a FDN e é calculada pela diferença entre FDN e FDA, sendo mais digerível que a celulose (Silva & Queiroz, 2002). É interessante elevar o teor de hemicelulose e diminuir o de celulose. Houve ampla variação entre os genótipos para a variável celulose (Tabela 1). O genótipo BD-08 destacou-se apresentando a menor média, não diferindo do BD-43, BD-23, BD-25, BD-38 e B. Roxa. Para a fração hemicelulose não houve diferença entre os genótipos, que apresentaram teor médio igual a 6,9% na MS (Tabela 1).

Em um alimento são desejáveis baixos teores de lignina por favorecer a digestibilidade das fibras e consequente-

mente da MS. O genótipo BD-23 apresentou teor de lignina inferior ao da B. Roxa e semelhante aos demais genótipos (Tabela 1). Loures *et al.* (2005) verificaram que os teores de lignina aumentam com o emurchecimento, o que reduz o valor nutricional da forrageira, pois quando ligada à celulose e hemicelulose, a lignina forma o complexo lignocelulose, principal fator limitante à degradação dos carboidratos estruturais no rúmen.

De acordo com Machacek & Kononoff (2009), existe uma redução da digestibilidade da PB com o aumento dos teores de NIDA. Verificou-se que os genótipos BD-43 e BD-23 se destacaram em relação à Brazlândia Roxa com menor valor de NIDA e não diferiram dos genótipos BD-31TO, BD-08, BD-25 e BD-38 (Tabela 1). Verifica-se que os genótipos BD-43, BD-23 e BD-25 apresentam teores de NIDA inferiores a 20%, o que de acordo com Van Soest & Mason (1991) é o limite para que não haja comprometimento na utilização do nitrogênio em razão da redução da sua disponibilidade e na diminuição da PB e da MS.

Houve diferença entre genótipos quanto ao teor de cinzas (Tabela 1), sendo que o BD-31 TO apresentou teor superior aos genótipos BD-43 e BD-25 e não diferiu dos demais. Teores de cinzas mais altos são desejáveis, principalmente quando apresentam proporções mais elevadas de Ca e P.

Para os teores de carboidratos solúveis (CS) verificou-se variação de 9,4 a 13,7%, e os genótipos BD-43 e BD-23 foram os que mais se destacaram, apresentando médias de 13,7 e 13,3%, respectivamente (Tabela 1). No entanto, todos os valores relatados no presente trabalho estão acima dos 8% da MS, indicados por Woolford (1984) como teor mínimo necessário para garantir uma intensa fermentação láctica. No processo fermentativo normal, estes carboidratos são convertidos a ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico, provocando a redução de pH (McDonald *et al.*, 1991).

Não houve diferença entre os genótipos para a capacidade tampão, sendo constatado valor médio de 5,6 eq mg HCl/100 g MS (Tabela 1). O poder tampão de uma forragem consiste em

sua capacidade de resistir às variações de pH (McDonald, 1981). Para o sucesso da ensilagem, é necessário garantir a fermentação láctica e inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, como clostrídios, enterobactérias, leveduras e fungos. O controle do desenvolvimento de clostrídios depende da redução do pH e do aumento da pressão osmótica (Coan *et al.*, 2007).

Não foi observada diferença significativa para os valores de CF entre os genótipos, sendo observado valor médio igual a 37,2 (Tabela 1), o que comprova o elevado potencial de ensilabilidade das ramas de batata-doce. De acordo com Weissbach & Honig (1996), valores de CF superiores a 35 garantem fermentação adequada e obtenção de silagens lácticas.

Com o emurchecimento, o teor médio de MS das ramas dos genótipos de batata-doce, passou de 15,7 para 25,7% (Tabela 2), representando um incremento de 63%, tornando o teor de MS das ramas emurchecidas adequado para uma boa fermentação, dentro da faixa de 25 a 30%, considerada por Freitas *et al.* (2006) como ideal. O excesso de umidade favorece a obtenção de silagens butíricas, resultando em decomposição protéica e redução no valor nutritivo (Ferrari Júnior & Lavezzo, 2001).

Foi constatado efeito do emurchecimento sobre os teores de PB, que passou de 11,0 nas ramas *in natura* para 11,9% na MS nas ramas emurchecidas, com uma variação de 8% (Tabela 2). Carvalho *et al.* (2007) observaram redução de 1,2% no valor de PB após o emurchecimento do capim-elefante por 8 horas. Bergamaschine *et al.* (2006) verificaram redução de 20,1% no teor de PB do capim-marandu submetido ao emurchecimento por 4 horas ao sol e atribuiu esse fato à perda de proteína solúvel pelo extravasamento do conteúdo celular durante o emurchecimento ou à perda de fragmentos de folhas durante o recolhimento da forragem emurchecida. Não foi observada perda de folhas nas ramas de batata-doce durante o recolhimento e picagem no presente estudo.

