

## Volumosos tratados com aditivos químicos: valor nutritivo e desempenho de ruminantes

Nascimento, T.V.C.<sup>1@</sup>; de Carvalho, G.G.P.<sup>1</sup>; de Freitas Júnior, J.E.<sup>1</sup> e de Souza, W.F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Bahia. Salvador. Bahia. Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Federal Goiano. Câmpus Rio Verde. Rioverde Goiás. Brasil.

### PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Ácido fórmico.  
Bagaço de cana.  
Benzoato de sódio.  
Carbonato de cálcio.  
Hidróxido de sódio.  
Óxido de cálcio.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Formic acid.  
Sugar cane bagasse.  
Sodium benzoate.  
Calcium carbonate.  
Sodium hydroxide.  
Calcium oxide.

### INFORMACIÓN

Cronología del artículo.  
Recibido/Received: 17.04.2015  
Aceptado/Accepted: 09.12.2015  
On-line: 15.10.2016  
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:  
thiagovcn\_vei@hotmail.com

### INTRODUÇÃO

A produção de forragem para alimentação de ruminantes no Brasil é afetada por diversos fatores am-

### RESUMO

Objetivou-se reunir informações sobre a ação de aditivos químicos em volumosos para alimentação de ruminantes. Aditivos químicos podem melhorar a utilização de materiais de menor qualidade, como subprodutos da agroindústria e forrageiras com características indesejáveis, para os processos de ensilagem e fenação. Os principais aditivos químicos utilizados têm características alcalinas que interferem na fermentação de silagens, alterando o pH e, consequentemente, a composição da microbiota, o que favorece ou inibe grupos de microrganismos. Como resultados podem reduzir as perdas por gases e efluentes ou, ainda, diminuir a degradação dos carboidratos solúveis, bem como inibir a produção de metabólitos indesejáveis, como ácido acético e etanol. Aditivos alcalinos à base de sais de cálcio e de sódio podem beneficiar a modificação da parede celular, tornando alguns compostos mais expostos e favorecendo o aumento da digestibilidade da matéria seca. Já os aditivos ácidos podem reduzir as perdas e melhorar o aproveitamento do alimento pelos animais, constituindo-se interessante opção para reduzir as perdas na ensilagem e fenação, além de viabilizar o uso de materiais com características desfavoráveis para conservação. A utilização de aditivos químicos na produção de feno e de silagens é, portanto, uma alternativa viável por melhorar o valor nutritivo dos alimentos, proporcionando respostas satisfatórias no desempenho de ruminantes.

### Forages treated with chemical additives: nutritional value and ruminants performance

### SUMMARY

This study aimed at gathering information on the action of chemical additives used in roughage for their application in ruminant feeding. Chemical additives can improve the use of lower quality materials such as by-products of agribusiness and forage with undesirable characteristics for silage and hay production processes. The main chemical additives present alkaline properties that may interfere with the fermentation of silage by modifying pH, and consequently the composition of the microflora, thus favouring or inhibiting microbial groups. As a result, they can reduce effluents and gas losses, while diminishing the degradation of soluble carbohydrates, as well as inhibiting the production of undesirable metabolites such as acetic acid and ethanol. Calcium and sodium salts based alkaline additives may promote the modification of the cell wall, increasingly exposing some compounds, so that making the dry matter digestibility increase easier. Yet, acid additives can reduce losses and improve feed utilization by animals, becoming an interesting option in order to reduce the losses in silage and hay products, making it feasible to use materials with adverse characteristics for preservation. The use of chemical additives for the production of hay and silage is, therefore a feasible alternative to improve the nutritional value of food, providing us with satisfactory responses in the performance of ruminants.

bientais, principalmente pela temperatura durante o inverno nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste e pela pluviosidade em todo o semiárido brasileiro. No Brasil, de forma geral, a concentração das chuvas em

determinados períodos do ano ocasiona desequilíbrio e estacionalidade na produção e qualidade de forragens. Para reduzir os efeitos dessa estacionalidade, uma das estratégias comuns é o uso de técnicas para conservação do excedente de volumoso no período de maior produtividade ou, ainda, para possibilitar a utilização de subprodutos da agroindústria e diminuir o déficit de forragens no período mais adverso (Rabelo *et al.*, 2013).

A produção de fenos e silagens e a amonização de materiais de baixa qualidade nutricional, como o bagaço de cana, são alternativas para não comprometer o desempenho animal durante o período de escassez de forragem (Reis *et al.*, 2001; Neumann *et al.*, 2007; Murta *et al.*, 2011).

No entanto, a confecção de silagem de gramíneas tropicais pode ser dificultada pelo baixo teor de carboidratos solúveis e pelo alto poder tampão dessas forrageiras, características que afetam a proliferação de bactérias produtoras dos ácidos acético, láctico e 1,2 propanodiol, ácidos orgânicos responsáveis pela conservação da silagem (McDonald *et al.*, 1991; Henderson, 1993; Ranjit e Kung Jr., 2000; Nishino *et al.*, 2003). A menor produção desses ácidos na ensilagem afeta a queda do pH e favorece processos deletérios, como as fermentações etílica e butírica, indicativas de degradação de carboidratos e proteínas e, como consequência, reduz o valor nutritivo da silagem. Além disso, algumas toxinas bacterianas, como as endotoxinas (enterobactérias), a toxina botulínica (*Clostridium botulinum*) e micotoxinas, podem ser produzidas durante o processo de conservação e afetar a saúde dos animais (Wilkinson, 1999; Whitlock *et al.*, 2000; Wilkinson e Davies, 2013).

Outro fator importante é o ponto de colheita dos materiais, já que teores de matéria seca inferiores a 25% são desfavoráveis ao processo fermentativo da silagem, tornando necessária a inclusão de aditivos (Bureenok *et al.*, 2012). Os aditivos químicos são uma opção para processo de fenação, pois reduzem a complexidade da parede celular vegetal, tornando esses carboidratos mais acessíveis às bactérias do rúmen, além de aumentarem a quantidade de proteína bruta disponível (Reis *et al.*, 2001).

Nos processos de conservação de forragem, a utilização de aditivos químicos é uma alternativa por esses aditivos melhorarem a qualidade nutricional dos alimentos conservados, seja pela maior recuperação de matéria seca (Yitbarek e Tamir, 2014) seja pela melhoria da digestibilidade dos alimentos, favorecendo a aceitabilidade pelos animais (Murta *et al.*, 2011; Rabelo *et al.*, 2013).

Considerando as características supracitadas, os aditivos podem ser classificados de diversas formas. Segundo McDonald *et al.* (1991), os aditivos podem ser classificados de acordo com a sua atuação na silagem, estimulando ou restringindo a fermentação, bem como adicionando nutrientes, como carboidratos, que irão favorecer a fermentação, ou, ainda, como adsorventes moduladores do teor de umidade. Henderson (1993), por sua vez, classificou os aditivos como químicos ou biológicos, tendo como base sua natureza.

Neste trabalho será utilizada a classificação preconizada por Henderson (1993), enfatizando a ação dos aditivos químicos, como os produtos alcalinos, que alteram a exposição da celulose e hemicelulose complexadas na parede celular do material utilizado, modificam o perfil fermentativo inibindo o crescimento de determinados grupos de microrganismos e promovem o aumento do teor de matéria seca, reduzindo perdas (Merrill *et al.*, 2012). Em contrapartida, quando adicionados ácidos, esses aditivos podem favorecer a proliferação de determinados grupos de bactérias, provocando fermentações desejáveis (Henderson, 1993; Valeriano *et al.*, 2007; Neumann *et al.*, 2010). Esses aditivos também podem ser utilizados em conjunto com cepas de alguns microrganismos no intuito de proporcionar condições favoráveis para que haja colonização mais rápida e, consequentemente, menor proteólise, maior concentração de ácido láctico e menores teores dos ácidos acético e butírico (Henderson, 1993; Kleinschmit *et al.*, 2005). Nesta revisão, objetivou-se reunir informações sobre a ação de aditivos químicos em forragens conservadas e sobre a utilização dessas forragens na alimentação de ruminantes.

## ADITIVOS QUÍMICOS

Aditivos podem exercer diferentes ações no material a ser conservado. As ações podem ser de inibição, quando os aditivos agem seletivamente sobre determinados microrganismos e inibem processos indesejáveis, como as fermentações butírica, etílica e acética (Kung Jr., 2010), em geral realizadas por bactérias do gênero *Clostridium* e fungos dos tipos leveduras e bolores (Rezende *et al.*, 2011). Os aditivos podem agir também como adsorventes quando incluídos no intuito de reduzir a umidade do material e são muito utilizados na ensilagem de gramíneas que possuem alto teor de umidade no momento ideal para corte, em torno de 80%. De acordo com McDonald *et al.* (1991), para boa fermentação, é desejável que o material contenha 65 a 72% de umidade e percentual de carboidratos solúveis de no mínimo 3% da matéria natural (MN), já que teores de umidade superiores a 75% e baixa disponibilidade de carboidratos solúveis podem comprometer o processo fermentativo da silagem.

