



Revista
Técnico-Científica



DENSIDADE E TAMANHO DE PARTÍCULAS NA QUALIDADE DE SILAGENS DE FORRAGEIRAS TROPICAIS: UMA REVISÃO

Juliana Caroline Santos Santana¹, Ana Beatriz Graciano Da Costa¹, Carolina Marques Costa¹, Antonio Leandro Chaves Gurgel¹, Francisco Carlos Camargo¹, Wyverson Kim Rocha Machado¹, Manoel Gustavo Paranhos Da Silva¹, Alexandre Menezes Dias²

¹ Programa de Pós Graduação em Ciência Animal - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Senador Felinto Muller, 2443, CEP: 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil; ² Professor na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Senador Felinto Muller, 2443, CEP: 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil.

Resumo: A oferta de alimentos, principalmente em regiões tropicais, é altamente influenciada pelas variações sazonais, não permitindo que as plantas forrageiras forneçam quantidades de nutrientes suficientes para suprir os índices produtivos dos animais ao longo do ano. A conservação de alimentos, através do processo de ensilagem, permite ao produtor uma maior independência no planejamento alimentar dos animais em períodos de escassez. Cuidados com escolha e processamento da silagem são cruciais para o resultado positivo, pois, além do material escolhido, outros fatores exercem forte influência sobre o resultado da ensilagem como tamanho de partículas e densidade do silo. O objetivo desta revisão de literatura foi apresentar as influências da densidade e tamanho de partículas nas condições de pré-ensilagem, padrões de fermentação e gerenciamento das perdas e deterioração aeróbia em silagens de forrageiras tropicais. Para forrageiras tropicais, o tamanho de partícula que possibilita melhor qualidade fermentativa é de 20 a 30 mm, com densidades médias de 600 a 700 kg/m³ de matéria natural ou 180 a 210 kg/m³ de MS. No entanto, estratégias como murchidão, adição de aditivos microbianos e absorventes de umidade são necessários para controlar a quantidade de perdas por efluentes.

Palavras-chave: compactação, estabilidade aeróbia, fermentação.

DENSITY AND PARTICLE SIZE ON THE QUALITY OF TROPICAL FORAGE SILAGENS: A REVIEW

Abstract: *The supply of food, especially in tropical regions, is highly influenced by seasonal variations, not allowing fodder plants to provide sufficient amounts of nutrients to supply the productive indexes of animals along the year. Food*

conservation, through the ensilage process, allows the producer greater independence in the feeding planning of animals in periods of scarcity. Care with choice and processing of silage are crucial for the positive result, because, in addition to the chosen material, other factors exert strong influence on the result of ensilage as particle size and silo density. The aim of this literature review was to present the influences of particle size and density in pre-ensilage conditions, fermentation patterns and loss management and aerobic deterioration in tropical forage silages. For tropical forage, the particle size that allows better fermentative quality is 20 to 30 mm, with average densities of 600 to 700 kg/m³ of natural matter or 180 to 210 kg/m³ of dry matter. However, strategies such as murchness, addition of microbial additives and moisture absorbers are necessary to control the amount of losses by effluents.

Keywords: aerobic stability, compaction, fermentation.

INTRODUÇÃO

Uma variedade de culturas forrageiras podem ser utilizadas como matéria prima para a produção de silagem. A escolha da cultivar deve levar em consideração a capacidade produtiva do genótipo, o estágio de maturação para colheita, a composição estrutural da planta, as frações dos constituintes, e os aspectos relativos ao solo e ao clima, visto que, em muitos casos, populações elevadas de plantas causam competição física por água, luz, oxigênio e nutrientes (NEUMANN et al., 2017; BRACHTVOGEL et al., 2012).

