

Resumo

Objetivou-se descrever as principais características referentes aos aditivos químicos com ênfase para os preservativos ou inibidores de desenvolvimento de microrganismos que atuam sobre o material ensilado. A ensilagem é um método utilizado na preservação da qualidade da forragem no processo de armazenamento, não incrementando valores nutricionais além dos contidos na forragem. Espécies forrageiras não convencionais, que não a cultura do milho ou do sorgo, ao serem ensiladas

exigem cuidados especiais, pois a possibilidade de ocorrência de perdas durante as fases do processo de ensilagem passam a não assegurar que todo o potencial produtivo e qualitativo da cultura seja mantido na silagem resultante. Devido à ocorrência de perdas nutritivas do material ensilado, pode haver a necessidade da utilização de aditivos. Diversos aditivos tem sido utilizados em silagens com finalidades distintas, como a uréia (aumento nos teores de proteína bruta, elevação do pH e ação antimicrobiana a leveduras e mofos), o carbonato de cálcio (fonte de cálcio, efeito tamponante, aumento na estabilidade aeróbia, agente redutor fornecendo elétrons para outra substância ser reduzida), benzoato de sódio (conservação de carboidratos, efeito redutor na concentração de etanol e inibição de leveduras), pirossulfito de sódio (inibição da respiração celular e bactericida), hidróxido de sódio (redução nos constituintes da parede celular e aumento nos valores de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca), ácido fórmico (efeitos desidratante, bactericida e preservativo devido aumento na concentração hidrogeniônica do meio) e o formol (ação bacteriostática e proteção de proteínas contra ação de microrganismos). O emprego de aditivos químicos inibidores de desenvolvimento de microrganismos justifica-se em situações críticas como material com baixo teor de matéria seca e/ou baixo conteúdo de carboidratos solúveis, dificuldades na compactação da massa ensilada, e em vedação deficiente por resultar em elevada porcentagem de oxigênio no interior do silo.

Palavras-chave: forrageiras não convencionais; perdas nutritivas; processo fermentativo; proteína bruta; teor de matéria seca

Aditivos químicos utilizados em silagens

Mikael Neumann¹, Rodrigo Oliboni², Marcos Rogério Oliveira³, Marcos Ventura Faria², Robson Kyoshi Ueno⁴, Luan Lucas Reimerh⁵, Thomer Durman⁵

Aditivos químicos utilizados en el ensilaje

Resumen

El objetivo fue describir las principales características relativas los aditivos químicos, con énfasis a los preservativos o inhibidores de lo desarrollo de microorganismos que actúan sobre el material ensilado. El ensilaje es un método utilizado para preservar la calidad del forraje en el proceso de almacenamiento, sin incrementar los valores nutricionales además de los contenidos en el forraje. Especies forrajeros no convencionales, que no el maíz o sorgo, cuando ensilado requieren un cuidado especial, debido a la posibilidad de que pérdidas durante las fases del proceso de ensilado pasan a no garantizar que todo el potencial de la calidad y del rendimiento de lo cultivo es mantenido en el ensilaje resultante. Debido a la ocurrencia de pérdidas de nutrientes en lo material ensilado puede haber una necesidad de utilización de aditivos. Varios aditivos se han utilizado en el ensilaje con diferentes propósitos, tales como la urea (aumento de la proteína cruda, elevando el pH y acción antimicrobiana a las levaduras y los mohos), carbonato de calcio (fuente de calcio, efecto tampón, el aumento de la estabilidad aeróbica, agente de reducción con el suministro de electrones para que otra sustancia se reduce), benzoato de sodio (conservación de los carboidratos, reduce el efecto de la concentración de etanol y la inhibición de la levadura), pirossulfito de sodio (inhibición de la respiración celular y antibacteriano), hidróxido de sodio (reducción de la componentes de la pared celular y digestibilidad “*in vitro*” de materia seca), el ácido fórmico (efectos deshidratantes, antibacteriano y conservante debido al aumento en la concentración hidrogeniônica en el medio) y formol (bacteriostático y la protección de las proteínas contra la acción de los microorganismos). El uso de aditivos químicos inhibidores de lo

Recebido e: jul. 2009. Aceito para publicação em: 10 dez. 2009.

1 Engenheiro Agrônomo, Dr., Curso de Mestrado em Produção Vegetal da UNICENTRO, e-mail: mikaelneumann@hotmail.com; mfarria@unicentro.br; Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, 85.040-080, DEAGRO, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Guarapuava, PR

2 Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal da UNICENTRO, e-mail: roliboni@hotmail.com

3 Médico Veterinário, Mestre em Produção Vegetal da UNICENTRO, e-mail: oliveira.marcos.r@gmail.com

4 Médico Veterinário, Mestrando em Produção Vegetal da UNICENTRO, e-mail: robsonueno@hotmail.com

5 Graduando em Medicina Veterinária, Estagiário do Núcleo de Produção Animal da UNICENTRO

desarrollo de microorganismos se justifica en situaciones críticas como material con bajo contenido de materia seca y / o el bajo contenido de carbohidratos solubles, las dificultades de la compactación de la masa ensilada y sellado deficiente teniendo como resultado un alto porcentaje de oxígeno en el interior del silo.