Essas características do material a ser ensilado influenciam as fases do processo de ensilagem em que ocorre a participação de algumas enzimas ligadas aos processos de respiração, proteólise e degradação de polissacarídeos e que reduzem o valor nutritivo da silagem, podendo afetar o processo fermentativo, pela inibição da proliferação das bactérias ácido-lácticas, principais responsáveis pela redução do pH da silagem, e ainda promovem um ambiente favorável a microrganismos deletérios, como fungos, bolores, enterobactérias e clostrídios (Henderson, 1993). Entre os principais efeitos deletérios de fermentações indesejáveis, destaca-se a degradação de proteínas e aminoácidos livres (proteólise) oriundos do material, que gera o nitrogênio amoniacal, que é um indicativo do processo, fato que reduz a qualidade nutricional do material. Essa fermentação também aumenta o pH e favorece a produção de calor e a esporulação de bactérias oportunistas, reduzindo a qualidade da silagem, além

de favorecer os microrganismos a produzir metabólitos que causam odor repugnante. Outras consequências são a inibição do consumo de silagem, a modificação do tempo de exposição ao ar na abertura, a queda da resistência ao estresse oxidativo e a redução do tempo de viabilidade para utilização da silagem (Ranjit e Kung Jr., 2000).

Keady *et al.* (2013) ressaltaram que a qualidade original do alimento é importante para garantir uma silagem com valor nutricional adequado e que a fermentação desejável de uma silagem bem feita garante sua ingestão, influenciando positivamente no desempenho animal. Portanto, o uso de aditivos em alimentos como fenos, palhadas e resíduos agroindustriais melhora o seu valor nutritivo, possibilitando sua utilização na alimentação animal.

#### ADITIVOS ALCALINOS

Há muitas possibilidades de uso de aditivos alcalinos no processo de ensilagem e suas funções incluem inibir fermentações indesejáveis por fungos e bactérias do gênero *Clostridium*, aumentar o teor de proteína bruta e atuar como fonte de cálcio, agente receptor de elétrons, inibidor de respiração celular e bactericida (Neumann *et al.*, 2010). Além disso, o uso desses aditivos pode melhorar a digestibilidade da fibra, pois provocam expansão da celulose, reduzindo as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, que ligam as moléculas de celulose e hemicelulose, solubilizando e aumentando a digestibilidade dessas frações (Van Soest, 1994; Longhi *et al.*, 2013).

Os aditivos alcalinos são agrupados de acordo com os principais elementos químicos ativos. Nesta revisão, serão enfatizadas as três classes de aditivos alcalinos mais utilizadas na conservação de forragens.

#### COMPOSTOS NITROGENADOS

Entre os compostos nitrogenados, os mais utilizados são a ureia ( $\text{NH}_2\text{COONH}_2$ ), a amônia anidra ( $\text{NH}_3$ ) e o sulfato de amônio ( $\text{NH}_4$ )<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, importantes fontes de nitrogênio não-proteico. A utilização desses aditivos é recomendável em materiais com baixos teores de proteína bruta, como silagens de milho colhido tardiamente ou forragens com elevado teor de fibra. É desejável ainda em silagens de cana-de-açúcar, que possui alto teor de carboidratos solúveis, susceptíveis a fermentações indesejáveis, evitando a elevada produção de etanol. A utilização de compostos nitrogenados em silagens de gramíneas, como capim-elefante, por terem alto teor de umidade, podem controlar as fermentações indesejáveis. Esses compostos podem ser utilizados ainda após a fenação, em processos conhecidos como amonização, para melhorar o aproveitamento de subprodutos ricos em fibra, como palhadas (Khejornsart e Wanapat, 2011).

No uso desses compostos, deve-se levar em consideração o teor de matéria seca (MS) da forragem, uma vez que a utilização desses aditivos em materiais com teor de matéria seca menor que 20% pode provocar a volatilização excessiva da ureia (Neumann *et al.*, 2010). Na ensilagem de gramíneas, também deve ser observado o poder tamponante desses compostos, que, somado ao baixo teor de carboidratos solúveis presente no

material, que pode retardar a queda de pH e prejudicar a produção de ácido láctico. Dessa forma, Conagam *et al.* (2010) relataram que a inclusão de tetra formato de amônia pode ser uma alternativa interessante quando se utilizam materiais com pouco carboidrato solúvel e alto poder tamponante, como o azevém, principalmente quando contém alto teor de umidade, uma vez que favorece a preservação do carboidrato solúvel e reduz o pH melhorando a proliferação das bactérias homofermentativas. Esse composto adicionado rapidamente se dissipa em ácido fórmico e amônia, o que promove a queda do pH (Kung Jr. *et al.*, 2003).

Segundo Matos (2008), a utilização desses compostos, especialmente ureia, é uma forma de se aumentar o teor de nitrogênio no material de forma economicamente viável. A formação do composto hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), oriundo da reação da  $\text{NH}_3$  com a água presente na silagem provoca aumento do pH, fator limitante ao desenvolvimento de leveduras (Lopes e Evangelista, 2010). Segundo Lopes e Evangelista (2010), silagens de cana-de-açúcar sem ureia apresentam pH próximo de 3,76, teor de nitrogênio amoniacal de 2,06% e leveduras na ordem de 5,41 ufc/g MV (unidades formadoras de colônias/grama de matéria verde, MV). Em contrapartida, com a inclusão de 1,5% de ureia na MV, esses autores obtiveram valores de pH 6,48; teor de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) de 36,68%; e de leveduras, 4,24 ufc/g MV.

Diaz *et al.* (2013) observaram que a inclusão de solução aquosa de amônia em 0,9 kg/L na proporção de 16 g/kg MV em silagem de milho promoveu alto pH, 7,56, e concentração de carboidrato solúvel de 40,7 g/kg MS em comparação à inclusão de aditivos microbianos e ao controle, embora não tenham observado diferenças para as variáveis analisadas, instabilidade aeróbica, fungos e bolores. Isso pode ser explicado pela ação inibitória da amônia nas bactérias homofermentativas, impedindo que degradem o carboidrato solúvel a ácido láctico.

Sarmento *et al.* (1999) trabalharam com cinco níveis de ureia (0; 2,5; 5; 7,5; 10%) na ensilagem de bagaço de cana, com três tempos de aeração, e verificaram que os teores de fibra detergente neutro (FDN) reduziram de 89,51% para 83,62% com o aumento dos níveis de ureia, independentemente do período de aeração. Observaram ainda que o período de aeração promoveu maior volatilização da amônia e influenciou negativamente na redução de FDN. Nesse mesmo trabalho, houve aumento significativo da inclusão da ureia sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), que elevou de 32,89% para 50,65%. Na **tabela I** constam alguns resultados de trabalhos em que a inclusão de aditivos nitrogenados alterou o valor nutritivo de silagens.

A utilização de compostos nitrogenados no processo de amonização também promove a alteração do complexo lignina-celulose-hemicelulose da parede celular. Reis *et al.* (1991) destacaram que a inclusão de 6% de amônia anidra na fenação do capim-gordura promoveu redução de mais de 10 pontos percentuais no teor de hemicelulose e que o processo de amonização torna a fibra menos complexa, devido à maior exposição e liberação da hemicelulose, tornando menos

**Tabela I.** Composição química e digestibilidade *in vitro* de silagens adicionadas de aditivos nitrogenados (Chemical composition and *in vitro* digestibility of added nitrogen additive silages).

Volumoso	Aditivo	Nível	PB(%MS)	FDN(%MS)	pH	DIVMS	Autores
Silagem de cana-de-açúcar	ureia	0%	4,34 <sup>d</sup>	64,5 <sup>a</sup>	3,69	45,4 <sup>b</sup>	Pedroso <i>et al.</i> (2007)
		0,5%MN	9,87 <sup>c</sup>	57,7 <sup>b</sup>	3,67	50,3 <sup>a</sup>	
		1,0%MN	16,6 <sup>b</sup>	58,2 <sup>b</sup>	3,72	50,2 <sup>a</sup>	
		1,5%MN	22,7 <sup>a</sup>	55,4 <sup>b</sup>	3,83	49,3 <sup>a</sup>	
Silagem de raiz de mandioca	ureia	0%	4,9 <sup>d</sup>	7,4	3,85 <sup>b</sup>	-	Figuere-do <i>et al.</i> (2000)
		1,5%MN	14,0 <sup>c</sup>	6,8	3,97 <sup>ab</sup>	-	
		3,0%MN	23,5 <sup>b</sup>	6,2	4,01 <sup>ab</sup>	-	
		4,5%MN	31,5 <sup>a</sup>	5,6	4,34 <sup>a</sup>	-	
Silagem de sorgo	ureia	0%	7,87 <sup>d</sup>	64,89 <sup>a</sup>	3,74 <sup>d</sup>	64,78 <sup>d</sup>	Fernan-des <i>et al.</i> (2009)
		2,5%MN	15,84 <sup>c</sup>	63,04 <sup>b</sup>	3,95 <sup>c</sup>	67,89 <sup>c</sup>	
		5,0%MN	23,81 <sup>b</sup>	61,40 <sup>c</sup>	4,16 <sup>b</sup>	71,00 <sup>b</sup>	
		7,5%MN	31,79 <sup>a</sup>	59,76 <sup>d</sup>	4,37 <sup>a</sup>	74,11 <sup>a</sup>	
Bagaço de cana	Amônia anidra	0%MS	1,8	94,7	-	32,1	Pires <i>et al.</i> (2004)
		4%MS	16,9	75,8	-	59,8	
Fenos	Sem tratamento	0%	4,4 <sup>b</sup>	81,5 <sup>a</sup>	-	45,6 <sup>b</sup>	Reis <i>et al.</i> (2001)
	Amônia anidra	3%MS	12,7 <sup>a</sup>	75,5 <sup>b</sup>	-	61,2 <sup>a</sup>	
	Ureia	5,4%MS	13,9 <sup>a</sup>	77,4 <sup>b</sup>	-	57,3 <sup>a</sup>	
Silagem de Azevém	Tetraformato de amônio *matéria seca 35%	0%	17,3	-	4,4	-	Conagam <i>et al.</i> (2010)
		3L/t MN	17,2	-	4,4	-	
		6L/t MN	17,4	-	4,4	-	
	Tetraformato de amônio *matéria seca 15%	0%	15,7 <sup>a</sup>	-	5,5 <sup>c</sup>	-	
		3L/t MN	17,4 <sup>b</sup>	-	5,1 <sup>b</sup>	-	
		6L/t MN	18,6 <sup>c</sup>	-	4,8 <sup>a</sup>	-	
	Tetraformato de amônio *matéria seca 25%	0%	16,3	-	4,3 <sup>b</sup>	-	
		3L/t MN	16,8	-	4,3 <sup>b</sup>	-	
		6L/t MN	16,8	-	4,2 <sup>a</sup>	-	
Silagem de polpa de laranja com palha de trigo	**73% polpa 27% palha trigo		6,3 <sup>a</sup>	55,85	4,14 <sup>a</sup>	****61,8 <sup>b</sup>	Lashkari <i>et al.</i> (2014)
	**63% polpa 25% palha trigo 12%ureia		14,8 <sup>b</sup>	58,99	8,13 <sup>b</sup>	****55,8 <sup>a</sup>	

<sup>a,b</sup> letras minúsculas na mesma coluna são diferentes estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

PB = Proteína bruta; FDN = Fibra detergente neutro; MN = Matéria natural; MS = Matéria seca.