O emurchecimento promoveu elevação de 43% no teor de FDA (Tabela 2), tornando as ramas emurchecidas de pior qualidade que as *in natura*. A digestibili-

dade de um alimento está relacionada à FDA e teores mais elevados dessa fração indicam uma maior proporção dos componentes fibrosos, notadamente de lignina, responsáveis pela baixa digestibilidade da forragem. Possivelmente, o aumento dos teores da fração fibrosa está relacionado com o consumo de carboidratos solúveis no processo de respiração celular durante o emurchecimento. Carvalho *et al.* (2007) e Ferrari Júnior & Lavezzo (2001) verificaram redução de 2,3 e 5,1 pontos percentuais no valor de FDA após o emurchecimento do capim-elefante por 8 horas.

Com o emurchecimento, os teores de celulose e lignina aumentaram em 5,0 e 7,0 pontos percentuais, respectivamente, passando de 19,3 para 24,3 e de 8,5 para 15,5% da MS (Tabela 2). A exposição ao sol tende a aumentar a respiração celular, diminuindo a concentração de carboidratos solúveis e aumentando os componentes fibrosos por um efeito de concentração. Carvalho *et al.* (2007) verificaram redução de 6,0% no teor de celulose e não observaram alteração no teor de lignina após emurchecer o capim-elefante por 8 horas.

Não foi observada diferença no teor de hemicelulose com o emurchecimento das ramas, com média de 7,6% na MS (Tabela 2). Carvalho *et al.* (2007) também não observaram alterações no teor de hemicelulose do capim-elefante emurchecido por 8 horas, mantendo-se em 27,3% MS.

Houve efeito do emurchecimento sobre os teores de cinzas, com incremento de 13% nas ramas emurchecidas (Tabela 2), o que está relacionado ao aumento da concentração dos componentes minerais após a perda de água das células. Carvalho *et al.* (2007) observaram aumento de 2% nos teores de cinzas após o emurchecimento do capim-elefante.

O emurchecimento promoveu aumento no teor de NIDA, que passou de 9,7 para 32,8% do N total nas ramas emurchecidas (Tabela 2). Do ponto de vista nutricional, não é desejável aumento nos teores de NIDA, pois o nitrogênio retido na FDA é indisponível aos microrganismos ruminantes (Van Soest, 1994), o que torna as ramas *in natura* de melhor qualidade que as ramas emurchecidas. Nas ramas *in natura* o teor de NIDA se

encontra abaixo do limite ideal de 20% proposto por Van Soest & Mason (1991). Carvalho *et al.* (2007), ao avaliarem o efeito do emurchecimento observaram aumento no teor de NIDA em 11,2 unidades percentuais no capim-elefante emurchecido por 8 horas. Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), ao avaliarem o efeito do emurchecimento por 8 horas sobre a composição do capim elefante, verificaram aumento nos teores de NIDA na ordem de 5,4 unidades percentuais. Os teores de MS e o tempo de emurchecimento são determinantes para os teores de NIDA. Durante a secagem, podem ocorrer perdas de compostos nitrogenados através da conversão da proteína em formas mais simples de nitrogênio não protéico (NNP) solúvel. Assim, o desdobramento da proteína na presença de umidade é muito rápido, e o tempo de secagem influenciará a extensão da degradação.

Houve efeito negativo do emurchecimento sobre o teor de CS, com redução de 49%, passando de 15,0% nas ramas *in natura* para 7,6% nas ramas emurchecidas (Tabela 2), concentração inferior ao mínimo de 8%. Este fato está relacionado com o consumo de CS, devido à respiração das ramas no campo durante o processo do emurchecimento podendo limitar a produção de ácido láctico e consequentemente dificultar a redução no valor de pH nas silagens. Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), avaliando a qualidade da silagem de capim-elefante emurchecido, observaram redução de aproximadamente 13% nos níveis de CS, após oito horas de emurchecimento e, Bergamashine *et al.* (2006), avaliando a qualidade e o valor nutritivo de silagens de capim-marandu, após o emurchecimento por quatro horas ao sol, observaram redução de aproximadamente 6% no teor de CS. Esses resultados indicam que quanto maior o tempo de exposição ao sol, maior a perda de CS, o que poderia justificar a diferença entre os trabalhos, além do efeito da temperatura e umidade relativa do ar. De acordo com Dawson *et al.* (1999), quanto mais rápida a taxa de secagem, mais eficiente é o emurchecimento, sobrepondo-se aos efeitos da fermentação da silagem com umidade original.