Características físicas como o processamento mecânico da forragem e a densidade das partículas estão diretamente associadas ao tipo de fermentação e compactação da massa ensilada (SILVA et al., 2015). De acordo com McDonald et al. (1991), tamanhos de partículas entre 20 a 30 mm favorecem a disponibilidade de carboidratos solúveis, e conseqüentemente, estimulam o crescimento de bactérias lácticas. No entanto, a redução do tamanho de partícula associada ao maior grau de compactação, pode contribuir com o aumento das perdas em silagens com baixo teor de matéria seca (MS) (WILKINSON; MUCK, 2019).

Portanto, práticas de manejo devem ser utilizadas para evitar a deterioração e perdas das silagens, a fim de otimizar a densidade dos silos e minimizar a porosidade

das silagens, fatores que predispõe a deterioração. O objetivo desta revisão bibliográfica foi apresentar os efeitos da densidade e do tamanho das partículas do material ensilado nos aspectos qualitativos da silagem.

DESENVOLVIMENTO

Características das forrageiras tropicais

As plantas forrageiras, em geral, apresentam produção de material verde em quantidade e qualidade na época das águas e baixa produção na seca. Nesse contexto de estacionalidade produtiva, o excesso de forragem pode ser uma opção para aumentar o suprimento de matéria seca aos animais em tempos desfavoráveis (MACÊDO et al., 2017), promovendo um planejamento alimentar que permite manutenção do número de animais mesmo em períodos de baixa oferta de material verde. As principais características da forragem que contribuem para uma boa fermentação são o teor de MS, quantidade de carboidratos solúveis e capacidade tamponante. A utilização de técnicas como emurchecimento e aplicação de aditivos são utilizadas para superar rendimentos ruins esperados de forrageiras que não atendem as características estipuladas para boa fermentação, porém o tamanho de partícula e densidade do silo tem um poder de influência maior na qualidade do perfil fermentativo (TAVARES et al., 2009).

Tamanho da partícula na compactação da silagem

O tamanho da partícula da forragem ao ensilar é uma das características mais importantes quanto às condições de conservação e estabelecimento do silo, por assumir um papel importante no controle do consumo e posterior desempenho animal. Para isso, torna-se necessário o ajuste de máquinas que façam a colheita e corte adequado da forragem, pois o sucesso da ensilagem é dependente dessa etapa (FACTORI et al., 2014).

A redução do tamanho de partícula e a ruptura da estrutura da parede celular aumentam a densidade do alimento (PEREIRA et al., 2009) e a compactação, o que induz a menor concentração de oxigênio no meio diminuindo o tempo de aerobiose (NEUMANN et al., 2007). Segundo Tavares et al. (2009), o efeito do tamanho de partículas é maior em materiais que apresentam menor teor de umidade. Sendo este o fator mais influente nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, pH e matéria orgânica (NEUMANN et al., 2005).

Além disso, partículas menores influenciam na degradabilidade da proteína bruta, os padrões de fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido, da proteína e de outros nutrientes no rúmen (FACTORI et al., 2014). Assim, a redução do tempo de ruminação e concomitante aumento do tempo disponível para alimentação (PEREIRA et al., 2009; FRANÇA et al., 2009), pode elevar a taxa de passagem do alimento no trato gastrintestinal sem afetar o consumo de MS e a digestibilidade dos nutrientes (Gomes et al., 2012). Portanto, a redução no tamanho de partículas da forragem para ensilagem resulta em eficiência na compactação e conseqüente aumento da fermentação láctica e redução do pH do material ensilado (RIBEIRO et al., 2009).

Ferramentas e modo de compactação da silagem

O processo de compactação é o processo mais importante na produção de silagem. Este processo é necessário para aumentar a densidade e remover o oxigênio do interior da silagem (TAN; DALMIS, 2019). As características de fermentação da silagem são afetadas positivamente pelo aumento da pressão de compactação (TORUK et al., 2010). A eficiência da compactação é afetada pelo peso do equipamento utilizado, pela espessura da camada, número de camadas, altura do silo (WILKINSON; MUCK, 2019), pressão aplicada, tempo de compressão e a experiência do operador (TAN et al., 2018). Portanto, a pressão de compactação afeta diretamente a qualidade fermentativa da silagem (TAN et al., 2017).