DIVMS = digestibilidade da matéria seca *in vivo*.

\*Neste experimento, os autores utilizaram três períodos de colheitas e o material ensilado possuía diferentes características bromatológicas e não houve comparação entre os períodos.

\*\*Tratamentos comparados pelos autores.

\*\*\*Degradabilidade das frações a e b da matéria seca.

presente na matéria seca, fato que ratifica informações de Van Soest (1994).

Gesualdi *et al.* (2001) compararam diferentes fontes de amônia, em diversos níveis de inclusão, na ensilagem de bagaço de cana e observaram que, no nível de 4% de inclusão, amônia anidra, ureia e sulfato de amônio promovem redução semelhante do teor de FDN, com relação a hemicelulose, enquanto, no bagaço tratado com 1% de inclusão, amônia anidra e sulfato de amônio promoveram melhores resultados em comparação à ureia. Neste mesmo trabalho, essas variáveis foram comparadas no terço superior da cana-de-açúcar, material mais úmido, e a redução de celulose foi mais significativa com ureia e sulfato de amônio, sobretudo nos níveis 1 e 4%.

Em estudo do desempenho animal, Martins (2013) avaliou a utilização de silagem de cana-de-açúcar adicionada de 1% de ureia e observou que as vacas alimentadas com a silagem tratada com ureia apresentaram menor ingestão de matéria seca (9,76 kg vs. 11,95 kg). Entretanto, mesmo com menor ingestão de matéria seca, o volume de leite produzido foi semelhante (13,16 kg/dia vs. 13,61 kg/dia) ao do grupo controle, assim como os demais parâmetros do leite, como gordura, proteína total e lactose.

Pires *et al.* (2004) notaram diferença estatística no desempenho de novilhas alimentadas com bagaço de cana com amônia anidra (706 g/dia no controle para 1026 g/dia no tratamento com 4% de NH<sub>3</sub>). Os autores observaram também maior consumo de MS, 4,85 kg/dia, no grupo controle em comparação ao grupo

alimentado com bagaço tratado com 4% de NH<sub>3</sub>, 6,81 kg/dia. Outros autores, como Diaz *et al.* (2013), avaliaram o desempenho de 32 novilhos charoleses de 427±27 kg confinados por 142 dias e alimentados com silagens de milho contendo solução aquosa de amônia em 0,9 kg/L na proporção de 16 g/kg MN e não detectaram diferença no desempenho dos animais.

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2008), esses autores avaliaram o desempenho de ovinos em crescimento alimentados com capim-elefante tratado com ureia na proporção de 5% da matéria seca e não observaram diferença estatística no consumo de matéria seca, que foi de 950 g/dia (3,43% peso corporal (PC)) para o capim não-amonizado e de 906 g/dia (3,33%PC) para o capim amonizado), comportamento semelhante ao observado para o consumo de FDN. Entretanto, houve diferença estatística no consumo de proteína bruta (0,339% PC para o capim não-amonizado contra 0,382%PC para o capim amonizado). Na avaliação do desempenho, o ganho de peso diário dos animais que consumiram capim não-amonizado foi de 100,5 g/dia, inferior (p<0,05) ao dos animais que consumiram capim amonizado (125,9 g/dia). Na literatura, os níveis recomendados para o uso de ureia variam de 0,5 a 1% da MS e de amônia anidra, de 2 a 4% de MS.

COMPOSTOS DE CÁLCIO

Em geral, as principais fontes de compostos de cálcio são cal virgem, óxido de cálcio (CaO), calcário e carbonato de cálcio. Esses compostos são oriundos de rochas calcíferas, possuem efeito alcalinizante na fibra e têm como vantagem a incorporação de cálcio no material ensilado. É necessário atentar, no entanto, aos limites para inclusão na dieta para não inibir o consumo (Domingues *et al.*, 2012). Além disso, compostos de cálcio são um bom agente redutor, possuem efeito tamponante e têm efeito no perfil fermentativo da silagem. Este efeito pode ser deletério por reduzir a formação de ácido láctico, responsável pela queda do pH e pela manutenção do ambiente anaeróbico, no qual a pouca produção de ácido láctico pode comprometer a estabilidade aeróbica da silagem após a abertura do silo (Longhi *et al.*, 2013; Wilkinson e Davies, 2013).

O uso desses compostos não é recomendável para materiais com alto teor de proteína bruta e com alta capacidade tampão, como a parte aérea da mandioca (Longhi *et al.*, 2013). Os compostos de cálcio têm sido utilizados na ensilagem de sorgo, uma vez que essa forrageira possui baixa capacidade tampão e baixos teores de cálcio (Pereira *et al.*, 2007).

Em silagens de cana-de-açúcar, em que há ocorrência de leveduras que fermentam os carboidratos hi-

**Tabela II.** Inclusão de compostos de cálcio nos alimentos e seus efeitos no desempenho animal (Inclusion of calcium compounds in feed and your effect on animal performance).

Categoria animal	Alimentos	Aditivo	Nível	CMS (g/dia)	PL (kg/dia)	GPD (g/dia)	GPT (kg/dia)	Autores
Cordeiros	Silagem de cana-de-açúcar	CaO	0%	387c	-	-16	-0,255 <sup>b</sup>	Rabelo <i>et al.</i> (2013)
			0,5%MS	537b	-	-30	-0,425 <sup>b</sup>	
			1,0%MS	701a	-	144	2,025 <sup>a</sup>	
			1,5%MS	574b	-	137	1,950 <sup>a</sup>	
Cordeiros	Silagem de cana-de-açúcar	CaO	0%MN	590	-	45,0 <sup>b</sup>	-	Magalhães <i>et al.</i> (2013)
			0,8%MN	769	-	84,7 <sup>a</sup>	-	
			1,6%MN	735	-	56,0 <sup>b</sup>	-	
			2,4%MN	673	-	49,2 <sup>b</sup>	-	
Touros	Palhada de milho	CaO	0%	-	-	-	487	Shreck <i>et al.</i> (2012)
			5%MS	-	-	-	534	
Vacas	Palhada de arroz	CaOH	0%	5.000b	7,4 <sup>b</sup>	-	-	Wanapat <i>et al.</i> (2013)
			2%	7.900a	9,6 <sup>a</sup>	-	-	
Cordeiros	Cana-de-açúcar	Ca(OH) <sub>2</sub>	0%	965,8	-	117	5,0	Freitas <i>et al.</i> (2008)
			0,5%	935,9	-	108	3,6	
			0,9%	962,6	-	137	5,8	
			0%	3.770 <sup>a</sup>	-	790a	66,3 <sup>a</sup>	
Novilhas Nelore	Cana-de-açúcar	CaO	0,5%MN (24h)	2.690 <sup>b</sup>	-	470b	39,5 <sup>b</sup>	Missio <i>et al.</i> (2013)
			0,5%MN (48h)	2.970 <sup>b</sup>	-	550b	46,2 <sup>b</sup>	
			0,5%MN (72h)	2.770 <sup>b</sup>	-	510b	42,8 <sup>b</sup>	

<sup>a,b</sup> letras minúsculas na mesma coluna são diferentes estatisticamente (p<0,05).

CMS=Consumo de matéria seca; PL=Produção de leite; GPD=Ganho de peso médio diário; GPT=Ganho de peso total; MN=Matéria Natural; MS=Matéria seca.

