

CAPÍTULO 8

Efeito do manejo sobre a produção e qualidade de forrageiras conservadas e avaliação das perdas fermentativas em silagens

Julio Viégas, Francine Basso Facco, Monique Évelyn de Lima Antunes, Paola de Oliveira Selau, Tiago Antonio Del Valle

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c8>

Resumo

A produção e conservação de silagens é essencial para a intensificação dos sistemas produtivos. Além de permitirem manter a oferta de volumosos ao longo do ano, a produção de volumosos conservados permite o desenvolvimento de sistemas intensivos de produção em larga escala. O tema é ascendente no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFSM, abrangendo questões relacionadas ao manejo das áreas agrícolas e as práticas adotadas durante a ensilagem. O estudo das cultivares das diferentes espécies utilizadas para a produção de silagem, estágio vegetativo e o manejo da ensilagem e a utilização de aditivos são essenciais por afetarem o processo fermentativo das silagens. A fermentação indesejável maximiza as perdas fermentativas e reduz o valor nutricional e a estabilidade aeróbia da silagem. Neste capítulo são apresentados os efeitos do manejo de cortes sobre a conservação de cereais de inverno. Além disso, é apresentada uma proposta de utilização das curvas de produção de gases utilizadas em sistemas de fermentação ruminal *in vitro* para o estudo das perdas fermentativas em silagens.

1. Introdução

O uso de volumosos conservados na forma de silagem tem uma função estratégica na bovinocultura. Estes alimentos podem ser utilizados nos momentos de maior escassez de alimentos frescos, como ocorre nos vazios forrageiros de outono e de primavera. Ao mesmo tempo, também podem ser a base da alimentação em sistemas confinados, sendo o principal volumoso da dieta. Em todo e qualquer alimento que é produzido em uma determinada época do ano, os processos de conservação permitem a utilização ao longo do ano. Contudo, estes processos geralmente não permitem melhorar a qualidade do

material original. No caso da ensilagem de volumosos, o objetivo é gerir as perdas inerentes ao processo para que estas não sejam maximizadas e assim consigamos uma silagem com maior valor nutricional.

A qualidade do material ensilado está em íntima relação com a qualidade do material original. No entanto, a qualidade do produto final dependerá de muitos outros fatores, como o momento do corte em nível de campo, o tamanho de partícula, o teor de matéria seca e açúcares solúveis, compactação e vedação, entre tantos outros. Outro aspecto, o qual está relacionado ao primeiro fator, é a relação que existe para qualquer espécie forrageira entre produção de MS (biomassa) e qualidade, pois sempre que a produção de MS é elevada a qualidade é penalizada, sendo o oposto, igualmente verdadeiro.

Portanto, a decisão pelo ponto de corte é um compromisso entre boa produção de forragem com uma qualidade ainda aceitável. Como o custo de produção por metro cúbico de silagem é muito alto, não podemos apostar em um ponto de corte que nos permitirá elevada qualidade, pois resulta em pouco material a ser ensilado, com uma quantidade de umidade elevada, o que encarece todo o processo. Ao mesmo tempo, ao colhermos a lavoura no seu ponto máximo de produção, obteremos um material fibroso e com baixo teor de açúcares solúveis. Deve ser igualmente considerado que, tudo o que ocorre em nível de lavoura, desde a escolha da espécie, cultivar e práticas de manejo também afetam a qualidade e o volume disponível para ensilagem.

Dentre as linhas de pesquisa desenvolvidas no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFSM, um dos temas ascendentes é a produção e conservação de volumosos. Neste sentido, especialmente os professores Julio Viégas e Tiago Del Valle, assim como seus grupos de pesquisa têm se esforçado no desenvolvimento de uma série de ensaios ao longo do tempo. Os estudos com produção e conservação de volumosos consideram conceitos de forragicultura, abrangendo questões agronômicas e zootécnicas, como aquelas relacionadas ao manejo das forrageiras, tanto de espécies estivais como hibernais, até as avaliações nutricionais das silagens produtivas, visando identificar de maneira precisa os fatores de produção limitantes, acima expostos, bem como propor alternativas de manejo aplicáveis em nível de propriedade.