Não foi observada diferença para

a CT após o emurchecimento, sendo constatado valor médio igual a 5,6 eq mg HCl/100 g MS (Tabela 2). O valor obtido no presente experimento se encontra abaixo dos valores relatados por diversos autores avaliando forrageiras tropicais. Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), avaliando a qualidade da silagem de capim-elefante emurchecido, observaram aumento de aproximadamente 7% na CT, após oito horas de emurchecimento, obtendo valor médio igual a 16,0 eq mg HCl/100 g MS, e, Bergamashine *et al.* (2006), avaliando qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu após o emurchecimento por quatro horas ao sol, observaram redução de aproximadamente 13%, obtendo valor médio de 24,4 eq mg HCl/100 g MS.

Não foi observado efeito do emurchecimento sobre a CF, de maneira que as ramas *in natura* e emurchecidas apresentaram média de 37,2 (Tabela 2). Observou-se que os valores encontrados para ramas *in natura* e emurchecidas garantem um elevado potencial de ensilabilidade, uma vez que, de acordo com Weissbach & Honig (1996), valores de CF superiores a 35 garantem a obtenção de silagens lácticas. Coan *et al.* (2007) observaram baixa capacidade fermentativa para os capins Tânzania e Marandu, obtendo valores abaixo de 35. Os teores mais elevados de MS nas ramas emurchecidas compensaram o mais baixo teor de CS, tornando a CF das ramas semelhante.

A interação entre genótipos e emurchecimento foi significativa para o teor de FDN (Tabela 3). As ramas emurchecidas apresentaram teores mais elevados de FDN em todos os genótipos. O teor de FDN é um importante parâmetro que define a qualidade da forragem, sendo que valores acima de 60% correlacionam-se negativamente com o consumo voluntário de MS pelos animais (Van Soest, 1994). Todos os valores obtidos para as ramas *in natura* ou emurchecidas encontram-se abaixo de 50%, indicando boa qualidade e aptidão para consumo animal.

Nas ramas *in natura*, os genótipos BD-08, BD-25 e BD-43 apresentaram teores de FDN inferiores ao do genótipo Brazlândia Roxa. Nas ramas emurchecidas,

o genótipo BD-43 diferiu dos genótipos BD-08, BD-25 e BD-38, apresentando um teor de FDN de 44,6% na MS.

Observa-se que o emurchecimento promoveu incremento médio de aproximadamente 31,6% na fração FDN dos genótipos. O genótipo BD-08 foi o mais afetado, com o teor de FDN passando de 33,4 nas ramas *in natura* para 48,5% na MS nas ramas emurchecidas, representando um aumento de 45%. Para o genótipo BD-25 o aumento foi de 38,9%. O genótipo BD-43 figurou entre os de teores mais baixos tanto nas ramas *in natura* (33,8%) como nas emurchecidas (44,6%). O emurchecimento a pleno sol tende a aumentar a respiração celular, diminuindo a concentração de carboidratos solúveis e aumentando os teores de FDN e FDA (Quaresma *et al.*, 2010). No entanto, Carvalho *et al.* (2007), avaliando o efeito do emurchecimento por 8 horas no capim-elefante, registraram redução de 3,5% no teor de FDN. Ferrari Júnior & Lavezzo (2001) registraram redução de 4,6% no teor de FDN após o emurchecimento do capim-elefante por 8 horas. Os resultados referentes aos efeitos do emurchecimento no teor de FDN, na literatura científica, são controversos, variando com as espécies e com as condições climáticas e de manejo.

Os genótipos de batata-doce apresentaram boa produtividade de massa seca de ramas, destacando-se BD-25, BD-08 e BD-23. O emurchecimento aumentou os teores de massa seca, proteína bruta e cinzas; entretanto, promoveu a redução nos teores de carboidratos solúveis e a elevação na fração fibra, tornando as ramas emurchecidas de qualidade inferior.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, FAPEMIG e CAPES pela concessão das bolsas de estudos e recursos para o desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHINE AF; PASSIPIÉRI M; VERIANO FILHO WV; ISEPON OJ; CORREA LA. 2006 Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchecida. *Revista*