**Tabela III.** Inclusão de compostos de sódio nos alimentos e seu efeito no desempenho animal (Inclusion of Sodium compounds in feed and its effect on animal performance)

Categoria animal	Alimentos	Aditivo	Nível	CMS (g/dia)	GPD (g/dia)	GPT (kg/dia)	Autores
Cordeiros	Silagem de cana-de-açúcar	Cloreto de sódio	0%	387 <sup>c</sup>	-16	-0,255 <sup>b</sup>	Rabelo <i>et al.</i> (2013)
			0,5%MN	667 <sup>a</sup>	73	1,275 <sup>a</sup>	
			1,0%MN	467 <sup>c</sup>	-7	-0,100 <sup>b</sup>	
			2,0%MN	516 <sup>b</sup>	51	0,725 <sup>b</sup>	
Novilhas holandesas	Silagem de cana-de-açúcar	Benzoato de sódio	0%	8.720	940	56,2	Pedroso <i>et al.</i> (2006)
			0,1%MN	8.610	1.140	68,2	
Novilhas	Bagaço de cana	Sulfeto de sódio	0%	1.810	702	40	Pires <i>et al.</i> (2004)
			2,5%MS	2.440	684	39	

<sup>a,b</sup> valores seguidos de letras minúsculas na mesma coluna são diferentes estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

CMS=Consumo de matéria seca; GPD=Ganho de peso médio diário; GPT=Ganho de peso total; MN=Matéria natural; MS=Matéria seca.

drossolúveis em etanol e inibem do consumo de matéria seca, tem se utilizado óxido de cálcio associado a bactérias *Lactobacillus buchneri*, devido à habilidade dessas bactérias em degradar o ácido láctico e transformá-lo em ácido acético, que tem efeito citotóxico nas leveduras produtoras de etanol (Pádua *et al.*, 2014). Na literatura, tem-se relatos do uso desses aditivos, combinados ou não com ureia, inoculantes de cepas de bactérias homofermentativas como *Lactobacillus plantarum* ou até uso de melaço *in natura* ou em pó. Segundo Domingues *et al.* (2011), a inclusão de CaO em até 2% da MN aumenta o pH da silagem de cana de 5,56 para 12,16. Entretanto, esses autores observaram queda na ocorrência de leveduras (6,57 ufc/g MN a 2,56 ufc/g MN), resultado importante para reduzir a formação de etanol na silagem de cana-de-açúcar.

Amaral *et al.* (2009) compararam a inclusão de CaO e calcário e observaram que a adição desses compostos no nível de 1% reduziu as perdas gasosas em relação à matéria seca, que decresceram 21,4; 13,2 e 7,9% nos tratamentos controle, CaO e calcário, respectivamente. Em contrapartida, observaram aumento de 2,9; 4,4 e 6,0% na concentração de carboidratos solúveis nos tratamentos controle, CaO e calcário. Além disso, notaram redução na produção de etanol, de 4,3% do tratamento controle para 1,2% com a inclusão dos compostos de cálcio.

Balieiro Neto *et al.* (2007) concluíram que a recuperação de carboidratos não-fibrosos ( $p < 0,05$ ) só ocorre de forma eficiente quando o óxido de cálcio é incluído em níveis acima de 2%. Entretanto, a inclusão desse aditivo em níveis a partir de 0,5% é capaz de promover redução nos teores de fibra detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (Lig) e, segundo os autores, 1% de inclusão foi o menor nível capaz de promover aumento da DIVMS.

Na literatura os níveis recomendados para inclusão de compostos de cálcio variam de 1 a 2% para CaO e de 0,5 a 1% para carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) (Neumann *et al.*, 2010; Domingues *et al.*, 2011) e, em virtude de suas propriedades físico-químicas, não existem trabalhos com o uso desses aditivos em feno e bagaços.

### COMPOSTOS DE SÓDIO

A ação de compostos de sódio em forrageiras é semelhante às anteriormente citadas, tanto para os compostos nitrogenados como para os de cálcio. Entretanto, a principal peculiaridade desses compostos é que são necessárias concentrações muito reduzidas para que o seu efeito seja benéfico. O único composto de sódio que não representa perigo de intoxicação para o animal é o cloreto de sódio (NaCl) para o qual há relatos de até 8% de inclusão na MN (Ítavo *et al.*, 2010). Há relatos de uso desses compostos na forma de NaCl, hidróxido de sódio (NaOH), benzoato de sódio ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ ) e pirossulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) (Neumann *et al.*, 2010).

Knicky e Spörndly (2011) relataram que uma mistura de benzoato de sódio e nitrito de sódio pode reduzir a proliferação de leveduras e prolongar a estabilidade aeróbica da silagem. Siqueira *et al.* (2007) relataram que a inclusão de benzoato (0,1%MN) e hidróxido (1%MN) promoveu menores perdas por gases em comparação a um tratamento controle, 10,4; 7,4 e 16,4%, respectivamente. Esses mesmos autores observaram que as perdas por efluentes também diminuíram com a inclusão desses aditivos, resultando em perdas de 76,2% controle; 63,0% benzoato de sódio; e 3,2%, NaOH.

Schmidt *et al.* (2007) relataram que a inclusão de benzoato de sódio na ensilagem de cana-de-açúcar promoveu redução no teor de ácido isovalérico da silagem, que é indicativo de atividade microbiana por se tratar de um ácido graxo de cadeia ímpar, o que evidencia o efeito bactericida desse composto. Esses autores relataram ainda redução da relação ácido acético:ácido propiônico no líquido ruminal como efeito benéfico, tendo em vista que a redução dessa relação proporciona ao animal maior aporte de ácido propiônico, no qual é o principal precursor de glicose.

A inclusão de alguns compostos de sódio e como interferem no desempenho animal podem ser aspectos observados na literatura. Entretanto, alguns deles, como o hidróxido de sódio, não têm sido utilizados em experimentos sobre desempenho animal (**tabela III**).

Segundo Rezende *et al.* (2011), a inclusão de cloreto de sódio em níveis entre 1 e 2% aumenta a estabilida-

de aeróbica, semelhante que ocorre com a utilização de CaO, sem afetar o consumo. A dose recomendada pela literatura é de 0,05 a 0,1% de benzoato de sódio, que tem elevado poder bactericida e é utilizado na alimentação humana (Pedroso, 2003). De acordo com Pedroso *et al.* (2006), em pesquisa com a utilização de benzoato de sódio, houve tendência ( $p=0,0582$ ) de aumento no ganho de peso diário e redução da conversão alimentar, de 9,37 para 7,63 com a inclusão de 0,1% desse aditivo.

A recomendação da literatura para o uso do NaOH é de 1% a 1,5% na matéria natural (teixeira *et al.*, 2007). Com relação ao uso de pirossulfito de sódio, Neumann *et al.* (2010) citaram em sua revisão a recomendação de Liziere e Nascimento Júnior (1989), de 2 a 3 L para cada tonelada de matéria verde.

Não há relatos de uso de alguns compostos como NaOH, pirossulfito de sódio na alimentação de ruminantes. Alguns estudos levam em consideração apenas dados de fermentação, digestibilidade *in vitro* e efeito microbiológico em silos experimentais.

#### ADITIVOS ÁCIDOS

O uso de aditivos ácidos tem como principal objetivo a redução acentuada de pH. De acordo com Yahara e Nishibe (1975), os ácidos atuam na redução do pH da seguinte ordem: fórmico > láctico > acético > propiônico. A fermentação natural dos carboidratos solúveis do material no processo de ensilagem promove a redução do pH, pela permanência e propagação das bactérias homofermentativas, entretanto, dependendo do material, o uso de aditivos com essa característica pode ser prejudicial. Materiais com elevado teor de carboidratos solúveis podem favorecer a queda abrupta e acentuada e, dessa forma, promovem a formação de um ambiente que estimula o aparecimento de leveduras e a alteração do perfil fermentativo da silagem, com a produção em excesso de etanol e outros compostos orgânicos voláteis (metanol, 1-propanol, metil acetato e etilacetato), que inibem o consumo da silagem (Hafner *et al.*, 2014). Outro problema que pode ser ocasionado na ensilagem é que a adição de aditivos ácidos pode acentuar a perda por efluentes, já que ácidos atuam na desidratação do material, resultando em maiores perdas. A adição

de aditivos ácidos pode favorecer a queda do pH, relacionada ou não à produção de ácido láctico. Outro ácido que também é produzido e favorece a redução do pH é o acético, entretanto, a queda é menos acentuada e há a possibilidade de afetar o consumo do material por modificação na palatabilidade. A queda do pH ainda pode favorecer a exposição dos componentes da fibra, como a hemicelulose, e, assim, aumenta a fração potencialmente digestiva da FDN (Ítavo *et al.*, 2000; Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.*, 2013).

A adição de algumas cepas de bactérias homo e heterofermentativas pode atuar aumentando a produção dos ácidos láctico e acético, reduzindo o pH do material ensilado. As principais cepas são *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus* e *Enterococcus faecium* (Hu *et al.*, 2009; Muck, 2010; Arriola *et al.*, 2011).

Östling e Lindgren (1993) afirmaram que a utilização de ácidos fórmico, acético e láctico é muito eficiente na inibição do crescimento de *Listeria monocytogenes* e enterobactérias *Escherichia coli* em silagens, entretanto, ressaltaram que o mais importante é que a silagem possua um pH adequado, em torno de 4,0, para garantir a inibição mais efetiva destes microrganismos patogênicos.

#### ÁCIDO FÓRMICO

Ítavo *et al.* (2000) avaliaram a utilização de ácidos acético e fórmico em feno de trigo e silagem de bagaço de laranja e não observaram diferença no consumo médio diário dos animais nem na digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da dieta.

Em pesquisa com diferentes aditivos na ensilagem de capim-marandu, Ribeiro *et al.* (2009) observaram que as concentrações de ácido fórmico de 62% e 44% promoveram redução das perdas por gases (6,3% controle; 1,3 e 3%, respectivamente) e maiores concentrações de carboidratos solúveis (1,82%, controle; 4,69% e 4,73%), além de maior teor de ácido láctico em comparação ao tratamento controle (0,57%; 2,35% para ambas as concentrações (table IV). Esses mesmos autores observaram também elevadas das perdas por efluentes, de 25,3% e 17,1%, em comparação ao controle (11,5%).

**Tabela IV.** Composição química e digestibilidade *in vitro* das silagens adicionadas de ácido fórmico (Chemical composition and *in vitro* digestibility of formic acid added silages).