Para ilustrar as atividades desenvolvidas ao longo destes estudos, este capítulo tem por objetivo descrever ensaios em que foram exploradas questões de manejo e posteriormente discutir algumas questões metodológicas que têm sido destacadas em ensaios realizados nas instalações do Laboratório de Bovinocultura de Leite (LabLeite) da UFSM em associação com o Grupo de Estudos em Aditivos na Produção Animal (GEAPA).

2. Manejo da ensilagem

A produção de volumosos hibernais é tema de muitos projetos de pesquisa e o manejo a ser adotado na obtenção de forragens conservadas ainda gera muitas dúvidas no campo. Neste sentido, alguns experimentos foram realizados no Grupo de Estudos em Aditivos na Produção Animal (GEAPA) com o intuito de avaliar a produção e conservação de cereais de inverno, principalmente aveia e trigo, quando produzidos exclusivamente para a produção de silagens ou manejadas sob regime de cortes, ou mesmo em avaliações com aditivos.

A estacionalidade da produção forrageira é um dos principais desafios para a produção de ruminantes no Brasil. Nas condições do Rio Grande do Sul, os campos naturais são compostos majoritariamente de espécies estivais, que entre os meses de março e setembro apresentam baixa taxa de acúmulo de forragem, em função da redução das temperaturas (SCHEFFER-BASSO et al., 2004). As forrageiras hibernais têm sido utilizadas para aumentar a produção de volumoso durante o outono-inverno (MORAES et al., 1995), seja para pastejo direto, ou como alimento conservado.

Para o ajuste entre as exigências e a disponibilidade forrageira, a conservação pode ser aplicada com o intuito de maximizar o desempenho técnico-econômico das propriedades (COAN et al., 2001). Neste sentido, a ensilagem tem crescido em relação à fenação por apresentar vantagens logísticas, principalmente em regiões com limitações climáticas para a fenação, como nos estados do sul do Brasil. A ensilagem é definida como a conservação do material ensilado, em ambiente anaeróbio, pela consequente fermentação e acidificação (McDONALD et al., 1991).

De acordo com McDonald et al. (1991), o processo de ensilagem pode ser dividido em 4 fases, a saber: 1) fase aeróbia: fase inicial, em que os microrganismos aeróbios consomem o oxigênio da massa ensilada, estabelecendo a anaerobiose. Como a respiração aeróbia leva à oxidação completa dos substratos, quanto maior a duração da fase aeróbia, maiores serão as perdas de matéria seca da silagem. Neste aspecto, velocidade de ensilagem e compactação se fazem essenciais durante a ensilagem para que as perdas sejam minimizadas; 2) fase anaeróbia: nesta fase, as bactérias anaeróbias passam a predominar, consumindo os carboidratos solúveis e produzindo ácidos orgânicos; 3) fase de estabilidade: nesta fase, a redução do pH restringe o crescimento de microrganismos anaeróbios, conservando o material por longos períodos; 4) fase de desensilagem/descarregamento: após a abertura do silo, a silagem é exposta ao oxigênio, permitindo crescimento de microrganismos aeróbios deteriorantes. Nesta fase, o aumento do pH e o aquecimento indicam a perda de qualidade do material.

Sob condições ideais, a conservação ocorre naturalmente, permitindo que o pH atinja valores entre 3,8 e 4,2 (MUCK, 2010). No entanto, sob condições de baixa disponibilidade de carboidratos solúveis, normalmente vinculadas a elevados teores de matéria seca, e/ou elevada capacidade tampão, o pH pode se manter elevado, permitindo o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes durante todo o processo de conservação. As forrageiras hibernais apresentam baixos teores de carboidratos solúveis e especialmente elevados teores de minerais e proteínas, que elevam a capacidade tampão. Desta forma, as silagens de gramíneas hibernais têm sido realizadas em estágio fenológico avançado ou após pré-secagem.