- Brasileira de Zootecnia* 35: 1454-1462.
- CARVALHO GGP; GARCIA R; PIRES AJV; PEREIRA OG; AZEVÊDO JAG; CARVALHO BMA; CAVALI J. 2007. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36: 1495-1501.
- CARVALHO GGP; GARCIA R; PIRES AJV; PEREIRA OG; FERNANDES FEP; CARVALHO BMA. 2008. Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 60: 234-242.
- CAVALCANTE M; FERREIRA PV; PAIXÃO SL; COSTA JG; PEREIRA RG; MADALENA JAS. 2009. Potenciais produtivo e genético de clones de batata-doce. *Acta Scientiarum* 31: 421-426.
- COAN RM; REIS RA; GARCIA GR; SCHOCKEN-ITURRINO RP; FERREIRA DS; RESENDE FD; GURGEL FA. 2007. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36: 1502-1511.
- DAWSON LER; FERRIS CP; STEEN RWJ; GORDON FJ; KILPATRICK DJ. 1999. The effects of wilting grass before ensiling on silage intake. *Grass and Forage Science* 54: 237-247.
- EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. 2006. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa-SPI. 306 p.
- FERRARI JÚNIOR E; LAVEZZO W. 2001. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurchecido ou acrescido de farelo de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30: 1424-1431.
- FERREIRA ACH; NEIVA JNM; RODRIGUEZ NM; CAMPOS WE; BORGES I. 2009. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38: 223-229.
- FERREIRA DF. 2011. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia* 35: 1039-1042.
- FIGUEIREDO JA; ANDRADE JUNIOR VC; PEREIRA RC; RIBEIRO KG; VIANA DJS; NEIVA IP. 2012. Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. *Horticultura Brasileira* 30: 708-712.
- FREITAS AWP; PEREIRA JC; ROCHA FC; COSTA MG; LEONEL FP; RIBEIRO MD. 2006. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35: 38-47.
- HARTEMINK AE; POLOMA S; MAINO M; POWELL KS; EGANAE J; O'SULLIVAN JN. 2000. Yield decline of sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79: 259-269.
- LOURES DRS; NUSSIO LG; PAZIANI SF; PEDROSO AF; MARI LJ; RIBEIRO JL; ZOPOLLATTO M; SCHMIDT P; JUNQUEIRA MC; PACKER IU; CAMPOS FP. 2005. Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim-Tanzânia sob efeitos do emurchecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológico. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:726-735.
- MACHACEK KJ; KONONOFF PJ. 2009. The relationship between acid detergent insoluble nitrogen and nitrogen digestibility in lactating dairy cattle. *The Professional Animal Scientist* 2: 701-708.
- MCDONALD P. 1981. *The biochemistry of silage*. New York: John Wiley. 207p.
- MCDONALD P; HENDERSON AR; HERON S. 1991. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe. 340 p.
- MERTENS DR. 1994. Regulation of forage intake. In: FAHEY JRGC. (ed). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy. p.450-493.
- MONTEIRO AB. 2007. Silagens de cultivares e clones de batata-doce para alimentação animal visando a sustentabilidade da produção agrícola familiar. *Revista Brasileira de Agroecologia* 2: 978-981.
- PLAYNE MJ; MCDONALD P. 1966. The buffering constituents of herbage. *Journal of Food Science and Agriculture* 17: 264-268.
- QUARESMA JPS; ABREU JG; ALMEIDA RG; CABRAL LS; OLIVEIRA MA; RODRIGUES RC. 2010. Recuperação de matéria seca e composição química de silagens de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas a períodos de pré-emurchecimento. *Ciência Agrotécnica* 34: 1232-1237.
- RANGRAB LH; MÜHLBACH PRF; BERTO JL. 2000. Silagem de alfafa colhida no início do florescimento e submetida ao emurchecimento e à ação de aditivos biológicos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29: 349-356.
- SANTOS MVF; GÓMEZ CASTRO AG; PEREA JM; GARCÍA A; GUIM A; PÉREZ HERNÁNDEZ M. 2010. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia* 59: 26.
- SILVA DJ; QUEIROZ AC. 2002. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV. 235p.
- SIMON JE; LOURENÇO JÚNIOR JB; FERREIRA GDG; SANTOS NFA; NAHUBS; MONTEIRO EMM. 2009. Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na amazônia oriental. *Amazônia: Ciência. & Desenvolvimento* 4: 103-119.
- VALADARES FILHO SC. 1981. *Digestibilidade aparente e locais de digestão da matéria seca, energia e carboidratos de feno de soja perene*. Belo Horizonte: UFMG, 88p. (Tese doutorado).
- VAN SOEST PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Cornell University Press, 476 p.
- VAN SOEST PJ; MASON VC. 1991. The influence of Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Animal Feed Science and Technology* 32: 45-53.
- VIANADJS; ANDRADE JÚNIOR VC; RIBEIRO KG; PINTO NAVD; NEIVA IP; FIGUEIREDO JA; LEMOS VT; PEDROSA CE; AZEVEDO AM. 2011. Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. *Ciência Rural* 41: 1466-1471.
- WEISSBACH F; HONIG H. 1996. Über die vorhersage und steuerung des gärungsverlaufs bei der silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. *Landbauforschung Volkenrode* 1: 10-17.
- WOOLFORD MK. 1984. *The silage fermentation*. New York: Marcel Dekker. 305p.