Volumoso	Aditivo	Nível	%MS	FDN(%MS)	pH	Ácido láctico	DIVMS	Autores
Silagem de milho	Ácido fórmico	0%	26,90	61,89	3,77	1,08	-	Baytok <i>et al.</i> (2005)
		0,5%Mn	26,82	60,91	3,96	1,52	-	
Silagem de gramíneas	Ácido fórmico	0%	23,8	54,3	-	-	50,5	Halmemies-Beauchet-Filleau <i>et al.</i> (2013)
		0,5 L/tMN	24,3	53,8	-	-	51,2	
Silagem de capim-marandu	Ácido fórmico	0%	26,9 <sup>a</sup>	59,0	4,7 <sup>b</sup>	0,57 <sup>a</sup>	56,1 <sup>a</sup>	Ribeiro <i>et al.</i> (2009)
		44% (5L/t MN)	28,5 <sup>b</sup>	67,0	4,1 <sup>a</sup>	2,35 <sup>b</sup>	59,2 <sup>b</sup>	
		66% (5L/t MN)	27,9 <sup>b</sup>	67,7	4,2 <sup>a</sup>	2,35 <sup>b</sup>	58,8 <sup>b</sup>	

<sup>a,b</sup> valores seguidos de letras minúsculas na mesma coluna são diferentes estatisticamente ( $p<0,05$ ).

FDN=Fibra detergente neutro; MN=Matéria natural; MS=Matéria seca.

\*DIVMS=Digestibilidade da matéria seca *in vitro*.

Sucu *et al.* (2011) testaram a inclusão de 1 a 4 mL/kg MN de FAP (conservante de ácido fórmico, KemiSile®2000, Kemira Oyj-Industrial Chemicals, Finland) na ensilagem de sorgo e verificaram que a inclusão desse aditivo favoreceu a redução de carboidratos estruturais (FDN, FDA, lignina, celulose e hemicelulose), aumentou os carboidratos solúveis, cujos valores foram de 5,95 no tratamento controle) e de 14,15 no tratamento com 4 mL/kg MN) e elevou a degradabilidade *in vitro* da matéria seca em 10 pontos percentuais (36,67 vs 46,49, controle e tratamento 4 mL/kg MN, respectivamente). Elevou ainda a degradabilidade da matéria orgânica em 17 pontos percentuais (35,59a vs. 52,45b, controle e tratamento 4 com mL/kg MN, respectivamente).

Outros autores, como Alves *et al.* (2011), adicionaram ácido fórmico na dose de 0,3 g/kg de matéria natural na ensilagem de azevém e observaram que este aditivo promoveu menor pH, que foi de 3,95, em comparação à silagem sem aditivo (4,66), maior teor de carboidrato solúvel em água (56,9 g/kg MS contra 8,5g/kg MS), menor produção de N-NH<sub>3</sub> (99,0 g/kg MS contra 149,0 g/kg MS), além de menor produção de etanol (3,8 g/kg MS contra 8,1 g/kg MS) e menor produção de ácido butírico (3,8 g/kg MS contra 15,2 g/kg MS). Essas características proporcionam melhor valor nutricional, o que pode refletir em maior consumo de silagem e, conseqüentemente, maior desempenho animal.

A inclusão de ácido fórmico foi testada também por O'kiely (1993), que usou 3 mL/kg MN, na concentração de 85% e um mix de ácidos, e 6 mL/kg MN na concentração de 80%) em quatro experimentos com diferentes gramíneas ensiladas. Esse autor relatou que ambos os aditivos auxiliaram no processo fermentativo do material, especialmente quando o material possuía em torno de 15% de matéria seca. A adição do mix de ácido teve efeito mais acentuado, em relação ao ácido fórmico, na preservação dos carboidratos solúveis, no aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (O'kiely, 1993). A redução do pH em gramíneas com baixo teor de matéria seca, em torno de 15%, é dificultada pelo elevado poder-tampão, além do favorecimento da perda por efluentes e da proliferação de bactérias proteolíticas que degradam a proteína em amônia, que eleva o pH. Por isso, a adição de ácido fórmico (4.4) e do mix de ácidos (4.3) tornou possível que o material tivesse o pH reduzido em comparação ao tratamento sem aditivo (6.3) (O'kiely, 1993).

Baytok *et al.* (2005) afirmaram que o ácido fórmico na dose de 0,5% não foi capaz de afetar as características fermentativas da silagem de milho, entretanto Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.* (2013) testaram o efeito desse ácido no processo de ensilagem, comparando grama cortada sem tratar e grama fenada, e afirmaram que a adição de ácido fórmico promoveu maior permanência de carboidratos solúveis na silagem do capim não-tratado, entretanto o processo de fenação foi mais indicado para preservar os carboidratos solúveis. Relataram também que o ácido fórmico aumentou a fração da FDN potencialmente digestiva em comparação à grama sem aditivo. Além disso, a silagem com

ácido fórmico teve maior teor de matéria orgânica se comparada à grama sem tratamento.

Outra melhoria relacionada à adição do ácido refere-se à ingestão de alguns nutrientes por vacas em lactação, já que vacas apresentam maior ingestão de matéria seca, matéria orgânica, amido e carboidratos solúveis e esse aporte pode propiciar o aumento da produção dos animais (Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.*, 2013).

As recomendações constantes na literatura para o uso de ácido fórmico variam de 0,3 a 0,5% na matéria natural, entretanto, há grande variação nos resultados.

## ÁCIDO ACÉTICO

Embora o ácido acético seja importante para melhorar o perfil fermentativo da silagem, não há na literatura relatos sobre a utilização desse ácido como aditivo de forma direta, entretanto, a utilização de alguns inoculantes microbiológicos heterofermentativos promove o aumento da concentração desse composto, pois, em seu metabolismo, possuem a enzima fosfoquetolase, que produz tanto ácido láctico como ácido acético e ainda alguns metabólitos intermediários como 1,2 propanodiol (McDonald *et al.*, 1991).

O ácido láctico tem maior poder acidificante, devido ao seu pK 3,86, comparado ao do ácido acético 4,76 (Harvey e Ferrier, 2012). Entretanto, as bactérias homofermentativas são mais sensíveis a competição por substratos com fungos e bactérias e, por isso, a utilização de inoculantes de bactérias heterofermentativas, como *Lactobacillus buchneri* e *Lactobacillus plantarum*, ou, ainda, um mix com bactérias hetero e homofermentativas (Hu *et al.*, 2009) tem se mostrado uma boa solução para favorecer a estabilidade aeróbica.

*Lactobacillus buchneri*, em especial, produz ácido acético utilizando como substrato o ácido láctico e, assim, favorece a queda do pH. Segundo Kleinschmit e Kung Jr. (2006a), o ácido acético tem como vantagem o efeito inibitório no crescimento de bolores e leveduras. Esses mesmos autores relataram que a adição de concentrações de *Lactobacillus buchneri* acima de 100000 ufc/g de material fresco pode promover aumento da estabilidade aeróbica (500 h) em comparação a material não-tratado (25 h). De acordo com os autores, o teor de ácido láctico diminuiu de 6,57% no tratamento controle para 4,79% no tratamento com *Lactobacillus buchneri*, >1x10<sup>5</sup> ufc/g (p<0,05). O comportamento foi contrário quando houve o uso de ácido acético, já que o material não-tratado teve 2,18% contra 3,89% no tratamento com *Lactobacillus buchneri*, >1x10<sup>5</sup> ufc/g (p<0,05). Também foi relatada redução na concentração de leveduras e a combinação desses resultados foi a justificativa para o aumento da estabilidade aeróbica, uma vez que o aumento da concentração de ácido acético inibe a proliferação de leveduras e, conseqüentemente, aumenta o tempo de estabilidade aeróbica.

Na literatura constam diversos trabalhos com a utilização de cepas do *Lactobacillus buchneri*, entretanto, sua concentração no material varia de 1x10<sup>5</sup> ufc/g de material fresco a 1x10<sup>6</sup> ufc/g e, em geral, foram testadas em combinação com outras cepas de bactérias hetero ou homofermentativas, assim como com enzimas. Ta-

ylor e Kung Jr. (2002) recomendaram a utilização de uma concentração superior a  $5 \times 10^5$  ufc/g em silagens de milho para a produção de um teor de ácido acético suficiente para inibir o crescimento de leveduras e aumentar a estabilidade aeróbica. Kleinschmit e Kung Jr. (2006b) afirmaram que a utilização de  $4 \times 10^5$  ufc/g combinada com  $1 \times 10^5$  ufc/g de *Pediococcus pentosaceus* R1094 promoveu a inibição de leveduras e bolores pelo aumento combinado das produções de ácido acético e 1,2 propanodiol.

Hu *et al.* (2009) avaliaram o efeito de *Lactobacillus buchneri*  $4 \times 10^5$  ufc/g em materiais com diferentes teores de matéria seca e a combinação com *Lactobacillus plantarum* e observaram que a adição do *Lactobacillus buchneri* aumentou a produção de ácido acético e reduziu a concentração de leveduras, entretanto o teor de matéria seca do material modulou esse aumento, e a presença combinada de *L. Plantarum* elevou a produção de ácido lático.

O mercado oferece cepas liofilizadas de *Lactobacillus buchneri* na concentração de 400.000 ufc/g como concentração mais adequada para promover o aumento da concentração de ácido acético e a redução de leveduras em níveis suficientes para incrementar o tempo de estabilidade aeróbica.

#### ÁCIDO PROPIONICO

Visando à conservação do valor nutricional da forragem, Baron e Greer (1988) avaliaram seis aditivos químicos em feno de alfafa com 15 a 35% de água no momento da armazenagem e observaram que o uso de ácido propiônico (67%) mais amônia anidra (23%) foi eficiente em prevenir o aquecimento e reduzir as perdas na qualidade da forragem enfardada com alta umidade. De acordo com os autores, a utilização de ácidos em feno é de suma importância na conservação do produto, principalmente em materiais com baixo teor de matéria seca ou em locais de alta umidade relativa do ar. Materiais com alta umidade tendem a fermentar e liberar calor, o que favorece a proliferação de fungos que tendem a consumir os nutrientes do material e liberar alguns compostos indesejáveis, o que pode afetar a aceitabilidade do material, além de reduzir o seu valor nutritivo.