Com a expansão dos sistemas de produção baseados na integração lavoura-pecuária, a utilização de cereais de inverno de duplo propósito (forragem e grãos) surge como uma alternativa para produção de silagem de qualidade, com baixo custo, considerando-se que no final do ciclo dessas culturas, normalmente há um excedente de massa de forragem (MEINERZ et al., 2011). A utilização de gramíneas hibernais de duplo propósito permite a realização de pastejo/cortes e a manutenção das lavouras para a produção de grãos e/ou mais

silagem. A produção de silagem neste período do ano permite liberar as áreas de produção para culturas de verão mais rentáveis.

Em trabalho conduzido por MEINERZ et al. (2011), no LabLeite, coordenado pelo Prof. Clair Jorge Olivo, os autores avaliaram o efeito do manejo de duplo propósito em 12 cultivares de cereais de inverno sobre a produção de matéria seca e a composição estrutural do material ensilado, o valor nutritivo e os parâmetros fermentativos das silagens. As espécies forrageiras foram submetidas a três cortes com o objetivo de simular o pastejo, em intervalos variando entre 16 e 38 dias, e após o terceiro corte foi realizado o diferimento, permitindo-se o desenvolvimento final das culturas. A ensilagem foi realizada quando as culturas atingiram o estágio fenológico de grão pastoso, sem realizar pré-secagem. Metade da área de cada parcela foi destinada à ensilagem e a outra metade foi avaliada quanto ao rendimento de grãos. Todos os genótipos testados se mostraram aptos ao processo de ensilagem e produziram silagens com características fermentativas desejáveis.

O pH variou entre 4,39 para o centeio BR1 e 3,73 para o trigo BRS277, valores plenamente aceitáveis e dentro do que se preconiza para uma excelente conservação. Todas as silagens apresentaram teores de nitrogênio amoniacal, relativo ao nitrogênio total, inferiores a 6,8%, ou seja, inferiores a 10%, indicado como o limite para silagens de excelente qualidade, conforme Ferreira et al. (2001), o que representa uma baixa atividade proteolítica, decorrente de uma rápida redução do pH. Apesar disso, os valores de PB variaram entre 5,9 e 8,45 %, o que pode ser considerado baixo em relação a outros trabalhos que apresentaram valores superiores a estes (SILVEIRA, 2017; CERUTTI et al., 2022).

Dos materiais testados no trabalho acima mencionado, o triticale BRS 148 e o centeio BR 1 são os genótipos mais precoces para produção de silagem. Com relação ao rendimento de massa seca de pré-ensilagem, as cultivares de centeio BR 1 e de aveia UPF 18 apresentam o melhor desempenho. A silagem com maior qualidade nutricional foi observada para o trigo BRS Umbu, na medida em que esta apresentou maior participação de grãos e de lâminas foliares na massa total.

No trabalho conduzido pela equipe do GEAPA, Silveira (2017) avaliou o efeito do manejo de cortes sobre a produção e conservação de silagens de aveia (cultivares UPF18 e IPR126) e trigo (cultivares BRS Tarumã e BRS UMBU) entre maio e outubro de 2013, em duas condições de manejo, metade das parcelas foram submetidas a dois cortes no decorrer do ciclo e a outra metade não recebeu cortes. A ensilagem foi realizada quando as culturas atingiram o estágio de grão pastoso, sem realizar a pré-secagem. O manejo não afetou a duração do ciclo produtivo (153 dias) e a produtividade (6219 kg MS/ha). No entanto, o manejo em sistema de cortes resultou na colheita de plantas mais baixas (65 vs. 89 cm de altura) e com menor teor de matéria seca (26,7 vs. 31,3% MS). O manejo com cortes aumentou o poder tampão, sem afetar o teor de amônia (8,43 % do N total), entretanto o manejo não afetou o pH da silagem (4,23 em média), a recuperação da matéria seca (93,3%, na média). A elevada recuperação da matéria seca é decorrente das baixas perdas por gases e efluentes, 5,4 e 1,26%, respectivamente, as quais estão na dependência de uma adequada compactação, e rápido fechamento dos silos e início da fermentação anaeróbia.