Procedimentos que restrinjam a ação de microrganismos como melhor compactação, fornecimento de carboidratos solúveis e redução do teor de umidade, resultam em aumento do coeficiente fermentativo (RIBEIRO et al., 2009), que é calculado a partir dos valores de matéria seca, poder tampão e carboidratos solúveis do material. Ribeiro (2009) verificou uma elevação de 23% no coeficiente fermentativo da silagem de capim Marandu com a adição de 10% de polpa cítrica ou casca de soja. Um dos procedimentos mais utilizados com propósito de elevar o teor de MS é o uso de aditivos (PIRES et al., 2009), no entanto, são necessários mais estudos para comprovar sua eficácia no controle de qualidade das silagens.

Processo de fermentação

O processo de fermentativo é dividido em três fases: aeróbica, anaeróbica e de estabilização. A fase aeróbica recebe esse nome, pois seu ciclo é determinado pela presença de oxigênio no meio. Apesar dos esforços em minimizar a aeração dentro do silo com a técnica de compactação, é impossível iniciar a fermentação do silo com o meio interno anaeróbico (KUNG JUNIOR et al., 2018). Nessa etapa a presença de oxigênio permite que o material vegetal continue seus processos metabólicos, respiração celular vegetal e consumo dos carboidratos solúveis gerando CO₂, calor e H₂O. O espaço de tempo desta etapa é crucial para o resultado positivo da silagem, pois seu prolongamento reduzirá o teor de carboidratos solúveis, reduzindo o substrato dos microrganismos para a fermentação, e conseqüentemente, a composição bromatológica da silagem. Os produtos gerados a partir da respiração celular, exceto o CO₂, prejudicam o resultado final da silagem, pois a produção de calor pode desnaturar as proteínas e a água, e pode aumentar a umidade proporcionando fermentação indesejada (PAHLOW et al., 2003).

Forragens mais secas prejudicam a compactação permitindo uma concentração maior de oxigênio no silo, fator que prolonga o tempo de respiração da planta reduzindo o conteúdo de carboidratos solúveis e por conseqüência seu valor nutricional e produção de ácido láctico. Caso a forrageira apresente teor de umidade acima de 85%, eleva as chances de difusão das bactérias do gênero *Clostridium*,

responsáveis por fermentar açúcares e ácido láctico produzindo ácido butírico, composto associado à redução do consumo de silagens pelos animais (RIDWAN et al., 2015).

A elevação da temperatura (acima de 49°C) do meio provoca a reação de Maillard, processo que causa a indisponibilidade da proteína para digestão animal (MCDONALD et al., 1991). Silagens com tamanho de partícula < 5 mm tendem a manter a temperatura do silo reduzida (REGÔ et al., 2016), sem que haja prejuízos na degradação proteica. A degradação da proteína é observada pelo teor de nitrogênio amoniacal presente na silagem. Valores acima de 10% revelam que no processo de fermentação houve grande ação de proteólise, quebra da proteína, fator que prejudica a qualidade nutricional para a dieta dos animais (MCDONALD et al., 1991).

O único material resultante da respiração vegetal benéfica é o CO₂, elemento fundamental para o início do segundo ciclo. Após o consumo total de oxigênio presente na massa ensilada o ambiente se torna propício para o crescimento e proliferação de microrganismos anaeróbicos, entre elas as enterobactérias (responsáveis pela produção de ácido acético) e as bactérias heterofermentativas.