Palabras clave: forrajes no convencionales; la pérdida de nutrientes; la fermentación; proteína cruda; contenido de materia seca

Introdução

A ensilagem é um método utilizado na preservação da qualidade da forragem no processo de armazenamento, não incrementando valores nutricionais além dos contidos na forragem. Segundo VIEIRA et al. (2004), o método de ensilagem apresenta riscos que podem gerar perdas de nutrientes decorrentes de fermentações indesejáveis. Espécies forrageiras não convencionais, que não a cultura do milho ou do sorgo, ao serem ensiladas exigem cuidados especiais, pois a possibilidade de ocorrência de perdas durante as fases do processo de ensilagem passam a não assegurar que todo o potencial produtivo e qualitativo da cultura seja mantido na silagem resultante (REZENDE et al., 2008). NUSSIO et al. (2000) enfatizam a importância da quantificação das perdas do processo e a busca por técnicas que venham a contribuir para a minimização das mesmas.

Silagens produzidas a partir de material com baixo teor de matéria seca (MS) apresentam maior produção de ácido total, exigindo maior disponibilidade de carboidratos solúveis, que compõem os substratos prontamente disponíveis para o desenvolvimento de bactérias lácticas. Para MCDONALD et al. (1991), nestas condições, a faixa de pH no qual o material poderá ser considerado estável, será menor do que plantas que apresentam maior teor de MS, indicando a necessidade de uma fermentação mais prolongada. HENDERSON (1993) relata que, conforme o tipo de aditivo e/ou o tratamento químico empregado no material na ensilagem, o pH da silagem pode ser superior a 4, sem que a qualidade do material resultante seja alterada.

Segundo EVANGELISTA e LIMA (1999), determinadas espécies forrageiras ao serem ensiladas, com conteúdo de umidade acima de 70% ou abaixo de 55% associado ao conteúdo de carboidratos solúveis inferiores a 8%, exigem cuidados especiais, a exemplo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) (BALIEIRO NETO et al., 2007; MATOS, 2008) e o capim-elefante (*Pennisetum purpurium* Schum)

(LIZIERE e NASCIMENTO JÚNIOR, 1989; LIMA e EVANGELISTA, 2001; ANDRADE e MELOTTI, 2004; REZENDE et al., 2008), pois se forem ensiladas sem o uso de algum aditivo e/ou tipo de tratamento químico, podem gerar perdas de qualidade nutritivas, em patamares superiores a 40%.

Devido à ocorrência de perdas nutritivas do material ensilado, pode haver a necessidade da utilização de aditivos, os quais são substâncias contribuintes na redução de perdas, estimuladores de fermentação desejada e enriquecedores do valor nutritivo, contribuindo com a melhoria da palatabilidade e o consumo da silagem resultante (EVANGELISTA e LIMA, 1999).

Diversos aditivos têm sido utilizados em silagens de várias espécies, apresentando resultados variáveis (FREITAS et al., 2006). As mudanças no desenvolvimento da fermentação de silagens devido à aplicação de aditivos podem alterar a composição final do alimento e afetar o consumo de matéria seca, assim como a digestibilidade de nutrientes. Os aditivos são substâncias que tem como finalidade, quando adicionados à forragem no momento da ensilagem, melhorar os padrões fermentativos da massa ensilada e, conseqüentemente, seu valor nutritivo (LIMA e EVANGELISTA, 2001).

Entre as funções atuantes de cada aditivo, destaca-se a importância em promover fermentação desejável e/ou a inibição da fermentação indesejável da forragem ensilada. Segundo HENDERSON (1993) o aditivo ideal a ser empregado à silagem é aquele que proporcione segurança no seu manuseio, que contribua na redução de perdas de matéria seca, propicie a melhoria da qualidade higiênica da silagem, restrinja a fermentação secundária (atuação de bactérias clostrídicas ou enterobactérias), aumente o valor nutritivo, melhore a estabilidade aeróbica e ofereça o maior retorno em produção animal em relação ao custo apresentado pelo uso do aditivo.

FREITAS et al. (2006) destacaram a importância da utilização de aditivos em silagens de cana-de-açúcar, visto que esta cultura quando ensilada isoladamente, apresenta acentuada redução

no valor nutritivo, em virtude da rápida fermentação dos açúcares solúveis em álcool etílico pelas leveduras. Segundo FANCELLI e DOURADO NETO (2000) as reações químicas indesejáveis que ocorrem no interior de um silo podem ser inibidas através do emprego de aditivos químicos preservadores (ou inibidores).