Assim, como para o trabalho de Meinerz et al. (2011), observa-se, que os valores de pH foram bastante satisfatórios o que permite uma boa conservação do material, desde que as condições de anaerobiose sejam mantidas. Os valores de nitrogênio amoniacal, apesar de superiores aos observados no trabalho precedente, ainda se situam abaixo de 10%. Apesar destes valores de amônia mais elevados, os teores de PB foram superiores aos observados por Meinerz et al. (2011), sendo que as silagens de Aveia UPF 18, por exemplo, quando manejadas para duplo propósito apresentaram valores de 11,52% de PB, contra 8,07% do material ensilado sem cortes prévios. Deve-se observar que esta cultura no momento da ensilagem produziu nos mesmos tratamentos acima, respectivamente, 6.684 kg de MS/ha, com um porte de 80 cm de altura de dossel, contra 7.244 kg de MS/ha, com um porte de 111 cm de altura de dossel. Portanto, na situação de cortes, apesar de representar uma menor coleta de massa a ser ensilada, apresenta uma estrutura com mais folhas e menor material estrutural.

Deve ser observado que os rendimentos do trabalho de Silveira (2017) foram 40% inferiores àqueles observados por Meinerz (2011), haja vista que o experimento foi conduzido em área com deficiência de drenagem. Além disso,

pela análise do índice de nutrição nitrogenada (INN), pode ser verificado que houve uma deficiência significativa de nitrogênio a partir dos 90 dias de exclusão. Esta deficiência foi mais importante exatamente para a cultivar de aveia UPF18 e com menor impacto para a cultivar IPR 126.

Silveira (2017) observou que o manejo de cortes, em relação a produção exclusiva para ensilagem, reduziu o teor de fibras (FDA e FDN) da silagem de aveia. No entanto, nenhum efeito do manejo foi observado sobre a composição da silagem de trigo. Sendo assim, este concluiu que a produção de silagem a partir de cultivares de inverno é viável no aspecto quantitativo e qualitativo. Quanto à utilização da aveia, especial ênfase deve ser dada ao ciclo da planta, uma vez que esta caracteriza-se por ter um ciclo precoce, ou seja, determina que o ponto de corte seja corretamente observado, além de ser uma espécie interessante para incluir em sistemas nos quais as áreas precisam ser rapidamente liberadas para o plantio das culturas de verão.

Silveira (2017) também avaliou a produção de metano e ácidos graxos de cadeia curta pela técnica de cinética de fermentação ruminal *in vitro* em silagens dos mesmos materiais de inverno. Foi observado que os cultivares de trigo apresentaram maiores produções de gás, portanto, sendo mais degradáveis que as cultivares de aveia. A aveia UPF18 apresentou menor concentração de ácidos graxos de cadeia curta, com menores produções de ácido acético e propiônico. O trigo Umbu, por sua vez, apresentou menor produção de ácido propiônico, aumentando a relação C2/C3. Dessa forma o autor concluiu que as silagens de cereais de inverno têm potencial de suprir a demanda dos animais, permitindo bons índices de produtividade. Quanto às cultivares avaliadas, a aveia UPF 18 é menos digestível que as demais, além disso as silagens de trigo produzem uma quantidade menor de metano, quando comparadas às cultivares de aveia.

Em experimento desenvolvido pelo GEAPA, Cerutti et al. (2022) avaliaram silagens pré-secadas de aveia branca, cevada e trigo, preparadas no estágio vegetativo e reprodutivo e tratadas, ou não, com inoculante bacteriano e enzimático (*Lactobacillus buchneri*; *Pediococcus acidilactici*; beta-glucanase e xilanase) ou ácido propiônico como aditivos. Os teores de proteína bruta e a digestibilidade da fibra em detergente neutro após 30 horas de incubação foram superiores para os materiais ensilados no período vegetativo, enquanto os

teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina foram menores. O uso do inoculante resultou em silagens com maiores teores de ácido láctico e menores valores de pH e nitrogênio amoniacal. O uso de ácido propiônico não melhorou as características fermentativas. Não foi observado efeito dos aditivos utilizados sobre a estabilidade aeróbia das silagens, nem sobre a composição química das silagens. Portanto, os autores concluem que as silagens de materiais em estágio vegetativo apresentam melhor qualidade nutricional, contudo, o volume de silagem obtido é menor em relação às silagens produzidas a partir de plantas em estágio reprodutivo.