Efeito da população microbiana

A fase aeróbica dura em torno de 24 a 70 horas e resulta na produção de ácido acético, etanol, ácido láctico e CO₂. O pH do meio começa diminuir em decorrência da concentração de ácido acético provocando uma alteração no perfil bacteriano, e o surgimento de bactérias homofermentativas em detrimento das heterofermentativas. A proliferação das bactérias homofermentativas é fator crucial para o resultado positivo da conservação na forma de silagem, pois estas são responsáveis pela produção de ácido láctico, componente que deve estar em maior proporção no meio de fermentação, pois é responsável pela queda do pH do meio e manutenção da estabilidade da silagem (KUNG JUNIOR et al., 2018). A fermentação láctica é elevada quando o material *in natura* possui alta concentração de carboidratos solúveis, o que

resulta em um material conservado de alta qualidade nutricional (OLIVEIRA et al., 2010).

Quando essa fermentação não atinge os níveis adequados proporciona aumento da fermentação butírica, que está relacionado com o teor de umidade e perdas de matéria seca. Este aumento da fermentação butírica é influenciado pelo baixo teor de matéria seca do material ensilado, que favorece o aumento de perdas. O teor de matéria seca deve estar na faixa entre 30 a 35% além de possuir um teor mínimo de carboidratos solúveis, cerca de 3% (WILKINSON; MUCK, 2019).

Influência do pH no processo de fermentação

A flutuação do pH durante todo o processo de fermentação da silagem é fator que expressa quais fases e reações estão ocorrendo, desejáveis e indesejáveis, além de indicar a fase em que o material está sendo preservado e não mais fermentado. A fase de estabilização se inicia com o declínio do pH, que deve estar na faixa entre 3,8 e 4,2 (OLIVEIRA et. al., 2010) e se estende até a abertura do silo. Este período é caracterizado pelo encerramento dos processos fermentativos (MCDONALD et. al., 1991). A queda do pH ao longo do tempo de fermentação é influenciado pela capacidade tamponante da planta forrageira, muito encontrado em leguminosas, porém esse efeito tamponante não impede a redução do pH para valores abaixo de 4,5 (SANTANA et. al., 2019).

Diversos fatores influenciam a queda do pH como: o nível de carboidratos solúveis, substrato das bactérias lácticas, que deve expressar cerca de 6 a 8%, baixo capacidade tamponante (capacidade de resistir as alterações de pH) e teor de MS recomendado entre 26 a 38% (OLIVEIRA et. al., 2010) além da densidade, que pode influenciada pelo tamanho de partícula e compactação (NEUMANN et. al., 2007).

O aumento da densidade dentro silo promove melhoras na fermentação, Tavares et al. (2009) concluiu que o aumento da densidade da silagem estimulou a fermentação e proporcionou uma maior queda e estabilização do pH e nitrogênio amoniacal, além de que nos silos com maior densidade o pH se manteve no intervalo ideal. O aumento da densidade da compactação de 500 para 600 kg resultou em

aumento nos teores de açúcares solúveis (1,60 × 2,15% de MS), carboidratos não-estruturais (39,21 × 41,70% dos carboidratos totais), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (52,57 × 50,37% de MS), lignina em detergente ácido (2,74 × 2,57% de MS) e nitrogênio amoniacal (4,35 × 3,84% do nitrogênio total) em ensilagem de milho safrinha (VELHO et al., 2007).

Impacto da fermentação nas características organolépticas da silagem

A fermentação ocorrida no silo influencia tanto na qualidade nutricional quanto nas características organolépticas do produto final. A presença e o teor dos ácidos presentes irão influenciar a silagem um odor característico e até mesmo a cor do material. Como exemplo, o cheiro de vinagre, que é conferido pela maior concentração de ácido acético, por ser um ácido com grande volatilidade, é muito comum em silagens de grãos (KUNG JUNIOR et al., 2018).

O produto da ação das leveduras, o álcool, também confere odor sendo atribuídos a estes o aroma frutado e doce. A presença de micotoxinas influencia tanto no cheiro como na aparência da silagem, caracterizado pela presença e cheiro de mofo e bolor (KUNG JUNIOR et al., 2018), condição que indica menor qualidade ou até mesmo o descarte desse material contaminado. A ação de *Clostridium* também apresentam reflexo negativo a qualidade nutricional, aparência e cheiro que inibem a ingestão do material. A silagem ideal deve apresentar cor equivalente ao material ensilado e ausência de cheiro, pois a fermentação almejada, a láctica, não adiciona odor à silagem (KUNG JUNIOR et al., 2018).

Perdas da silagem

Para a maioria das culturas as perdas de campo variam de 1 a 3% (BORREANI et al., 2018). O controle de perdas no processo de ensilagem é considerado passo fundamental para garantir eficiência a essa estratégia e atribuir profissionalização ao segmento de conservação de forragens. Embora algumas perdas sejam inevitáveis, a minimização destas através de boas práticas de manejo, como controle da densidade e tamanho de partículas vem sendo utilizadas. Os principais estágios em que ocorrem perdas são a colheita do campo e enchimento do silo, respiração e fermentação do

silos, produção de efluentes e exposição ao oxigênio durante as fases de armazenamento e alimentação (BORREANI et al., 2018).

As perdas no momento da colheita compreendem principalmente o corte e o processo de murcha. Ambos os processos resultam no desaparecimento de carboidratos não estruturais devido a respiração das plantas, ruptura de células e o extravasamento do conteúdo celular (WILKINSON, 2015), além das perdas na digestibilidade do produto final e possíveis contaminações por micotoxinas (JOBIM; NUSSIO, 2013). Forragens cortadas com alto teor de umidade, ou que não passaram pelo processo de murcha, apresentam perdas elevadas por efluentes, que contém compostos solúveis como açúcares e ácidos orgânicos, reduzindo a qualidade da silagem (JOBIM; NUSSIO, 2013). Além disso, a altura de corte influencia diretamente nas perdas por contaminação através do solo, de modo que as forrageiras devem ser colhidas em tempo seco a uma altura mínima de 50 mm para gramíneas e 150 mm para cultura do milho, ambos acima do nível do solo (WILKINSON, 2015).

Já no processo de enchimento dos silos, o gargalo está em encontrar a densidade ideal entre a capacidade da colheitadeira e o peso do trator para cada espécie forrageira, segundo Wilkinson; Muck (2019) a densidade mínima recomendada de ensilagem é de 250 kg/m³ de matéria seca, já segundo Wilkinson (2015) a regra geral é que o peso total do trator deve corresponder a um quarto da taxa de entrega ao silo (toneladas de peso fresco por hora), fazendo assim com que a densidade dos silos seja alta, com baixa porosidade. A densidade do material a ser ensilado afeta negativamente as perdas por armazenamento, além de reduzir a manutenção e preservação dos nutrientes entre o momento de abertura do silo e o tempo de utilização da silagem como alimento (WILKINSON; DAVIES, 2013).

Segundo Sucu et al. (2016), quanto mais compactada for a silagem, melhor será a conservação de carboidratos solúveis e preservação das proteínas da silagem, e menor serão as perdas por gases, efluentes e de MS. Silos com maior densidade apresentam menor concentração de oxigênio, fator que permite a fermentação

adequada da silagem desde do início do fechamento do silo resultando menores perdas por efluentes (NEUMANN et al., 2009).

A contribuição que a densidade correta e o processamento mecânico da forragem têm sobre a respiração e fermentação no silo é muito evidente. Segundo Wilkinson; Rinne (2017) a disponibilidade de substrato para as bactérias ácido lácticas e a contribuição através da remoção eficaz do oxigênio é a principal característica para a rápida fermentação homofermentativa de ácido láctico que ocorre no material vegetal. Os fatores de risco para a baixa estabilidade aeróbia são a contaminação da cultura por micróbios aeróbicos e a infiltração de ar no material ensilado, permitindo a sobrevivência e crescimento de fungos, leveduras e bactérias indesejáveis. A densidade de compactação contribui para o fluxo de gás dentro da massa ensilada e as taxas de infiltração de ar (BORREANI et al., 2018).

CONCLUSÃO

Aspectos relacionados ao tamanho de partículas, densidade ideal e escolha da forrageira tropical afetam o grau de compactação e, por consequência, a condição alcançada de anaerobiose, que é decisiva no processo de fermentação e conservação. Estratégias como murchidão, adição de aditivos microbianos e absorventes de umidade são necessários para controlar a quantidade de perdas por efluentes e ainda necessitam ser mais estudadas para forrageiras tropicais. Para que seja verificado a densidade e o tamanho de partícula ideal, recomenda-se a elaboração de revisões sistemáticas com meta-análise que possibilitará a recomendação adequada para garantir melhor qualidade fermentativa.

REFERÊNCIAS

BORREANI, G., TABACCO, E., SCHMIDT, R.J., HOLMES, B.J., MUCK, R.E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*. v. 101, p.3952–3979. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>.

BRACHTVOGEL, E.L., RAFAEL, F., CARLOS, S., CRUZ, S. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. *Revista Trópica*, v. 6, p.75–83. 2012.

FACTORI, M. A., COSTA, C., MEIRELLES, P. R. L., DA SILVEIRA, J. P. F., DA SILVA, M. G. B. Degradabilidade e digestibilidade de híbridos de milho em função do estágio de colheita, tamanho de partícula e processamento por meio do esmagamento na ensilagem. *Bioscience Journal*, v.30, p. 882-891. 2014.

FRANÇA, S.R.L.; GONZAGA NETO, S.; PIMENTA FILHO, E.C.; MEDEIROS, A.N.; TORREÃO, J.N.C.; MARIZ, T.M.A.; COSTA, R.G. Comportamento ingestivo de ovelhas Morada Nova no terço final de gestação com níveis de energia metabolizável na dieta. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.10, p. 73-84. 2009.

GOMES, S. P., BORGES, A. L. C. C., BORGES, I., MACEDO JÚNIOR, G. L., SILVA, A. G. M., PANCOTI, C. G. Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consume e a digestibilidade em ovinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.13, p.137-149. 2012.

JOBIM, C. C., & NUSSIO, L. G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. *Forrageicultura – Ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros*. Jaboticabal: Editora FUNEP. 2013.

KUNG JUNIOR. L., SHAVER, R. D., GRANT, R. J., SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, v.101, p. 4020-4033. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>.

MACÊDO, A.J. DA S., SANTOS, E.M., OLIVEIRA, J.S. DE, PERAZZO, A.F. Microbiology of silages: Literature Review. *Redvet*, v.18, p.1–11. 2017.

MCDONALD, P., A. R. HENDERSON, AND S. J. E. HERON. *The Biochemistry of Silage*. 2ed. Chalcombe Publications, Bucks, UK. 1991.

NEUMANN, M., LEÃO, G. F. M., COELHO, M. G., FIGUEIRA, D. N., SPADA, C. A., & PERUSSOLO, L. F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. *Archivos de Zootecnia*, v.66, p. 51-57. 2017. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v66i253.2125>.

NEUMANN, M., MUHLBACH, P. R. F., NÖRNBERG, J. L., OST, P. R., RESTLE, J., SANDINI, I. E., & ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. *Ciência Rural*, v.37, p. 847-854. 2007.

NEUMANN, M., RESTLE, J., MÜHLBACH, P. R. F., NÖRNBERG, J., ROMANO, M. A., & LUSTOSA, S. Comportamento ingestivo e de atividades de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partícula e alturas de colheita. *Ciência Animal Brasileira*, v.10, p.462-473. 2009.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; NÖRNBERG, J. L.; MELLO, R.; SOUZA, A. N. M. de; PELLEGRINI, G. L. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.4, p.224-242. 2005.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.61-67. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>.

PAHLOW, G., MUCK, R. E., DRIEHUIS, F., ELFERINK, S. J. W. H. O., & SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. *Agronomy*, v. 42, p. 31-94. 2003. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>.

PEREIRA, E. S., MIZUBUTI, I. Y., RIBEIRO, E. L. A., VILLARROEL, A. B. S., PIMENTEL, P. G. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo de bovinos da raça Holandesa alimentados com dietas contendo feno de

capim-tifton 85 com diversos tamanhos de partícula. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 190-195. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000100023>.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.34-39. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000100005>.

REGO, A. C., SIQUEIRA, G. R., DE SOUZA, G. B., SIGNORETTI, R. D., & DE RESENDE, F. D. Efeito do tamanho de partícula e de inoculante bacteriano na temperatura, densidade e pH de silagens de milho. *Revista Caatinga*, v.29, p.984-995. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n424rc>.

RIBEIRO, J. L., NUSSIO, L. G., MOURÃO, G. B., QUEIROZ, O. C. M., SANTOS, M. C., SCHMIDT, P. 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. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.230-239. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000200003>.

RIDWAN, R., RUSMANA, I., WIDYASTUTI, Y., WIRYAWAN, K.G., PRASETYA, B., SAKAMOTO, M., OHKUMA, M., 2015. Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages. *Asian-Australasian Journal Animal Science*. v.28, p. 511–518. 2015. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0622>.

SANTANA, J., MORAIS, J., SANTOS, M. S., C. GURGEL, A., MUNIZ, E., OLIVEIRA, V. Características fermentativas, composição química e fracionamento da proteína da silagem de gliricídia submetida a diferentes períodos de fermentação. *Boletim de Indústria Animal*, v.76, p.1-9. 2019. DOI:<https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1436>.

SILVA, M. S. J. D., JOBIM, C. C., POPPI, E. C., TRES, T. T., OSMARI, M. P. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.44, p.303-313. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902015000900001>.

SUCU, E., KALKAN, H., CANBOLAT, O., FILYA, I., 2016. Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.45, p.596-603. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902016001000003>.

TAN, F., DALMIS, I. S. Compaction Pressure and Density Profile In Pile-Type Silos. *Applied Ecology and Environmental Research*, v.17, p.2745-2754. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1702_27452754.

TAN, F., DALMIS, I. S., KOC, F. Effects of compaction pressure on silage fermentation in bunker silo. *Agronomy Research*, v.15, p. 298-306. 2017.

TAN, F., KAYISOGLU, B., OKUR, E. Effects of compaction pressure on the temperature distribution in bunker type silage silo. *Indian Journal of Animal Sciences*, v.88, p.116-120. 2018.

TAVARES, V. B., PINTO, J. C., EVANGELISTA, A. R., FIGUEIREDO, H. C. P., ÁVILA, C. L. da S., DE LIMA, R. F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.40-49. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000100006> .

TORUK, F., GONULOL, E., KAYISOGLU, B., KOC, F. Effects of compaction and maturity stages on sunflower silage quality. *African Journal of Agricultural Research*, v.5, p.05- 59. 2010. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR09.488>.

VELHO, J. P., MÜHLBACH, P. R. F., NÖRNBERG, J. L., VELHO, I. M. P. H., GENRO, T. C. M., KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.1532-1538. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000700011>.

WILKINSON, J. M., MUCK, R. E. Ensiling in 2050: Some challenges and opportunities. *Grass and Forage Science*, v.74, p.178-187. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12418>.

WILKINSON, J. M., RINNE, M. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science*, v.73, p.40-52. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>.

WILKINSON, J. M. Managing silage making to reduce losses. *Livestock Science*, v.20, p. 280-286. 2015. DOI: <https://doi.org/10.12968/live.2015.20.5.280>.