Collins (1995) reforçou que a utilização de ácidos orgânicos pode ter efeito de supressão ao crescimento de algumas espécies de fungos, que são agentes causadores da *doença do feno*. A utilização de ácido propiônico é um aditivo que pode reduzir o aquecimento do feno e, dessa forma, preservar a qualidade do material. Lacey *et al.* (1981) afirmaram que a escolha do aditivo para a produção de feno deve levar em consideração: toxicidade reduzida, efeito acentuado sobre fungos, possuir bom poder de distribuição, não ser absorvido em excesso pelo feno e ser solúvel em água. Em silagens, a inclusão de aditivos ácidos também se mostra benéfica.

Em pesquisa com a inclusão de aditivos em silagem de milho, Hafner *et al.* (2014) testaram um combinado ácido-base com 68% de ácido propiônico em comparação a dois níveis de sorbato de potássio (alta 1 g/kg MN e baixa 91 mg/kg MN) e dois aditivos microbianos e relataram que apenas o alto nível de sorbato de

potássio foi capaz de inibir a produção de compostos orgânicos voláteis (metanol, etanol, 1-propanol, metil acetato e etilacetato), que são responsáveis por reduzir a ingestão e o valor nutritivo da silagem. Segundo os autores, a explicação decorre do maior poder desse aditivo em inibir as leveduras.

#### OUTROS ÁCIDOS

Na literatura existem citações de trabalhos com a utilização de ácidos sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e clorídrico (HCl), entretanto esses ácidos são, em quase sua totalidade da década de 80 ou anteriores. Estudos de O'Kiely *et al.* (1989a e 1989b) comprovaram que a inclusão de níveis de ácido sulfúrico (45%) nas proporções 3L/t; 4,5L/t e 6L/t favoreceu menor pH, entretanto não afetou a produção de etanol nem a digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Esses autores testaram também combinações desse mesmo ácido na quantidade de 2,3L/t na silagem de milho e forneceram a novilhas e cordeiros e, ao final, afirmaram que não houve efeito deletério no consumo nem no desempenho dessas espécies.

L'Estrange e MacNamara (1975) avaliaram a inclusão de 5 níveis de HCl, que variaram de 0 a 628 mmol/kg MS na silagem de gramínea, e relataram que o consumo de matéria seca reduziu linearmente com a inclusão do produto, ocasionando uma diferença de 42% entre a silagem controle e aquela com 628 mmol. Os autores afirmaram que essa inibição do consumo está relacionada à queda abrupta do pH ruminal e, por consequência, a um quadro acidose clínica, entretanto avaliaram a inclusão de bicarbonato nas dietas para avaliar sua palatabilidade e, mesmo com o bicarbonato, houve o mesmo efeito e a diferença entre o controle e o nível máximo foi de 40%. Como os animais passaram a não apresentar o quadro de acidose, os autores afirmaram que a palatabilidade é afetada pelo baixo pH da dieta e que altos níveis de HCl são deletérios para consumo e desempenho, somado ainda à possibilidade de acarretar problemas clínicos, como acidose.

#### OUTROS COMPOSTOS

Alguns trabalhos foram encontrados com diferentes substâncias químicas que não se enquadram nos grandes grupos supracitados, entre elas, formaldeído, sais e enzimas que auxiliam nos processos de fermentação e que têm função bacteriostática, que promove melhoria da conservação de fenos e silagens e aumento do valor nutritivo.

Ni *et al.* (2014) avaliaram a combinação da celulose com e sem bactéria ácido-lática (LAB) e afirmaram que, com a inclusão da celulose, houve queda do pH da silagem e que a associação dessa enzima e dos microrganismos propiciou queda ainda maior do pH. O mesmo efeito foi observado para a composição química da silagem, já que a inclusão de celulose combinada a LAB proporcionou redução da FDN e FDA e aumento do conteúdo de PB, o que aparentemente melhora a qualidade nutricional da silagem.

Em pesquisa realizada por Carpintero e Pascual (1992), esses autores testaram a efetividade da inclusão de calor e formaldeído no processo de ensilagem de azevém e alfafa e notaram efeito do tratamento com formaldeído nas concentrações de 0,3% vol./peso para

o azevém e 0,5% vol./peso para a alfalfa. A inclusão de formaldeído promoveu a redução da concentração de nitrogênio solúvel e nitrogênio volátil do nitrogênio total e promoveu aumento da proporção de nitrogênio proteico/nitrogênio total na silagem de ambos os materiais e, consequentemente, efeito adicional na silagem de azevém de aumentar a concentração de carboidratos solúveis. Esses achados foram explicados pela inibição das enzimas proteolíticas da forragem e, segundo esses autores, a característica do material, seja leguminosa seja gramínea, pode exigir maior concentração de formaldeído.

Snyman *et al.* (1990) avaliaram a inclusão de formaldeído com base no teor de proteína bruta na silagem de milho (0; 2,57 g/100 g PB; 5,10 g/100 g PB; 7,59/100 g PB) e observaram que esse aditivo elevou o pH da silagem. Além disso, também foram observados aumento no teor de proteína verdadeira, redução da liberação de amônia pela proteólise de proteína verdadeira, de 2,83g/100 g proteína verdadeira/24 h no tratamento sem formaldeído para 0,98 g/100 g proteína verdadeira/24 h no tratamento de maior inclusão. Entretanto, houve acúmulo de formaldeído, alcançando níveis de 408,2 mg/kg MN. Os autores recomendaram a inclusão do maior nível de formaldeído para melhor preservação das características da silagem, entretanto, em virtude do alto teor de formaldeído livre, podem ocorrer efeitos deletérios na ingestão da silagem. A literatura não apresenta dados consistentes acerca do consumo de silagens contendo formaldeído.

Aboagye *et al.* (2015) avaliaram a influência de esterase de ácido ferúlico adicionada no processo de enfardamento do feno sobre a degradação e produção de gases *in vitro* e sobre o desempenho de cordeiros e afirmaram que a dose é um fator que afeta a degradabilidade *in vitro* durante 24 horas e que não afetou a produção de gases. Além disso, esses autores observaram que a inclusão dessa enzima, tanto quanto após o processo de enfardamento, aumentou o tempo de resistência à deterioração aeróbica após 50 dias da ensilagem. Ao avaliarem a produtividade de cordeiros, os autores afirmaram que a enzima melhorou a digestibilidade da matéria orgânica sem aumentar a digestibilidade da fração fibrosa e, mesmo assim, o desempenho dos cordeiros foi melhorado em comparação ao grupo controle.

Alguns outros sais têm sido utilizados para melhorar a utilização da fração fibrosa, facilitando o acesso à fração lignocelulósica e aumentando sua digestibilidade. Sun *et al.* (2011) testaram o efeito de cinco sais: cloreto de zinco (ZnCl<sub>2</sub>), sulfato de ferro II (FeSO<sub>4</sub>), sulfato de ferro III (Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), cloridrato de ferro III (FeCl<sub>3</sub>) e nitrato de ferro III (Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) na silagem de palhada de milho e observaram que os sais divalentes cloreto de zinco e sulfato de ferro II tiveram menor efeito na hidrólise da hemicelulose e que o Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> foi o mais efetivo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de compostos químicos pode melhorar a qualidade, preservar por mais tempo e proporcionar utilização mais racional dos recursos forrageiros. Consequentemente, reduz as perdas e possibilita o uso de

subprodutos com alto teor de fibra, além da utilização de materiais que passaram do ponto ideal para a confecção de silagens e fenos.

O uso de aditivos nos processos de conservação de forragem pode ser uma alternativa economicamente viável, por melhorar os valores nutricionais e o desempenho animal.

Nos trabalhos utilizados nesta revisão, as recomendações são de: ureia - 0,5 a 1% da MS; amônia anidra - 2 a 4% de MS; sais de cálcio (CaO) - 1 a 2% da MS; e carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) - 0,5 a 1% da MS. Houve grande variação nas quantidades de sais de sódio adicionados, uma vez que diferentes compostos apresentaram toxicidade aos animais. Para adição de ácido fórmico, é recomendável o nível de 0,3 a 0,5% da matéria natural.

Ainda são necessários estudos de alguns aditivos para definição da melhor forma de utilização, adequando-se os níveis de forma a evitar efeitos tóxicos.

De forma geral, os resultados observados em trabalhos com aditivos químicos demonstraram respostas positivas quanto ao valor nutritivo, ao padrão de fermentação e ao desempenho animal.

## BIBLIOGRAFIA

- Aboagye, I. A.; Lynch, J. P.; Church, J. S.; Baah, J. and Beauchemin, K. A. 2015. Digestibility and growth performance of sheep fed alfalfa hay treated with fibrolytic enzymes and a ferulic acid esterase producing bacterial additive. *Anim Feed Sci Tech*, 203: 53-66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.02.010>
- Alves, S. P.; Cabrita, A. R. J.; Jerónimo, E.; Bessa, R. J. B. and Fonseca, A. J. M. 2011. Effect of ensiling and silage additives on fatty acid composition of ryegrass and corn experimental silages. *J Anim Sci*, 89: 2537-2545.
- Amaral, R. C. do; Pires, A. J. V.; Susin, I.; Nussio, L. G. e Mendes, C. Q.; Gastaldello Junior, A. L. 2009. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. *Rev Bras Zootecn.* 8: 1413-1421.
- Arriola, K. G.; Kim, S. C. and Adesogan A. T. 2011. Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. *J Dairy Sci*, 3: 1511-1516.
- Balieiro Neto, G.; Siqueira, G.R.; Reis, R.A.; Nogueira, J.R.; Roth, M. de T.P. e Roth, A.P. de T.P. 2007. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. *Rev Bras Zootecn.* 36: 1231-1239.
- Baron, V.S. and Greer, G.G. 1988. Comparison of six commercial hay preservatives under simulated storage conditions. *J Anim Sci*, 4: 1195-1207.
- Baytok, E.; Aksu, T.; Karsli, M. A. and Muruz, H. 2005. The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. *Turk J Vet Anim Sci*, 29: 469-474.
- Burenok, S.; Yuangklang, C.; Vasupen, K.; Schonewille, J. T. and Kawamoto, Y. 2012. The Effects of additives in napier grass silages on chemical composition, feed intake, nutrient digestibility and rumen fermentation. *Asian Australas J Anim Sci*, 9: 1248-1254.
- Carpintero, C. y Pascual, M. R. 2012. Formaldehido y calor como inhibidores de la proteólisis en ensilados. *Revista Pastos*, 2:177-183.
- Collins, M. 1995. Hay preservation effects on yield and quality. In: Post-harvest physiology and preservation of forages. In: Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (Eds.) American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin. pp. 67-89.
- Conaghan P.; O'Kiely P. and O'Mara F.P. 2010. Conservation characteristics of wilted perennial ryegrass silage made using biological or chemical additives. *J Dairy Sci*, 93: 628-643.

- Diaz, E.; Ouellet, D. R.; Amyot, A.; Berthiaume, R. and Thivierge, M. C. 2013. Effect of inoculated or ammoniated high-moisture ear corn on finishing performance of steers. *Anim Feed Sci Tech*, 182: 25-32.
- Domingues, F. N.; Oliveira, M. D. S.; Siqueira, G. R.; Roth, A. P. T. P.; Santos, J. S. e Mota, D. A. 2011. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. *Rev Bras Zootecn*, 4: 715-719.
- Domingues, F. N.; Oliveira, M. D. S.; Mota, D. A.; Ferreira, D. S. e Santos, J. 2012. Desempenho de novilhas de corte alimentadas com cana hidrolisada. *Ci Anim Bras*, 13: 8-14.
- Fernandes, F. E. P.; Garcia, R.; Pires, A. J. V.; Pereira, O. G.; Carvalho, G. G. P. de; Olivindo, C. de S. 2009. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. *Rev Bras Zootecn*, 11: 2111-2115.
- Figueredo, M. P. de; Ferreira, J. Q. Lopes, I. O.; Tavares, G. M.; Figueira, N. de A.; Filho, W. M. S. 2000. Silagem de raiz de mandioca tratada com uréia. *Revista Científica de Produção Animal*, 1: 17-23.
- Freitas, A. W. de P.; Rocha, F. C.; Zonta, A.; Fagundes, J. L.; Fonseca, R. da; Zonta, M. C. de M. e Macedo, F. L. 2008. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada. *Pesqui Agropecu Bras*, 43: 1569-1574.
- Gesualdi, A. C. L. S.; Silva, J. F. C.; Vasques, H. M. e Erbesdobler, E. A. 2001. Efeito da amonização sobre a composição, retenção de nitrogênio e a conservação do bagaço e da ponta de cana-de-açúcar. *Rev Bras Zootecn*, 30: 508-517.
- Hafner, S. D.; Franco, R. B.; Kung Jr., L.; Rotz, C. A. and Mitloehner, F. 2014. Potassium sorbate reduces production of ethanol and 2 esters in corn silage. *J Dairy Sci*, 97: 7870-7878.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A.; Kairenius, P.; Ahvenjärvi, S.; Crosley, L. K.; Muetzel, S.; Huhtanen, P.; Vanhatalo, A.; Toivonen, V.; Wallace, R. J. and Shingfield, K. J. 2013. Effect of forage conservation method on ruminal lipid metabolism and microbial ecology in lactating cows fed diets containing a 60:40 forage-to-concentrate ratio. *J Dairy Sci*, 96: 2428-2447.
- Harvey, R. A. e Ferrier, D. R. 2012. Bioquímica ilustrada Artmed. Porto Alegre. 520 pp.
- Henderson, N. 1993. Silage additives. *Anim Feed Sci Tech*, 45: 35-56.
- Hu W.; Schmidt R. J.; Donell Mc. E. E.; Klingerman, C. M.; Kung Jr, L. 2009. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silage ensiled at two dry matter contents. *J Dairy Sci*, 92: 3907-3914.
- Ítavo, L. C. V.; Ítavo, C. C. B. F.; Morais, M. da G.; Dias, A. M.; Coelho, E. M.; Jeller, H.; Souza, V. A. D. 2010. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. *Rev Bras Saúde Prod Anim*, 3: 606-617.
- Ítavo, L.C.V.; Santos, G.T.; Jobim, C.C.; Voltolini, T.V.; Bortolassi, J. R.; Ferreira C. C. B. 2000. Aditivos na conservação do bagaço de laranja *in natura* na forma de silagem. *Rev Bras Zootecn*, 5: 1474-1484.
- Keady, T. W. J.; Hanrahan, J. P.; Marley, C.L.; Scollan, N. D. 2013. Production and utilization of ensiled forages by beef cattle, dairy cows, pregnant ewes and finishing lambs - A review. *Agricultural and Food Science*, 23: 70-92.
- Kung Jr., L. 2010. Understanding the biology of silage preservation to maximize quality and protect the environment. Proceedings, 2010 California Alfalfa e Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference, Visalia, December, 2010. UC Cooperative Extension. Plant Sciences Department. University of California. Davis. CA 95616. [http:// http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/2010/files/talks/CAS05\\_KungBiologyOfSilage.pdf](http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/2010/files/talks/CAS05_KungBiologyOfSilage.pdf) (29/06/2014).
- Kung Jr., L.; Stokes, M. R. and Lin C. J. 2003. Silage additives. In: Buxton, D. R.; Muck, R. E.; Harrison, J. H. *Silage Science and Technology*, 1ed. Madison, WI. ed. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 305-360.
- Khejornsart, P. and Wanapat, M. 2011. Effect of various chemical treated-rice straws on rumen fermentation characteristic using *in vitro* gas production technique. *Livest Res Rural Dev*. 9: 3070-3076.
- Kleinschmit, D. H. and Kung, Jr. L. 2006a. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *J Dairy Sci*, 89: 4005-4013.
- Kleinschmit, D. H. and Kung, Jr. 2006b. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. *J Dairy Sci*, 89: 3999-4004.
- Kleinschmit, D. H.; Schmidt, R. J. and Kung Jr., L. 2005. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J Dairy Sci*, 88: 2130-2139.
- Knicky, M. and Spörndly, R. 2011. The ensiling capability of a mixture of sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite. *J Dairy Sci*, 94: 824-831.
- Lacey, J., Lord, K.A. and Cayley, G.R. 1981. Chemicals for preventing moulding in damp hay. *Anim Feed Sci Tech*, 3: 323-336.
- Lashkari, S.; Taghizadeh, A.; Seifdavati, J.; Salem, A. Z. M. 2014. Qualitative characteristics, microbial populations and nutritive values of orange pulp ensiled with nitrogen supplementation. *Slovak J Anim Sci*, 47: 90-99.
- L'Estrange, J. L.; MacNamara, T. 1975. Effects of dietary hydrochloric acid on voluntary food intake and metabolism of sheep in relation to the use of mineral acids as silage additives. *Br J Nutr*, 34: 221-231.
- Liziere, R.S. e Nascimento Júnior, D. 1989. Ensilagem de forrageiras tropicais. Viçosa, 38 pp. <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/ensilagemforrageirastropicais.pdf>. (12/06/2008).
- Longhi, R. M.; Domingues, F. N.; Mota, D. A.; Oaigen, R. P.; Calonego, J. C. e Zundt, M. 2013. Composição bromatológica e pH da silagem de diferentes frações da parte aérea da mandioca tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. *Comunicata Scientiae*, 4: 337-341.
- Lopes, J. e Evangelista, A.R. 2010. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade. *Rev Bras Zootecn*, 5: 984-991.
- Magalhães, A. F.; Pires, A. J. V.; Carvalho, G. G. P. de; Silva, F. F. da; Nascimento Filho, C. S. and Carvalho, A. O. 2013. Intake, performance and nutrient digestibility of sheep fed sugarcane treated and ensiled with calcium oxide or urea. *Rev Bras Zootecn*, 10: 691-699.
- Matos, B.C. 2008. Aditivos químicos e microbianos em silagens de cana de açúcar: ação sobre o padrão fermentativo e degradabilidade ruminal da massa ensilada e possíveis incrementos no desempenho animal. *PUBVET*, Londrina, 2, n.11, Ed.22, Art.321, 2008. 24p. [http://www.pubvet.com.br/artigos\\_det.asp?artigo=321](http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=321) (15/06/2008).
- Martins, S. C. dos S. G. 2013. Cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos em dietas para vacas mestiças em lactação. Tese (Doutor em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 152 pp.
- McDonald, P.; Henderson, A.R.; Heron, S.J.E. 1991. The biochemistry of silage. 2. Chalcomb Publications. Ed. Marlow. 340 pp.
- Merrill, C.; Roth, A. P. T. P.; Santos, M. A.; Bedrosian, M. C. Der; Kung Jr., L. 2012. Characterization of aerobic deterioration of corn silage treated with stabilizers. *J Dairy Sci*, 95 (Suppl 2): 461.
- Missio, R. L.; Oliveira, M. Dal S. de; Sforcini, M. P. R.; Restle, J.; Elejalde, D. A. G.; Ferrari, V. B.; Abud, G. de C. 2013. Consumo de matéria seca e desempenho de novilhas Nelore alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada hidrolisada. *Ciência Rural*, Santa Maria, 6: 1050-1056.
- Murta, R. M.; Chaves, M. A.; Pires, A. J. V.; Veloso, C. M.; Silva, F. F.; Neto, A. L. R. e Santos, P. E. F. 2011. Desempenho e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. *Ver Bras Zootecn*, 6: 1325-1332.
- Muck, R.E. 2010. Silage microbiology and its control through additives. *Rev Bras Zootecn*, 39: 183-191.
- Neumann, M.; Mühlbach, P. R. F.; Nörnberg, J. L.; Restle, J. e Ost, P. R. 2007. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. *Rev Bras Zootecn*, 5: 1395-1405.