Apesar dos trabalhos acima citados indicarem a fase (vegetativa ou reprodutiva) em que os materiais foram ensilados, fica evidente que um entendimento mais detalhado das transformações morfofisiológicas pelas quais as plantas, e a cultura como um todo (competição intraespecífica, por exemplo), passam ao longo do seu desenvolvimento podem determinar o momento adequado para realizar a ensilagem. Este momento, provavelmente, é aquele em que a cultura atinge a capacidade máxima de captura da radiação fotossinteticamente ativa resultando na máxima capacidade de acúmulo de fotoassimilados, resultando em uma biomassa de melhor qualidade. A partir de abordagens mais específicas em nível de lavoura, será possível indicar com maior precisão o ponto ideal de corte, com o objetivo de recolher a máxima biomassa possível com uma qualidade aceitável, o que determinará a melhor resposta animal. Contudo, a decisão pela colheita do material, depende, igualmente, do objetivo, em relação à escolha da cultivar, bem como da destinação pretendida para a área dentro do sistema de produção.

3. Avaliação das perdas fermentativas

Entre as variáveis tradicionalmente avaliadas em ensaios de conservação de silagens, as perdas fermentativas se destacam. Vários estudos (PEDROSO et al., 2008; BORREANI et al., 2018; DEL VALLE et al., 2018) discutem que a qualidade da silagem produzida é grandemente afetada pelas perdas fermentativas. Os microrganismos utilizam carboidratos solúveis como substrato para a produção de gases. Como estes carboidratos representam as frações mais digestíveis do material, silagens com elevadas perdas apresentam menor

valor nutricional. A título de ilustração, considerando uma silagem que apresenta 60% de digestibilidade da matéria seca e 10% de perdas fermentativas, onde a digestibilidade dos carboidratos solúveis é de 100%, com o aumento destas perdas para 20%, espera-se que a digestibilidade caia para 55,6%. Desta forma, é importante que se considere que as perdas não representam apenas redução da disponibilidade de matéria seca, mas também um prejuízo qualitativo do material produzido.

A curva de perdas ao longo do tempo evidencia um comportamento aproximadamente padrão. Cantoia et al. (2020), avaliaram as perdas da silagem de cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de óleos essenciais do capim limão em 4 períodos diferentes (Figura 1). No trabalho de MORAIS et al. (2021), as perdas fermentativas da silagem de planta inteira de soja tratada com diferentes aditivos foram avaliadas por 13 períodos (Figura 2). Em ambas as situações, os dados foram analisados como medidas repetidas no tempo. Há de se considerar que o entendimento do processo de conservação nos permite inferir que o efeito do tempo de conservação não deveria ser considerado como uma variável linear nestes ensaios de conservação de volumosos. Como previamente discutido, as perdas na fase aeróbia são muito maiores do que as perdas observadas nas fases subsequentes, até a abertura do silo (McDONALD et al., 1991). Desta forma, nosso grupo de pesquisa tem se esforçado em desenvolver estratégias para melhor estudar as perdas fermentativas, considerando-se as informações disponíveis sobre o processo de ensilagem.