Entre os principais produtos que representam os aditivos químicos inibidores, destacam-se a uréia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), o carbonato de cálcio (CaCO_3), hidróxido de sódio (NaOH), o benzoato de sódio ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$), o pirussulfito de sódio (NaS_2O_5), o ácido fórmico (CH_2O_2), o formol (HCO_2) e misturas compostas por formol e ácido fórmico. Portanto, a presente revisão tem como objetivo descrever as características particulares destes aditivos comumente utilizados em silagens de espécies forrageiras não convencionais.

Aditivos químicos inibidores de fermentações indesejáveis

Os aditivos químicos inibidores (preservadores) são substâncias que possuem a função de controlar reações químicas e biológicas na ensilagem, porém o desconhecimento técnico a respeito do aditivo, dosagem e métodos de aplicação do mesmo, pode gerar conseqüências negativas ao desenvolvimento de microorganismos benéficos à fermentação, como as bactérias homoláticas, agindo de modo inibitório na produção de ácido láctico e conseqüente redução na palatabilidade da silagem (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

No momento da escolha de um aditivo para ser utilizado na silagem, EVANGELISTA e LIMA (1999) destacam alguns fatores importantes a serem tomados pelo produtor em escolher qual aditivo deve ser usado, como por exemplo: disponibilidade na aquisição do produto; apresentar facilidade ao manejar; não deixar resíduos tóxicos; eficiência em promover fermentação; aumento do valor energético ou protéico em relação à silagem sem aditivos e que o custo seja compatível com a qualidade promovida no produto final.

Apesar de os aditivos serem substâncias que podem ser adicionadas no momento da ensilagem, é importante ressaltar que a obtenção de silagem de boa qualidade não constitui apenas em utilizar

aditivos, mas todos os cuidados exigidos pela cultura desde a implantação da lavoura, como os devidos tratamentos culturais, época de corte da forrageira, grau de processamento do material, higiene de silo, tipo de silo, tempo de fechamento do silo, compactação e vedação do silo, são alguns fatores aliados que vem a contribuir com a produção de silagem de qualidade.

O emprego de aditivos químicos inibidores de desenvolvimento de microorganismos justifica-se em situações críticas como material com baixo ou alto teor de matéria seca e/ou baixo conteúdo de carboidratos solúveis, dificuldades na compactação da massa ensilada e em vedação deficiente por resultar em elevada porcentagem de oxigênio no interior do silo, que proporcionam degradação aeróbica por meio de desenvolvimento de microorganismos formadores de ácido acético, ácido butírico e álcool, responsáveis pela ocorrência de perdas de qualidade da forragem armazenada.

Os aditivos químicos preservativos são caracterizados por compostos químicos que auxiliam na redução do pH (RUIZ e MUNARI, 1992) ou por possuir ação bacteriostática (LIZIERE e NASCIMENTO JÚNIOR, 1989). Além de reduzir o crescimento de microorganismos aeróbicos, também contribuem para a redução da solubilidade de proteínas, preservação de nutrientes solúveis (BALIEIRO NETO, 2007), redução dos constituintes da parede celular (SIQUEIRA et al., 2007b), incremento no teor protéico (VIEIRA et al., 2004) e diminuição da respiração celular do material ensilado (EVANGELISTA e LIMA, 1999).

De maneira geral, os aditivos inibidores atuam tanto seletivamente sobre microorganismos e processos indesejáveis, tais como o crescimento aeróbico ou a solubilização de proteína, ou indistintamente sobre todos os processos.

Uréia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)

Os aditivos compostos por nitrogênio não protéico são empregados em silagens de espécies que apresentam baixos teores de proteína bruta (EVANGELISTA e LIMA, 1999), com o objetivo de incrementar o valor nutritivo da forragem ensilada, além de auxiliar na preservação da silagem. O milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) apresentam baixos teores de proteína bruta quando

ensilados com nível de matéria seca entre 30 e 35%. Assim, a adição de uréia na silagem de milho e sorgo vem a incrementar o valor nutritivo da silagem. Quando a uréia é adicionada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpurium* Schum), em que a mesma apresenta menor teor de matéria seca, de 15 a 20%, e segundo REZENDE et al. (2008), pode haver volatilização da amônia.

Os benefícios da utilização de uréia (baixo custo de unidade por proteína, contendo entre 42 e 45% de N), como aditivo em silagens, segundo MATOS (2008) e FREITAS et al. (2002), está na facilidade de obtenção, manejo na aplicação deste produto e a produção de amônia (NH₃) na presença de uréase (enzima que cataliza a hidrólise da uréia em dióxido de carbono e amônia), devido à transformação parcial da uréia em amônia na fermentação da silagem. A amônia possui ação antimicrobiana, inibindo o desenvolvimento de leveduras e mofos, que conseqüentemente reduz a produção de etanol (ou álcool etílico, CH₃ CH₂OH), gerando menores perdas de matéria seca e carboidratos solúveis (SCHMIDT, 2006), além de promover estabilização da massa ensilada e estimular a fermentação láctica.

A utilização da uréia como fonte de amônia tem mostrado sua viabilidade, sendo empregada em feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) com alta umidade (FREITAS et al., 2002) pois, na presença de umidade e sob a ação da urease existente na planta e nos microrganismos, sofre hidrólise e produz duas moléculas de NH₃ e uma de CO₂, além de demonstrar controle sobre populações de fungos e leveduras. O uso de uréia como aditivo em silagens, está direcionado na transformação da uréia em amônia, que reage com a água, conseqüentemente formando hidróxido de amônio (NH₄OH), fazendo com que haja elevação do pH e agindo sobre o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (KUNG JR. et al., 2003).

A adição de uréia (0,5%) conforme PEREIRA et al. (2007), contribui com a elevação dos teores médios de pH, aumento nos teores de nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (N-NH₃/NT) e elevação nos teores de proteína bruta das silagens. SANTOS et al. (2006) ao estudarem a composição química da cana-de-açúcar e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte, encontraram valores de proteína bruta na matéria seca superior para o

tratamento silagem de cana-de-açúcar com 11 meses mais 1% de uréia (14,4 contra 10,5% para 24 meses), sendo justificado este valor pela adição de nitrogênio da uréia à cana-de-açúcar.

Em um trabalho sobre a qualidade de silagens de sorgo com aditivos, VIEIRA et al. (2004) notificaram que a adição de uréia (0,5%) na silagem aumentou o teor de proteína bruta na média de 40% em relação à silagem testemunha (10,5 versus 7,4%). No mesmo trabalho foram encontrados teores superiores de fibra em detergente neutro (55,9%) em silagens com adição de uréia (0,5%) ou uréia (0,5%) mais CaCO₃ (0,5%) (55,7%) em relação a silagens controle (52,1%), no qual os autores relacionaram o efeito negativo da uréia no desenvolvimento e atuação de bactérias degradadoras da porção fibrosa da forragem (bactérias fibrolíticas).

Em avaliação do efeito de aditivos no controle da fermentação alcoólica e das perdas em silagens de cana-de-açúcar, PEDROSO et al. (2006b), verificaram a efetividade do tratamento contendo uréia a 1% sobre a redução da produção de álcool resultando em silagens com teor semelhante de etanol (19,3%), correspondendo à redução em média de 19% em relação à testemunha (22,7%). Porém, o nível mais alto de uréia (1%) resultou em pH mais elevado (4,5) e também maior perda gasosa durante a ensilagem (17,2% da MS).

ANDRADE e MELOTTI (2004) ao pesquisarem o efeito de tratamentos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante, concluíram a não recomendação da inclusão de uréia em silagem de capim-elefante, que apresentavam elevado teor de umidade devido a maiores perdas de matéria seca (11,0 contra 6,8% do tratamento testemunha) e redução da digestibilidade da silagem associado a níveis elevados de umidade e apresentando níveis significativos de ácido acético (1,81 contra 0,30% para testemunha), pois a inclusão de uréia (0,5%) afetou o processo fermentativo, devido sua ação alcalinizante impedir a redução de pH, favorecendo o desenvolvimento de bactérias indesejáveis.

PORTO et al. (2006) em estudo sobre as frações da parede celular e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) de diferentes genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.), destacaram que a uréia (0,5%) não promoveu alterações nas qualidades avaliadas (componentes da parede celular: fibra em

detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose, lignina e DIVMS) e descartaram a utilização da uréia (0,5%) e os demais tratamentos (0,5% de carbonato de cálcio, 0,5% de uréia mais 0,5% de carbonato de cálcio e inoculante bacteriano) no incremento da melhoria da qualidade da silagem de girassol.

Ao avaliarem os efeitos dos aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar sob parâmetros ruminais e degradabilidade da MS e das frações fibrosas, SCHMIDT et al. (2007b) verificaram maiores concentrações ruminais dos ácidos propiônico (21,7%) e butírico (12,1%) em silagens tratadas com uréia (0,5%), sendo relacionado ao maior teor de proteína bruta e nitrogênio amoniacal dessas silagens para o crescimento microbiano ruminal.

ROSSI JUNIOR e SCHOGOR (2006) em avaliação sobre a degradabilidade “*in situ*” de cana-de-açúcar ensilada com uréia e milho em diferentes proporções, verificaram no tratamento contendo 1% de uréia, maiores valores para degradabilidade efetiva (45,2 versus 38,2%) e degradabilidade potencial (56,4 contra 52,1%) em relação ao tratamento controle.

Resumidamente, silagens tratadas com uréia apresentam maiores valores de pH e adequados níveis de ácido láctico, devido ao poder tampão da amônia sobre a fermentação acética, além de retardar eventuais fermentações secundárias após a abertura do silo.

Conforme a literatura, a dose de uréia mais empregada é de 5 a 10 kg de uréia (0,5 a 1%) por tonelada de forragem fresca, havendo a necessidade de uma distribuição uniforme. Lembra-se que a uréia aumenta a quantidade de compostos nitrogenados favorecendo o desenvolvimento dos microorganismos ruminais, porém os animais devem ser gradativamente adaptados ao consumo da silagem tratada com uréia para evitar problemas eventuais de intoxicação aos ruminantes.

Carbonato de Cálcio (CaCO₃)

O CaCO₃ é o resultado da reação entre o óxido de cálcio (CaO) com dióxido de carbono (CO₂). Seu beneficiamento é realizado através da extração de um minério constituído pela calcita. A separação é desenvolvida através da flotação (SERRANA, 2002),

resultando no calcário purificado.

O uso de CaCO₃ em silagem vem sendo estudado como forma de controlar a fermentação e melhorar a qualidade da silagem de sorgo (PEREIRA et al., 2007) e servindo como fonte de cálcio para culturas deficientes por esse nutriente (PORTO et al., 2006).

PEREIRA et al. (2007) avaliaram o emprego de aditivos em silagens de sorgo e observaram que a aplicação de CaCO₃ (0,5%) resultou em valores superiores de pH para todos os dias de abertura do silo em relação ao tratamento testemunha, destacando o efeito tamponante do aditivo. No mesmo trabalho foram relatados valores de carboidratos solúveis em silagens tratadas com CaCO₃ (0,5%), que apresentaram semelhanças em todos os dias de abertura do silo (de 0,15 a 1,85%) com exceção do 3º dia (0,22%), evidenciando o consumo mais rápido dos carboidratos solúveis nos três primeiros dias de abertura do silo.

PORTO et al. (2006) verificaram que o CaCO₃ (0,5%) comportou-se como agente redutor (fornecendo elétrons para outra substância ser reduzida) no processo fermentativo para um dos genótipos de girassol avaliado, sendo encontrado concentração de 8,2% de lignina no primeiro dia de abertura do silo e conseqüentemente redução para 6,3% no 56º dia. Já para o parâmetro DIVMS, o CaCO₃ não proporcionou mudanças nos teores (de 45,2 a 52,5% da MS), quando comparado às silagens testemunhas em praticamente todos os dias de abertura dos silos.

VIEIRA et al. (2004) concluíram que o emprego de CaCO₃ (0,5%) como aditivo em silagem de sorgo, apresentou características semelhantes à testemunha, devido o CaCO₃ não alterar o teor de celulose (22,9 x 22,6%) e proteína bruta (7,3 x 7,4%).

Em relação ao óxido de cálcio (CaO) ou cal virgem micropulverizado, BALIEIRO NETO et al. (2007) destacam que possivelmente pode possuir poder redutor sobre os constituintes da parede celular por hidrólise alcalina e auxilia na preservação de nutrientes solúveis, por inibir o desenvolvimento de leveduras que agem sobre a forragem ensilada, diminuindo a perda do valor nutritivo durante a ensilagem e após abertura do silo. Já BALIEIRO NETO et al. (2005) ao estudarem a pós-abertura de silagem de cana-de-açúcar com doses de óxido de

cálcio, verificaram que o tratamento contendo CaO a 1,5% do peso “*in natura*”, reduziu as perdas de MS em 53% e proporcionou aumento na estabilidade aeróbia, quando comparado ao controle. No entanto, percebe-se a carência de trabalhos científicos a respeito do óxido de cálcio para investigar as características descritas neste parágrafo.

As literaturas consultadas recomendam que a dose de carbonato de cálcio empregada seja de 5 a 10 kg (0,5 a 1%) por tonelada de forragem fresca, havendo a necessidade de uma distribuição uniforme para otimizar a reação química. De regra, o uso do CaCO₃ melhora a palatabilidade do volumoso e favorece a produção de ácido láctico, apesar de ser desfavorável na diminuição do pH e elevar os teores de nitrogênio amoniacal.

Benzoato de Sódio (C₆H₅COONa)

O benzoato de sódio é um dos principais agentes bacteriostáticos usados nas indústrias de alimentos e bebidas (MAKENI CHEMICALS, 2004b), não somente por sua excelente eficácia, mas também por sua facilidade na aplicação. O benzoato de sódio caracteriza-se em um pó branco, granuloso ou cristalino, inodoro ou com fraco odor balsâmico, sabor adocicado e levemente adstringente.

O emprego de benzoato de sódio em silagem está vinculado ao efeito redutor na concentração de etanol, inibição do desenvolvimento de leveduras e conservação de carboidratos solúveis (PEDROSO, 2003). SCHMIDT et al. (2007a) avaliaram diferentes aditivos químicos e biológicos em cana-de-açúcar e observaram em silagens que receberam a adição de benzoato de sódio (0,1%), apresentaram maior efetividade em preservar o teor de carboidratos solúveis nas silagens. Enquanto isso, a adição de benzoato de sódio promoveu menores coeficientes de digestibilidade para as frações FDN (47%) e FDA (40%), além de resultar em maior valor numérico de consumo de matéria seca (7,7 kg dia⁻¹), porém, sem significância estatística.

Segundo SIQUEIRA et al. (2007a) em um estudo sobre perdas de silagens tratadas com aditivos químicos e biológicos, foram encontradas menores variações no pH (5,8 antes da ensilagem e 3,6 após abertura do silo) em silagens de cana-de-açúcar tratadas com benzoato de sódio (0,1%),

demonstrando efeito inibitório sobre o metabolismo de leveduras, determinando que as espécies que atuam durante a exposição aeróbica foram mais sensíveis ao benzoato de sódio que as espécies fermentativas.

Valor superior de matéria seca (35,4%) foi encontrado por PEDROSO et al. (2006a) em silagens de cana-de-açúcar contendo benzoato de sódio (0,1%) e maior rendimento dos animais, que apresentaram conversão alimentar (7,63 kg MS kg⁻¹ peso vivo) em relação a animais alimentados com silagens tratadas com outros aditivos (9,37 8,63 e 7,73 kg MS kg⁻¹ de peso vivo para os tratamentos testemunha, uréia e inoculante bacteriano, respectivamente).

SIQUEIRA et al. (2007b) em trabalho realizado sobre a associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar, encontraram valores de DIVMS de 4,2% em silagens tratadas apenas com benzoato de sódio (0,1%) em relação ao tratamento controle. Este resultado foi justificado pela ocorrência da degradação e solubilização da hemicelulose, elevando o valor da DIVMS (68,2 contra 54,4% para a testemunha antes e 61,1 contra 39,4% para a testemunha após abertura do silo).

SCHMIDT et al. (2007b) verificaram a menor relação ácido acético/ácido propiônico (3,02) para o tratamento utilizado com benzoato de sódio (0,1%) ao avaliarem parâmetros ruminais e degradabilidade da matéria seca e das frações fibrosas de silagens de cana-de-açúcar.

Pesquisa realizada por PEDROSO (2003) em silagens tratadas com diferentes concentrações de benzoato de sódio (0,05%, 0,1% e 0,2%) não constatou reduções na concentração de etanol e perdas totais de MS, na DIVMS (7,2%), devido a um incremento nos valores de FDN (7%) e as perdas de efluentes foram acentuadas (25,2 kg t⁻¹) e maiores que a testemunha.

De acordo com a literatura consultada a dose de benzoato de sódio mais recomendada foi de 1 kg para cada tonelada de matéria verde (0,1%). A forma disponível de benzoato de sódio é de granulado solúvel, o que facilita sua manipulação no momento da utilização, mas há a necessidade do produto ser distribuído uniformemente.

Pirossulfito de Sódio (Na₂S₂O₅)

O pirossulfito de sódio também denominado por metabissulfito de sódio e entre suas principais utilidades destacam-se o uso como químico, na produção de produtos farmacêuticos e na preservação de alimentos, esterilizante e antioxidante/preservativo. É encontrado no comércio sob a forma de pó de tonalidade branca.

O pirossulfito de sódio é caracterizado por possuir ação bactericida e atua na restrição da respiração celular do material ensilado, em virtude da liberação de dióxido de enxofre (SO₂), contribuindo com a formação de um ambiente anaeróbico propício para a ação das bactérias produtoras de ácido lático (EVANGELISTA e LIMA, 1999). Apresenta a formação de gases irritantes no seu manuseio, o que pode dificultar o trabalho da ensilagem e principalmente a compactação da forragem.

Segundo LIZIERE e NASCIMENTO JÚNIOR (1989) as doses empregadas de pirossulfito de sódio são de 2 a 3 litros por tonelada de matéria verde (2 a 3%).

Hidróxido de Sódio (NaOH)

O hidróxido de sódio, também conhecido como soda cáustica, altamente corrosivo, é empregado na indústria na fabricação de papel, tecidos, detergentes, alimentos e biodiesel. Para SIQUEIRA et al. (2007a), o hidróxido sódio quando adicionado à silagem, apresenta capacidade tamponante, pois atua como aditivo em solução aquosa, dissociando-se em íon sódio (Na⁺) e em hidroxila (OH⁻), que tem afinidade em combinar com H⁺ do meio e inibir as alterações de pH.

O hidróxido de sódio é utilizado como aditivo para facilitar a digestibilidade da FDN, alterar a fermentação, que é basicamente alcoólica para fermentação láctica, consequentemente elevando o pH inicial, que posteriormente estimularia a ação de bactérias acidoláticas. O uso de hidróxido de sódio em cana-de-açúcar reduz os constituintes da parede celular e aumenta o valor da DIVMS (PIRES et al., 2006; VALERIANO et al., 2007).

SIQUEIRA et al. (2007b) observaram que a silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio (1,0%) propiciou maior valor de DIVMS (68,2% antes da ensilagem de 61,1% após abertura do silo), devido a rápida ocorrência de hidrólise alcalina

sobre a fibra.

ANDRADE et al. (2001) em trabalho realizado sobre valor nutritivo de cana-de-açúcar, tratado com hidróxido de sódio e acrescida de rolão de milho, concluíram que o tratamento com hidróxido de sódio (1,0%) degradou a fibra (14,43 g kg^{0,75} de fibra insolúvel em detergente neutro versus 21,7 g kg^{0,75} para cana + NaOH + 120 kg de rolão) e contribuiu com aumento da digestibilidade (66,6 contra 60,2% para cana + NaOH + 120 kg de rolão).

SIQUEIRA et al. (2007a) em pesquisa sobre perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos, observaram que o tratamento contendo 1,0% de hidróxido de sódio resultou em silagens com pH superior a testemunha (4,6 contra 3,6), menores perdas por gases (7,4 contra 16,4% da MS), de efluentes (3,7 versus 75,9 kg t⁻¹ de massa verde) e minimizou as perdas quantitativas durante a fermentação (85,4 contra 71,6% para recuperação da MS).

PIRES et al. (2006) ao estudarem o tratamento de hidróxido de sódio sob quatro doses (0, 2,5, 5 e 7,5% da MS) em bagaço de cana-de-açúcar durante 1, 3, 5 e 7 dias, não verificaram efeito do tempo sobre os teores de FDN, FDA, lignina, mas foi possível observar o efeito das doses para os parâmetros FDN (97,4 para 90%), FDA (81 para 76%) e lignina (15,5 para 13%), o que comprovou a rápida atuação do hidróxido de sódio.

O hidróxido de sódio constitui-se em uma das substâncias mais eficientes no tratamento de volumosos de baixa qualidade (REIS e RODRIGUES, 1994), porém, existem limitações, como alto teor de sódio nas dietas e a possível contaminação do ambiente. TEIXEIRA et al. (2007) também relatam sobre precauções no uso do hidróxido de sódio, pois além da contaminação do solo, devido ao aumento da excreção urinária, que elimina o excesso de sódio ingerido, também há o efeito da diluição sobre a população de microrganismos, devido à intensa ingestão de água, resultando em menor degradação da fibra, aumento da velocidade de passagem do alimento, ocasionando o decréscimo do tempo de retenção do rúmen.

A literatura consultada recomenda que a dose de hidróxido de sódio empregada seja de 10 a 15 kg (1 a 1,5%) por tonelada de forragem fresca, havendo

a necessidade de uma distribuição uniforme para otimizar a reação química.

Ácido Fórmico (CH₂O₂)

O ácido fórmico é um líquido incolor corrosivo, com odor penetrante, apresenta-se como o membro mais simples da série dos ácidos carboxílicos, podendo comportar-se como ácido e/ou agente redutor, dependendo das condições de reação (MAKENI CHEMICALS, 2004a), sendo empregado na indústria química, farmacêutica e têxtil.

Quando empregado em silagens, apresenta efeito desidratante, bactericida (LIZIERE e NASCIMENTO JÚNIOR, 1989), e preservativo devido aumento na concentração hidrogeniônica do meio (EVANGELISTA e LIMA, 1999), promovendo rápida diminuição inicial do pH (RUIZ e MUNARI, 1992), consequentemente inibindo fermentações indesejáveis.

Possui importantes ações sobre microrganismos e a fermentação da forragem como níveis mais elevados de açúcares residuais e etanol, manutenção na amenização da temperatura, reduzido conteúdo de amônia, pH baixo e concentrações insignificantes de ácido acético e butírico (EVANGELISTA e LIMA, 1999).

ÍTAVO et al. (2000), ao avaliarem aditivos na conservação de bagaço de laranja (*Citrus aurantium* L.) na forma de silagem, verificaram que o ácido fórmico (10%) promoveu maior desidratação, maior valor para os teores de matéria seca, menores valores de proteína bruta, maiores valores para DIVMS e apresentou efeito imediato após aplicação em reduzir o pH para 3,5. Em relação a MS, sugeriram que o ácido fórmico poderia ter produzido mais efluente e, conseqüentemente, ocorrido perdas de MS, ou provavelmente, de água, pois o ácido fórmico exerce efeito desidratante sobre os materiais úmidos. Já para o pH, destacaram a ocorrência da fermentação dos carboidratos solúveis do bagaço de laranja, enriquecendo o meio com produtos da fermentação, como o ácido láctico, ou, provavelmente, o ácido fórmico, que além de ser um ácido forte, possui também atividade bactericida seletiva. Portanto, pode ocorrer queda do pH, sem aumento do ácido láctico.

De acordo com EVANGELISTA e LIMA (1999) a dose mais indicada de ácido fórmico a ser utilizado em silagens, fica entre 5 a 6 litros por

tonelada de matéria verde (0,5 a 0,6%) diluído em água com proporção de 1:1.

Formol (HCO₂)

O formol é encontrado sob soluções de 37 a 45% de formaldeído, caracterizado por um líquido incolor ou gás, com forte odor e ao mesmo tempo irritante. Possui vasto emprego com fins industriais, que vão desde a confecção de borracha sintética, na indústria têxtil até a fabricação de fertilizantes e fungicidas agrícolas.

Apresenta alguns fatores que contribuem com seu emprego como aditivo em silagens, destacando-se a ação bacteriostática, contribuindo com a redução de fermentações secundárias e também auxilia na insolubilidade de proteínas intocáveis pelos microrganismos na silagem e no rumem dos animais (EVANGELISTA e LIMA, 1999). Com o emprego do formol, as proteínas absorvidas no abomaso e intestino delgado, desencadeiam em liberação de aminoácidos, evitando desse modo que as proteínas sejam degradadas com maiores perdas de nitrogênio sob a forma de amônia.

Pesquisas realizadas no Brasil indicam que os melhores resultados obtidos em silagens foram com doses de formol entre 4 a 6 litros por tonelada (0,4 a 0,6%) de matéria verde. Para EVANGELISTA e LIMA (1999) doses inferiores às já citadas não apresentam eficiência e dificultam a fermentação desejável e doses elevadas resultam em baixas taxas de digestão.

Cuidados ao manipular o formol são indispensáveis, pois se trata de um produto tóxico quando inalado e pelo contato com a pele, havendo a necessidade de utilizar equipamento de proteção individual (EPI).

Misturas de formol com ácido fórmico

O objetivo de aliar o formol com o ácido fórmico é agregar o efeito protetor das proteínas pelo formol com a ação acidificante e bactericida do ácido fórmico, visto que o formol não é considerado um aditivo ideal (EVANGELISTA e LIMA, 1999), pois por não contribuir com uma fermentação desejada e em níveis elevados, reduz o consumo da silagem. Deste modo, aliando o formol com o ácido fórmico, permite-se o uso de menores doses de formol, o que

contribue a não prejudicar o consumo e a digestão da silagem e ao mesmo tempo, agindo na proteção de proteínas.

Ainda não existem dados conclusivos a respeito de misturas de formol e ácido fórmico indicando as melhores proporções e doses a serem utilizadas. Em nível de experimentação, destaca-se a solução “Viher”, que é um produto composto por 70% de formol (38 a 40% de formaldeído), 26% de ácido fórmico (85% de pureza) e 4% de água (EVANGELISTA e LIMA, 1999) e empregado quase que totalmente em silagens de capim-elefante, nas doses de 2 a 5 litros (0,2 a 0,5%) por tonelada de massa verde ensilada (LIZIERE e NASCIMENTO JÚNIOR, 1989).

Considerações finais

Conforme os dados expostos referente a cada aditivo químico preservativo evidenciam-se as várias alternativas de benefícios à conservação de distintas espécies forrageiras na forma de silagem. Apenas o uso destes aditivos não contribui para o aumento significativo da qualidade da forragem ensilada, mas serve para a manutenção da qualidade e redução de possíveis perdas oriundas de uma fermentação indesejável.

Cuidados devem ser observados durante o processo de ensilagem, como a correta mistura do

aditivo na silagem, pois dessa forma, o aproveitamento de suas propriedades é mais eficiente, resultando em silagem de boa qualidade. Deve-se respeitar a dose recomendada e devidas cautelas na manipulação do produto, pois alguns aditivos inibidores apresentam riscos à saúde humana, havendo a necessidade da utilização de equipamentos de proteção.

O uso ou não de um aditivo químico preservativo não dispensa os cuidados necessários de implantação e condução da lavoura, de determinada forrageira a ser ensilada, ou seja, a qualidade da silagem esta diretamente relacionada à espécie e/ou genótipo cultivado, fertilidade do solo, tratos culturais, ponto de ensilagem, compactação e vedação do silo, pois apenas o aditivo não corresponde com um considerável incremento de qualidade da silagem produzida.

O emprego de aditivos químicos inibidores de desenvolvimento de microrganismos justifica-se em situações críticas como material com baixo teor de matéria seca e/ou baixo conteúdo de carboidratos solúveis, dificuldades na compactação da massa ensilada, e em vedação deficiente por resultar em elevada porcentagem de oxigênio no interior do silo.

Referências

Apresentadas no final da [versão em inglês](#).