- Neumann, M.; Oliboni, R.; Oliveira, M. R.; Faria, M. V.; Ueno, R. K.; Reinerh, L. L. e Durman, T. 2013. Aditivos químicos utilizados em silagens. *Appl. Res. e Agrotec*, 2: 188-195.
- Ni, K.; Wang, Y.; Pang, H.; Cai, Y. 2014. Effect of cellulase and lactic acid bacteria on fermentation quality and chemical composition of wheat straw silage. *Am J Plant Sci*, 5: 1877-1884.
- Nishino, N.; Yoshida, M.; Shiota, H. and Sakaguchi, E. 2003. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchnerii*. *J Appl Microbiol*, 94: 800-807.
- O'Kiely, P. 1993. Influence of a partially neutralised blend of aliphatic organic acid on fermentation, effluent production and aerobic stability of autumn grass silage. *Irish J Agr Food Res*, 32: 13-26.
- O'Kiely, P.; Flynn, A.V. and Poole, D. B. R. 1989a. Sulphuric acid as a silage preservative: 1. silage preservation, animal performance and copper status. *Irish J Agr Food Res* 1: 1-9.
- O'Kiely, P.; Flynn, A.V. and Poole, D. B. R. Sulphuric acid as a silage preservative. 2. Application rate, silage composition, animal performance and copper status. *Irish J Agr Food Res*, 1: 11-23.
- Östling, C. E. and Lindgren, S. E. 1993. Inhibition of enterobacteria and *Listeria* growth by lactic, acetic and formic acids. *J Appl Bacteriol*, 18-24.
- Pádua, F. T. de; Fontes, C. A. A.; Almeida, J. C. C.; Deminicis, B. B.; Carlos, L. de A.; Neto, O. C. e Oliveira, V. C. de. 2014. Fermentation characteristics of silage of Sugar cane Treated with calcium oxide, *Lactobacillus buchneri* and their associations. *Am J Plant Sci*, 5: 636-646.
- Pedroso, A.F. 2003. Aditivos químicos e biológicos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar. (*Saccharum officinarum* L.). 2003. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba. 120 pp.
- Pedroso, A. F.; Nussio, L. G.; Barioni Júnior, W.; Rodrigues, A. de A.; Loures, D. R. S.; Campos, F. de; Ribeiro, J. L.; Mari, L. J.; Zopollatto, M.; Junqueira, M.; Schmidt, P.; Paziani, S. de F. and Horii, J. 2006. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. *Pesq Agropec Bras*, 4: 649-654.
- Pedroso, A. F.; Nussio, L. G.; Loures, D. R. S.; Paziani, S. de F.; Igarasi, M. S.; Coelho, R. M.; Horii, J.; Rodrigues, A. de A. 2007. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. *Rev Bras Zootecn*, 3: 558-564.
- Pereira, C. A.; Silva, R. R.; Gonçalves, L. C.; Borges, A. L. C. C.; Borges, I.; Gomes, S. P.; Rodrigues, J. A. S.; Saliba, E. O. S.; Ferreira, J. J. C. e Silva, J. J. 2007. Avaliação da silagem do híbrido de sorgo. (*Sorghum bicolor* L., Moench). Moench. BR 601 com aditivos 1 – pH, nitrogênio amoniacal, matéria seca, proteína bruta e carboidratos solúveis. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2: 211-222.
- Pires, A. J. V.; Garcia, R.; Valadares Filho, S. de C.; Pereira, O. G.; Cecon, P. R.; Silva, F. F. da; Silva, P. A. e Veloso, C. M. 2004. Novilhas Alimentadas com Bagaço de Cana-de-Açúcar tratado com Amônia Anidra e, ou, Sulfeto de Sódio. *Rev Bras Zootecn* 4: 1078-1085.
- Rabelo, F. H. S.; Rezende, A. V.; Rabelo, C. H. S.; Nogueira, D. A.; Silva, W. A.; Vieira, P. F. e Santos, W. B. 2013. Consumo e desempenho de ovinos alimentados com silagens de cana-de-açúcar tratadas com óxido de cálcio e cloreto de sódio. *Arq Bras Med Vet Zootecn*, 4: 1158-1164.
- Ranjit, N. K. and Kung, Jr., L. 2000. The effect of *Lactobacillus plantarum* and *L. buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J Dairy Sci*, 83: 526-535.
- Reis, R.A.; Garcia, R.; Queiroz, A. C.; Silva D. J. e Ferreira, J. Q. 1991. Efeitos da amonização sobre a qualidade do feno de gramíneas tropicais. *Pesq Agropec Bras*, 26: 1183-1191.
- Reis, R. A.; Rodrigues, L. R. A.; Pereira, J. R. A. e Ruggieri, A. C. 2001. Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou uréia. *Rev Bras Zootecn*, 3: 666-673.
- Rezende, A.V.; Rabelo, C. H. S.; Rabelo, F. H. S.; Nogueira, D. A.; de Faria Junior, D. C. N. A. e Barbosa, L. de Á. 2011. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbica de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. *Rev Bras Zootecn*, 40: 739-746.
- Ribeiro, J. L.; Nussio, L. G.; Mourão, G. B.; Queiroz, O. C. M.; Santos, M. C.; Schmidt, P. 2009. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. *Rev Bras Zootecn*, 2: 230-239.
- Sarmento, P.; Garcia, R.; Pires, A. J. V. e Nascimento, A. S. 1999. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com uréia. *Rev Bras Zootecn*, 28: 1203-1208.
- Schmidt, P.; MAri, L. J.; Nussio, L. G.; Pedrosa, A. F.; Paziani, S. F. e Wechsler, F. S. 2007. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. *Rev Bras Zootecn*, 5: 1666-1675.
- Silva, H. G. de O.; Pires, A. J. V.; Carvalho, G. G. P. de; Veloso, C. M. e da Silva, F. F. 2008. Capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em dietas para ovinos em crescimento. *Rev Bras Zootecn*, 37: 734-742.
- Siqueira, G. R.; Reis, R. A.; Schocken-Iturrino, R. P.; Bernardes, T. F.; Pires, A. J. V.; Roth, M. T. P. e Roth, A. P. T. P. 2007. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Rev Bras Zootecn*, 4.S.: 789-798.
- Snyman, L. D.; Van der Merwe, H. J. and Van Schalkwyk, A. P. 1990. Effect of formalin preservation on the fermentation characteristics, chemical composition and protein properties of maize silage. *S Afr J Anim Sci*, 20: 118-123.
- Sucu, E.; Filya, I. and Turgut, I. 2011. The effect of a formic acid-based preservative on structural carbohydrates and nutritive value of low dry matter sweet sorghum silages. *Macedonian Journal of Animal Science*, 1: 129-134.
- Sun, Y. S.; Lu, X. B.; Zhang, S. T.; Zhang, R. and Wang, X. Y. 2011. Kinetic study for Fe.NO3.3 catalyzed hemicellulose hydrolysis of different corn stover silages. *Bioresource Technol*, 3: 2936-2942.
- Taylor, C. C.; Kung Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. *J Anim Sci*, 85: 1526-1532.
- Teixeira, F. A.; Pires, A. J. V. e Nascimento, P. V. N. 2007. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, 6: 1-9. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf> (14/06/2008).
- Valeriano, A.R.; Medeiros, L.T.; Carvalho, R.C.R.; Athayde, A. A. R. e Rocha, G. P. 2007. Ensilagem de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) com ênfase no uso de aditivos. UFLA, Boletim técnico, 72. Lavras. Editora UFLA. 20 pp.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca. 476 pp.
- Yahara, N.; Nishibe, S. 1975. Effect of formic acid as a preservative on the qualities of high moisture grass silage. *Research Bulletin of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station*, 111: 111-118.
- Yitbarek, M. B.; Tamir, B. 2014. Silage additives: Review. *OJAppS*, 4, 258-274. <http://www.scirp.org/journal/ojapps>; <http://dx.doi.org/10.4236/ojapps.2014.45026>. (29/06/2014).
- Wanapat, M.; Kang, S.; Hankla, N. and Phesatcha, K. 2013. Effect of rice straw treatment on feed intake, rumen fermentation and milk production in lactating dairy cows. *Afr J Agric Res*, 17: 1677-1687.
- Whitlock, L. A.; Siefers, M. K.; Pope, R. S.; Brent, B. E. and Bolsen, K. K. 2000. Effect of surface spoiled silage on the nutritive value of corn silage-based rations. In: Kansas State University Agricultural Experimental Station Report of Progress Manhattan. Kansas State University. Kansas. USA. 861: 36-38.
- Wilkinson, J. M. 1999. Silage and animal health. *Nat Toxins*, 7: 212-230.
- Wilkinson, J. M.; Davies, D. R. 2013. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass Forage Sci*, 68: 1-19.