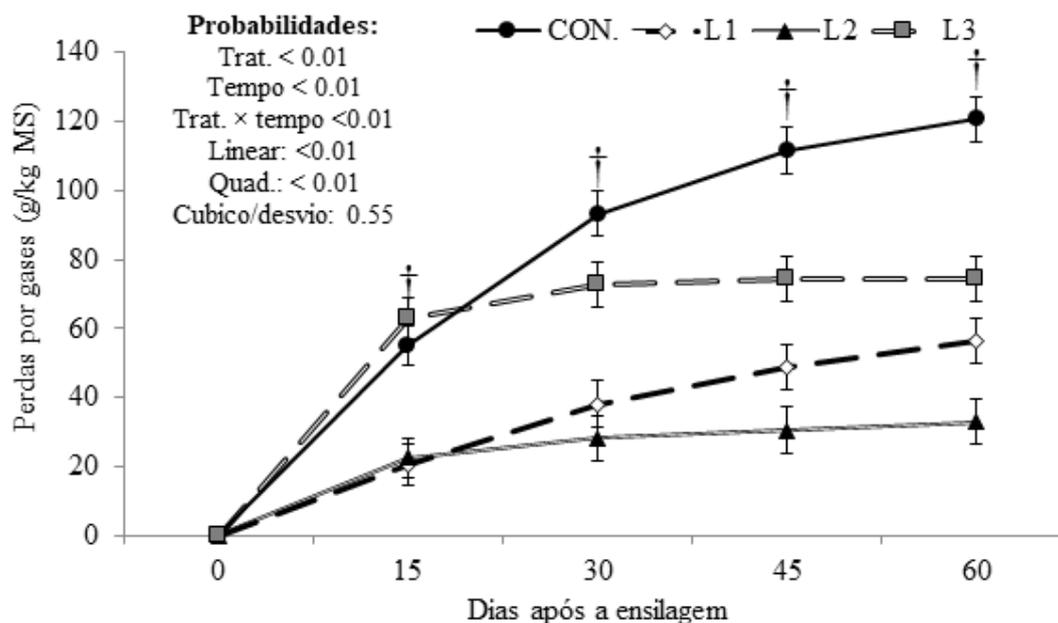


Figura 1. Perdas por gases em silagem de cana de açúcar tratada com níveis crescentes de óleo essencial do capim limão (CON: sem óleo essencial; L1, L2 e L3 são silagens contendo 1, 2 e 3 mL por kg de matéria natural de silagem, respectivamente). Fonte: CANTOIA et al. (2020)

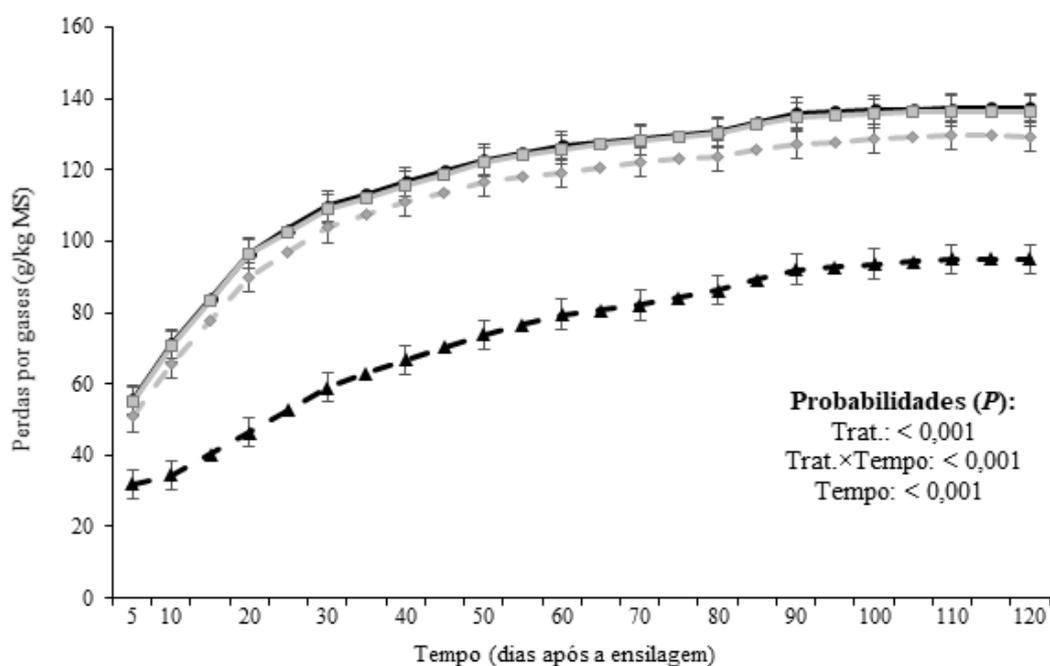


Figura 2. Perdas fermentativas da silagem de planta inteira de soja tratada com diferentes aditivos. Tratamentos: controle (●); quitosana 6 g/kg MS (□); *Lactobacillus buchneri* (◇); e *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* (▲). Fonte: MORAIS et al. (2021)

Em um ensaio que vem sendo realizado nas instalações do LabLeite da UFSM pretende-se estudar o efeito do tamanho de partícula (pequena: $529 \pm 39,9$ g/kg de partículas maiores do que 8 mm, ou grande, $724 \pm 44,7$ g/kg de partículas maiores do que 8 mm, média \pm s) e da adição de inoculante láctico homofermentativos (0 ou 240.000 unidades formadoras de colônia - UFC/g de *Lactobacillus plantarum* e 240.000 UFC/g de *Pediococcus acidilactici*) sobre as perdas de silagem de Capim Sudão no final do ciclo de pastejo. Vinte e quatro silos experimentais foram produzidos em tubos de PVC de 30 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, sendo os blocos definidos como diferentes áreas. As pastagens foram instaladas em outubro de 2022 e manejadas com pastejo até maio de 2023, quando o resíduo de pastejo foi realizado no presente estudo.

Os silos foram pesados aos 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 63, 78, 93 e 105 dias após a ensilagem para avaliar as perdas por gases. As perdas foram quantificadas pela mudança de peso de cada um dos silos, em relação à matéria seca ensilada (JOBIM et al., 2007). Os dados foram analisados utilizando o procedimento não linear do SAS (University edition) e o modelo de France et al. (1993). A regressão não linear apresentou coeficiente de determinação (R^2) maior do que 0,95 em 20 dos 24 (83%) silos avaliados. Nos demais, o coeficiente de determinação esteve acima de 0,80.

A utilização das curvas de produção de gases, como a curva de France et al. (1993) permite estimar parâmetros que permitem melhorar a inferência. De acordo com estes autores, a produção de gases (PG), pode ser estimada considerando o modelo: $PG = A \times (1 - \exp(-b \times (t - T) - c \times (t_{0,5} - T_{0,5})))$. Neste modelo, os parâmetros podem ser interpretados como: A: produção de gases potencial; b e c: constantes que definem a taxa fracional de degradação; t é o tempo de avaliação e T é o *lag time*. A extrapolação do modelo para a avaliação das perdas de silagens permite converter a produção de gases pelas perdas por gases das silagens. Ademais, as estimativas de *lag time* tendem a valores próximos a zero, dada a natureza do processo em estudo.

A redução do tamanho da partícula diminuiu ($P < 0,001$) as perdas potenciais (parâmetro A) de 27,7 para 18,2 g/kg. Além disso, as silagens produzidas com menor tamanho de partícula apresentaram maior ($P = 0,07$)

parâmetro B, o que refletiu na taxa fracional de perdas (Figura 3). No entanto, os fatores avaliados não afetaram o parâmetro C (-0,505) e o *lag time* (2,37 dias).

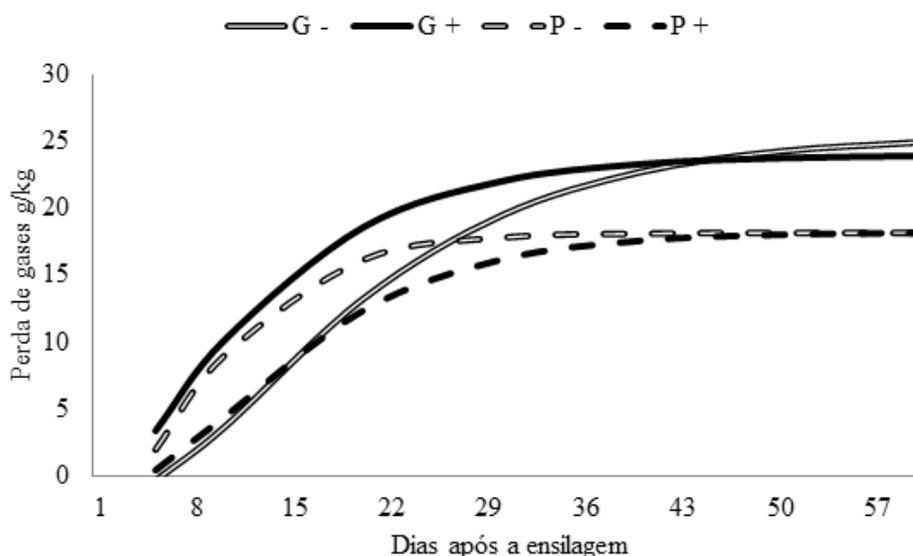


Figura 3. Estimativas das perdas por gases em silagem de capim sudão ensilada com diferentes tamanhos de partícula e tratadas com inoculante láctico homofermentativo

Dada a complexidade do estudo das perdas, a utilização de modelos não lineares pode ainda evitar a obtenção de modelos potencialmente enviesados. As maiores perdas observadas nas silagens nos primeiros dias após a ensilagem em relação às perdas observadas durante a fase anaeróbia levam a modelos quadráticos quando da utilização de modelos lineares para a avaliação das perdas.

4. Considerações finais

As práticas de manejo são grandes determinantes da produção e qualidade de silagens. As espécies hibernais apresentam grande potencial para a produção de silagens, como estratégia alimentar para os períodos de carência ou como volumoso de base em sistemas intensivos. Contudo mais estudos são necessários para entender as alterações morfofisiológicas que ocorrem nas plantas, principalmente quando manejadas para duplo propósito, e sobretudo

como tais alterações afetam as variáveis fermentativas e a qualidade química e nutricional da silagem obtida. Modelos não lineares como aqueles utilizados para a avaliação da produção de gases em sistemas de avaliação *in situ* são mais adequados do que a análises de medidas repetidas no tempo para estudar as perdas durante o processo de ensilagem.

5. Referências bibliográficas

- BORREANI, G. et al. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.3952-3979, 2018.
- CANTOIA, R.C. et al. Lemongrass essential oil in sugarcane silage: fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability. **Animal Feed Science and Technology**, v.260, n.114371, 2020.
- CERUTTI, W.G. et al. Evaluation of winter cereal silages subjected to pre-drying at different phenological stages with and without the use of additives. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 24, p. 337-350, 2022.
- COAN, R. M. et al. Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchamento e ao uso de aditivos. **ARS Veterinária**, v.17, n.1, p.58-63, 2001.
- DEL VALLE, T.A. Effect of chitosan on the preservation quality of sugarcane silage. **Grass and Forage Science**, v.73, n.3, p.630-638, 2018.
- FERREIRA, J.J. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds). Produção e utilização de silagem de milho e sorgo, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.405-428.
- FRANCE, J. et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.
- JOBIM, C.C. et al. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.
- McDONALD, P. et al. The biochemistry of silage. **Chalcomb Publications**, p. 340, 1991.
- MEINERZ, G.R. et al. Silage of winter cereals submitted to double purpose management. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2097-2104, 2011.
- MORAES, A. et al. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE

- PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 1., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995, V.1, p.147-200.
- MORAIS, J.P.G. et al. Chitosan and microbial inoculants in whole-plant soybean silage. **The Journal of Agricultural Science**, v.159, n.3-4, p.227-235, 2021.
- MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010.
- PEDROSO, A.F. et al. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**, v.65, p.589-594, 2008.
- SCHEFFER-BASSO, S.M. et al. Acúmulo de biomassa e composição bromatológica de milhetos das cultivares comum e africano. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.4, p.483-486, 2004.
- SILVEIRA, A.M. **Avaliação de silagens de cereais de inverno com diferentes estratégias de manejo**. 2017. 61 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

Autores

Julio Viégas, Francine Basso Facco, Monique Évelyn de Lima Antunes, Paola de Oliveira Selau, Tiago Antonio Del Valle

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil