



**Universidade Federal do Pará
Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental
Universidade Federal Rural da Amazônia
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal**

Ivan Alberto Palheta Santos

**Farelo de dendê como aditivo sequestrante de umidade na silagem de capim-
elefante**

**Belém
2013**

Ivan Alberto Palheta Santos

**Farelo de dendê como aditivo sequestrante de umidade na silagem de capim-
elefante**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia.

Área de concentração: Produção Animal.
Orientador Prof. Dr. Felipe Nogueira Domingues

Co-orientador Prof. Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo

**Belém
2013**

Ivan Alberto Palheta Santos

**Farelo de dendê como aditivo sequestrante de umidade na silagem de capim-
elefante**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pará, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental e da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção Animal.

Data: 12/08/2013

Banca Examinadora:

Dr. Felipe Nogueira Domingues
Orientador
UFPA - Universidade Federal do Pará

Dr. José de Brito Lourenço Júnior
UEPA - Universidade do Estado do Pará

Dr. Diego Azevedo Mota
UFOPA – Universidade Federal do Oeste do Pará

A Deus, meus pais,
meus irmãos e meus
amigos com todo
amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Universidade Federal Rural da Amazônia, pois sem os ensinamentos desta instituição, eu não chegaria aqui.

À Universidade Federal do Pará, pela infraestrutura disponibilizada para que eu desempenhe meu trabalho.

Aos Professores Maria Cristina Manno, Cristian Faturi, Almir Silva, Antônio Rodrigues Fernandes e Janaína Arruda, por confiarem no meu trabalho e me concederem a oportunidade de ser membro organizador do SBZ sendo um mero aluno de graduação.

Ao meu orientador de mestrado Felipe Nogueira Domingues por me ensinar que o caminho mais simples de se chegar a algo é, de fato, pela simplicidade, por me dar apoio total no meu trabalho.

Ao professor Thiago Fernandes Bernardes por me dar direcionamentos no andamento do experimento, por me acolher de forma bem receptiva na fase do meu experimento na UFLA e por demonstrar o perfil profissional que almejo ser.

Ao professor Gustavo Rezende Siqueira por participar da minha banca de avaliação e pelas valiosíssimas colocações feitas no meu experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Alimentos da UFLA José Geraldo (Seu Zé), Márcio dos Santos Nogueira (Marrrrcio) e Eliana pelas orientações, paciência e dicas para com as análises que iria fazer no laboratório.

Ao Felipe Tameirão (Tameirão), Naiara Caixieta e Isabela Lasmar por colaborarem no andamento das minhas análises na UFLA.

Ao professor Aníbal Coutinho e o técnico Ricardo Santos por me receberem de portas abertas no laboratório de Análises da UFRA.

À professora Carina Moraes pelo interesse no andamento de minhas análises microbiológicas no laboratório de Higiene de Alimentos da UFPA e por sempre estar dando orientações para que faça da melhor forma possível minhas análises. Agradeço também à Barbra Lopes, Cleyzer Lopes, Gustavo Sales e Giselle Paz por me apoiarem nas análises, pois eu nunca conseguiria terminá-las sem vocês.

Às minhas estagiárias Lorena Passos (Loló) e Jenifer Brito por sempre demonstrarem disponibilidade para me ajudar até mesmo quando decidia trabalhar de madrugada.

Ao Augusto Miranda e Felipe Tameirão por serem meus “irmãos de mestrado” e aliviarem minha barra e me apoiarem quando possível.

Aos integrantes do NEAPEC Renato, Ronald, Eziquiel (Ziqui) Jenifer e Lorena pela ajuda no dia da ensilagem.

Ao Thiago Roque (Zequinha), Larissa Coelho (Lara) e o Tiago Nascimento (Capitão) por me apoiarem no dia da abertura dos silos.

À Natália Sidrim (béstee!) por ser amiga, ser minha companheira para todas as horas, me apoiando aqui em Belém, em Lavras e até em Porto Velho, de forma técnica e emocional, que para mim é um exemplo máximo de lealdade e companheirismo.

À minha namorada Rafaela Pimentel por ser minha melhor amiga, pela sua prontidão em me ajudar, por não me deixar desanimar, por ser meu porto seguro, por me compreender nas minhas ausências e por ser essa pessoa ímpar que tive a sorte de encontrar na vida.

Ao meu irmão Pedro, minha mãe Fátima e meu primo André por me ajudarem, mesmo não sendo da área, a desempenharem algumas funções do meu experimento quando não podia mais contar com ninguém.

Ao meu pai Ivanovich por me compreender quando falhava em alguma obrigação.

A todos que não foram citados, mas que colaboraram de alguma forma para que eu pudesse chegar até aqui.

À todos vocês meu MUITO obrigado!!!

“A ciência consiste em substituir o saber que parecia seguro por uma teoria, por algo problemático.”

José Ortega y Gasset

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho fazer uma revisão bibliográfica sobre o uso de aditivos sequestrantes de umidade, assim como o uso do farelo de dendê como aditivo para silagens de capim-elefante, após isso, houve um experimento científico em que avaliou-se o efeito da adição de farelo de dendê como aditivo sequestrante de umidade na silagem de capim-elefante. As características químico-bromatológicas e fermentativas foram analisadas em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e seis repetições onde as médias dos resultados dos dias de fechamento e de abertura foram analisados por meio de análise de regressão. Nas análises de estabilidade aeróbia empregou-se esquema de parcelas subdivididas, de modo que os tratamentos foram aleatorizados nas parcelas e os tempos de avaliação nas subparcelas. Coletaram-se amostras no momento da ensilagem e após 190 dias de armazenamento para avaliação dos teores de matéria seca, proteína bruta, carboidratos (totais, não-fibrosos, solúveis em água, celulose e hemicelulose), material mineral, lignina e extrato etéreo. Nos dias de aerobiose coletaram-se amostras para obter valores de pH, nitrogênio amoniacal, fungos e leveduras. O capim-elefante deste experimento apresentou valores de 13,9% de MS e 8,25% de PB enquanto que o FD possui 77,2% de MS e 16,9% de PB. A inclusão de FD teve influência direta nas populações de fungos e leveduras durante a fase de estabilidade aeróbia, quanto maior a dose, menor a proliferação, em consequência disso, os valores de pH e N-NH₃ também apresentaram comportamento semelhante. A inclusão do farelo de Dendê em doses entre 10% a 15% podem ser usadas em silagens de capim-elefante, inibindo fermentações indesejáveis e tornando-as mais estáveis, doses acima deste valor podem comprometer o valor nutritivo da silagem pelo alto teor de lignina do aditivo.

Palavras-chave: *Elaeis guineensis*. Estabilidade aeróbia. Fermentação. *Pennisetum purpureum*.

ABSTRACT

The objective of this work to review existing literature on the use of additives sequestering moisture, as well as the use of palm kernel meal as a additive for elephant-grass silage, after that, there was a scientific experiment in which we evaluated the effect of adding bran oil palm as an wet kidnapper additive in elephant-grass silage. The chemical qualitative and fermentation were analyzed in a completely randomized design with six treatments and six replications, where the averages of the results of days of closing and opening were analyzed by regression analysis. In the aerobic stability analysis was employed subdivided plots, so that the treatments were randomized in plots and the evaluation times in the subplots. Samples were collected at the time of ensiling and after 190 days of storage for evaluation of dry matter, crude protein, carbohydrates (total, non-fibrous, water-soluble, cellulose and hemicellulose), mineral material, lignin and lipids. In the days aerobic samples were collected for pH, nitrogen for ammonia, fungi and yeasts. The elephant grass this experiment showed values of 13.9% DM and 8.25% CP while the FD has 77.2% DM and 16.9% CP. The inclusion of FD had a direct influence on the populations of fungi and yeasts during the aerobic stability, the higher the dose, the less proliferation as a result, the values of pH and NH₃-N also showed similar behavior. The inclusion of bran Palm at doses in the range of 10% to 15% can be used in silage of elephant, inhibiting undesired fermentation and making them more stable, doses above this value may affect the nutritive value of silage by high lignin content of the additive

Keywords: Aerobic stability. *Elaeis guineensis*. Fermentation. *Pennisetum purpureum*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1. CAPIM-ELEFANTE	13
2.2. ADITIVOS SEQUESTRANTES DE UMIDADE	14
2.3. FARELO DE DENDÊ	15
3. FARELO DE DENDÊ COMO ADITIVO SEQUESTRANTE DE UMIDADE EM SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE	18
4. CONCLUSÃO GERAL.....	42
REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

Forragens conservadas são uma alternativa para os sistemas de produção, onde a oferta de volumosos é escassa em certos períodos do ano ou sua produção é maior que o seu consumo. Nesse último caso, o excedente da produção de forragens pode ser aproveitado antes que haja perda nas propriedades nutritivas da planta, devido sua maturação e evitando assim, perda na qualidade. As alternativas mais utilizadas para conservação de forragens são a produção de fenos, silagens e pré-secados.

A ensilagem é um método de conservação que compreende o processo de produção da cultura até o armazenamento da forragem em condições de anaerobiose (MCDONALD et al., 1991). Esse processo consiste na fermentação, principalmente de bactérias ácido lácticas (BAL), que desdobram os açúcares para a produção de ácido láctico, responsável pela diminuição do pH (PAHLOW et al., 2003).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) é utilizado em todo o território nacional, tendo sua importância como forragem fresca (capineira) ou conservada (BERNARDES, 2012) e vem se apresentando como objeto de estudo, principalmente na forma de silagem, devido sua alta produtividade de biomassa por unidade de área/ano. Todavia, essa gramínea possui deficiência em alguns parâmetros recomendados por McDonald et al., (1991) que podem comprometer sua utilização na forma de silagem, pois a concentração de matéria seca (MS) desta forragem na altura de corte é inferior ao que se preconiza como essencial para se ter uma silagem com alto potencial fermentativo, onde o valor ideal de MS deveria se encontrar entre 25-30% (MCDONALD et al., 1991; BOLSEN et al., 1995).

Teores baixos de MS e carboidratos solúveis em água (CSA), como ocorrem nas gramíneas tropicais, podem favorecer as perdas durante o processo de ensilagem (KUNG JR et al., 2003) e propiciar um ambiente favorável para o desenvolvimento e proliferação de bactérias do gênero *Clostridium* (MUCK, 1988; PAHLOW et al., 2003). O desenvolvimento dessas bactérias produz fermentações secundárias indesejáveis e formação de ácido butírico e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), o que caracteriza silagens de baixa qualidade fermentativa e nutritiva (WOOLFORD et al., 1984). A produção de N-NH₃ é um indicativo indireto da atuação de bactérias clostrídicas na atividade proteolítica, uma vez que esse produto é

produzido em pequenas quantidades por bactérias lácticas. (MCDONALD *et al.*, 1991).

Bolsen *et al.*, (1995) afirmam que o uso de aditivos tem sido utilizados para promoverem uma fermentação desejável e prevenir a produção de ácido butírico em silagens onde a MS se encontra abaixo de 25%. Jaster (1994) afirma que os aditivos podem ser usados para reduzir a perda de MS e produção de efluentes, preservando os nutrientes durante e após a fermentação.

Entre estes podemos destacar os aditivos absorventes de umidade, que são por definição, segundo McDonald *et al.*, (1991), fontes de carboidratos, cereais, farelos, entre outros, utilizados para elevar o teor de MS, o que torna o ambiente menos favorável para o desenvolvimento de microorganismos indesejáveis às silagens, reduz a produção de efluentes e aumenta o valor nutritivo das silagens.

Segundo estudo de Osaki e Batalha (2011) a produção de biodiesel aumentou em 44% o volume produzido em relação a 2006, alcançando um valor econômico de 3 bilhões de dólares. As agroindústrias no Pará têm disponibilizado resíduos, dentre os quais se destaca a torta e o farelo de dendê (RODRIGUES FILHO *et al.*, 2001).

Como absorvente de umidade, o farelo de Dendê (*Elaeis guineensis*) surge como possível alternativa viável, pois, acredita-se que poderá melhorar a qualidade da silagem de capim-Elefante, já que possui potencial para corrigir os teores de MS, aumentar seu valor nutritivo, preservando as características do material ensilado.

No Pará, o farelo de Dendê, subproduto proveniente da produção do biodiesel, vem sendo utilizada na alimentação animal, devido à sua disponibilidade e ao baixo custo. Entretanto, poucas são as informações sobre suas características como alimento e seu efeito sobre a ensilagem.

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da inclusão de doses crescentes de farelo de Dendê (*Elaeis guineensis*) como aditivos sequestrante de umidade na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. CAPIM-ELEFANTE

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) é uma forrageira de procedência africana muito usada no Brasil, tanto para pastejo direto como para consumo no cocho.

Essa forrageira possui elevada produção de massa por unidade de área (VILELA, 1990), porém apresenta algumas características limitantes para o processo de ensilagem (GUIM et al., 2002). Uma delas é o baixo teor de matéria seca, que segundo Wilkinson (1983), proporciona baixa pressão osmótica, o que permite o desenvolvimento de bactérias nocivas ao processo fermentativo, como por exemplo, as do gênero *Clostridium sp.* Estas desdobram açúcares, ácido lático, proteínas e aminoácidos em ácido butírico, acético, amônia, gás carbônico e aminas, proporcionando assim perdas qualitativa e quantitativamente significativas (RODRIGUES et al., 2001)

Considerando que à medida que avança o estágio de desenvolvimento das gramíneas, há aumento da produção de matéria seca e, em contrapartida, alguns nutrientes tem sua disponibilidade reduzida devido os processos fisiológicos que ocorrem na planta, como por exemplo, a lignificação (HAUG, 1993).

A concentração de carboidratos solúveis em água (CSA), que correspondem principalmente em plantas de clima tropical aos monossacarídeos glicose e frutose e ao oligossacarídeo sacarose, é de fundamental importância para que o processo fermentativo em silagens se desenvolva de forma eficiente (ROOKE; HATFIELD, 2003; BUXTON; O'KIELY, 2003). Não obstante, os CSA também têm relevância durante a etapa de desabastecimento do silo e fornecimento da silagem aos animais, pois a concentração deles pode determinar o quanto os microrganismos espoliadores (leveduras e fungos) são capazes de se desenvolver na massa na presença de oxigênio (PAHLOW et al., 2003).

Diversos trabalhos (FARIA et al, 1970; CONDE, 1970; FARIA, 1971; GUTIERREZ, 1975; ROSA, 1983) realizados com essa gramínea têm mostrado teores de MS, na altura do equilíbrio nutritivo de CSA, muito aquém do mínimo estabelecido para obtenção de uma boa silagem. Assim, para ensilar essa forrageira cortada a 1,20 m de altura, o fator básico e limitante na conservação do material é o

excesso de umidade, uma vez que altos teores de água ($\geq 75\%$) foram significativamente correlacionados com os constituintes indicadores de baixa qualidade, ou seja, ácido butírico, bases voláteis e amônia (ARCHIBALD, 1953).

Catchapole e Henzel (1971) afirmam que algumas forragens tropicais, como por exemplo, o capim-Elefante, são difíceis para o processo de ensilagem, o que pode proporcionar baixo coeficiente de digestibilidade do material ensilado. Porém os autores ressaltam que a utilização de aditivos ou técnicas que visem melhorar a preservação da forragem antes da ensilagem pode melhorar a fermentação e a qualidade da silagem.

2.2. ADITIVOS SEQUESTRANTES DE UMIDADE

Durante os processos de conservação de forragem, ocorrem de diferentes maneiras perdas de nutrientes. A qualidade da silagem está ligada diretamente ao material que lhe deu procedência e às condições em que foi ensilado (McDONALD et al. 1991).

Os aditivos absorventes são usados com o intuito de preservar, ou mesmo aumentar o valor nutritivo das silagens. Utiliza-se para tal, fontes de carboidratos, cereais, farelos, entre outros, empregados para elevar o teor de MS das silagens, assim reduzindo a produção de efluentes, e, conseqüentemente, minimizar as perdas de nutrientes altamente digestíveis contidos nessa solução (McDONALD et al. 1991). Esses pesquisadores afirmam ainda que, o efluente contém grande quantidade de compostos orgânicos como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes provenientes do material ensilado, constituindo uma fonte nutricional para os diferentes microrganismos saprófitos que vivem em córregos e rios.

Faz-se necessário o uso desses aditivos absorventes, que possuem a característica de absorver a umidade da forragem, quando utiliza-se para o processo de ensilagem plantas com alta umidade, pois, estas favorecem as perdas durante as diferentes fases do processo, impossibilitando o fornecimento de silagem de boa qualidade para os animais (JONES; JONES, 1995). O tipo de aditivo absorvente a ser utilizado na ensilagem dependerá das características do material a ser ensilado, da disponibilidade e custo do aditivo, conforme a região. Porém, fica evidente que

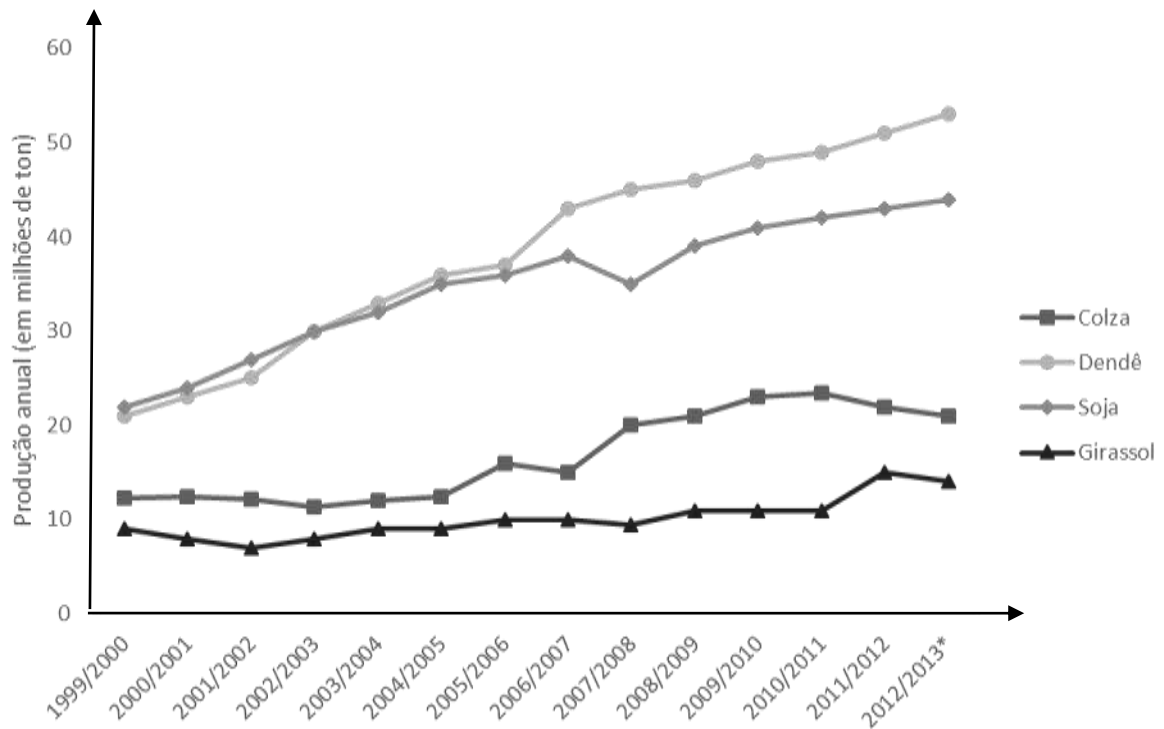
quando o aditivo absorvente é utilizado em quantidades adequadas é capaz de proporcionar a elevação do teor de MS do material ensilado e promover ambiente menos favorável para o desenvolvimento das leveduras, contribuindo também para menores perdas por efluentes (MCDONALD et al., 1991).

Identificar as fontes de perda e sua intensidade é extremamente importante para elevar ao máximo os nutrientes desta planta (BERNARDINO et al., 2005). Segundo McDonald et al., (1991), silagens elaboradas a partir de forrageiras com baixo teor de matéria seca podem propiciar o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que produzem ácido butírico, provocando a degradação de proteína e ácido láctico. Segundo o mesmo autor, a formação de ácido butírico resulta em grandes perdas de matéria seca, em decorrência da produção de CO₂ e H₂O, e de energia. Além disso, quando colhido com alto teor de umidade, significativa proporção de nutrientes do capim-elefante é eliminada pelo efluente (JONES; JONES, 1996).

2.3. FARELO DE DENDÊ

A utilização de subprodutos agroindustriais é uma alternativa para viabilizar um plano nutricional que melhore os índices produtivos das criações animais e contribua para a redução dos custos com alimentação. Segundo a USDA (2013), o Dendê já cobre quase 15 milhões de hectares, no mundo, e desde 2004 é a principal lavoura para produção de óleo vegetal no mundo (Figura 1). O Pará destaca-se no Brasil devido ao crescimento na produção do óleo de palma, pois apresentou um aumento de 150% nas áreas plantadas, alcançando 150.000 hectares em 2010 e produzindo 200.000 toneladas de óleo bruto no mesmo ano (EMBRAPA, 2011). Segundo estudo de Osaki e Batalha (2011) a produção de biodiesel aumentou em 44% o volume produzido em relação a 2006, alcançando um valor econômico de 3 bilhões de dólares. As agroindústrias no Pará têm disponibilizado resíduos, dentre os quais se destaca a torta e o farelo de Dendê (RODRIGUES FILHO et al., 2001).

Figura 1 – Produção global de óleos vegetais



Fonte: USDA, 2013

A torta da amêndoa do dendê (ou torta de dendê) é um subproduto da extração do óleo da amêndoa, necessitando ser desintegrado, o que facilita a sua mistura com outros ingredientes e pode ser usada na fabricação de rações para a alimentação de ruminantes (RODRIGUES FILHO et al., 2001). Esse subproduto do dendê possui uma grande disponibilidade durante o ano todo, principalmente, no Estado do Pará, onde estão concentradas as maiores plantações de dendê do Brasil.

Segundo Costa et al., (2009) o nível de inclusão da torta de dendê em até 30% da dieta, possibilita maior consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, e suprimento adequado de energia.

Conforme Oliveira et al., (2010) a adição da torta de dendê à silagem é uma excelente alternativa à produção de silagens, pois eleva os níveis de MS, PB, reduz os níveis de nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT) e de perda de MS melhorando assim o processo fermentativo e conferindo qualidade a silagem.

A obtenção do farelo de Dendê começa a partir da torta de amêndoa do Dendê, onde inúmeros processos acontecem, desde a extração por solvente até a detoxicação. Existem poucos trabalhos científicos, internacionais e nacionais, sobre a utilização do Farelo de Dendê e seus resultados na alimentação animal

Nesse contexto, existe uma grande necessidade de estudos para viabilizar a inclusão dessa fonte alternativa, na alimentação de ruminantes, basicamente, nos períodos críticos de produção de forragem. A problemática está na falta de informações sobre o seu valor nutritivo, através da composição química, digestibilidade e no caso de silagens, seu poder de absorção de umidade, dificultando assim o objetivo de elevar o padrão produtivo dos sistemas de criação.

3. FARELO DE DENDÊ COMO ADITIVO SEQUESTRANTE DE UMIDADE EM SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da adição de farelo de dendê (FD) como aditivo sequestrante de umidade na silagem de capim-elefante. As características químico-bromatológicas e fermentativas foram analisadas em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e seis repetições onde as médias dos resultados dos dias de fechamento e de abertura foram analisados por meio de análise de regressão. Nas análises de estabilidade aeróbia empregou-se esquema de parcelas subdivididas, de modo que os tratamentos foram aleatorizados nas parcelas e os tempos de avaliação nas subparcelas. Coletaram-se amostras no momento da ensilagem e após 190 dias de armazenamento para avaliação dos teores de matéria seca, proteína bruta, carboidratos (totais, não-fibrosos, solúveis em água, celulose e hemicelulose), material mineral, lignina e extrato etéreo. Nos dias de aerobiose coletaram-se amostras para obter valores de pH, nitrogênio amoniacal, fungos e leveduras. O capim-elefante deste experimento apresentou valores de 13,9% de MS e 8,25% de PB enquanto que o FD possui 77,2% de MS e 16,9% de PB. A inclusão de FD teve influência direta nas populações de fungos e leveduras durante a fase de estabilidade aeróbia, quanto maior a dose, menor a proliferação, em consequência disso, os valores de pH e N-NH₃ também apresentaram comportamento semelhante. A inclusão do farelo de Dendê em doses entre 10% a 15% podem ser usadas em silagens de capim-elefante, inibindo fermentações indesejáveis e tornando-as mais estáveis, doses acima deste valor podem comprometer o valor nutritivo da silagem pelo alto teor de lignina do aditivo.

Palavras-chave: *Elaeis guineensis*. Estabilidade aeróbia. Fermentação. *Pennisetum purpureum*.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of adding bran oil palm (FD) as a moisture kidnapper additive in elephant grass silage. The chemical qualitative and fermentation were analyzed in a completely randomized design with six treatments and six replications, where the averages of the results of days of closing and opening were analyzed by regression analysis. In the aerobic stability analysis was employed subdivided plots, so that the treatments were randomized in plots and the evaluation times in the subplots. Samples were collected at the time of ensiling and after 190 days of storage for evaluation of dry matter, crude protein, carbohydrates (total, non-fibrous, water-soluble, cellulose and hemicellulose), mineral material, lignin and lipids. In the days aerobic samples were collected for pH, nitrogen for ammonia, fungi and yeasts. The elephant grass this experiment showed values of 13.9% DM and 8.25% CP while the FD has 77.2% DM and 16.9% CP. The inclusion of FD had a direct influence on the populations of fungi and yeasts during the aerobic stability, the higher the dose, the less proliferation as a result, the values of pH and NH₃-N also showed similar behavior. The inclusion of bran Palm at doses in the range of 10% to 15% can be used in silage of elephant, inhibiting undesired fermentation and making them more stable, doses above this value may affect the nutritive value of silage by high lignin content of the additive.

Keywords: Aerobic stability. *Elaeis guineensis*. Fermentation. *Pennisetum purpureum*.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas enfrentados pelos criadores é a estacionalidade forrageira, onde em determinadas épocas do ano, o nível de produtividade animal diminui devido à escassez de alimentos de bom valor nutritivo.

As gramíneas do gênero *Pennisetum* apresentam elevada produção de massa verde por hectare durante o período das águas (dezembro a junho). Essa produção causa um excedente e na maioria das vezes ocorre um subaproveitamento do capim. O processo de ensilagem seria uma estratégia para aproveitar essa produção excedente e utiliza-la independente da finalidade: produção de leite, carne ou ainda como suplemento na alimentação em períodos críticos provocados por adversidades climáticas.

Todavia, esse processo requer algumas características que devem ser consideradas para que haja um mínimo de perdas durante a sua confecção. O teor de matéria seca (MS) da forragem tem grande influência nas reações químicas que ocorrerão durante o armazenamento, afetando, conseqüentemente, o valor nutritivo da silagem (BARNETT, 1954). McDonald et al. (1991) considera um teor em torno de 25% de MS para que não prejudique os processos fermentativos. A prática da inclusão de aditivos absorventes de umidade surge como uma opção interessante para auxiliar nas interações bioquímicas decorrentes do processo de ensilagem.

Atualmente, o aproveitamento de subprodutos da agroindústria aparece como uma saída viável para o criador, principalmente pelo custo e benefício dessa utilização. No Pará, o farelo de Dendê, subproduto proveniente da produção do biodiesel, vem sendo utilizada na alimentação animal, devido à sua disponibilidade e ao baixo custo. Entretanto, poucas são as informações científicas sobre suas características como alimento e seu efeito sobre a ensilagem. Existem poucos trabalhos internacionais que utilizaram farelo de Dendê em silagens, e no Brasil não existe nenhum estudo sobre o assunto, sendo necessárias pesquisas que possibilitem sua caracterização e sua definição. Portanto, é difícil prever as interações que a silagem de capim-elefante teria com este subproduto.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da inclusão de doses crescentes de farelo de Dendê (*Elaeis guineensis*) como aditivos sequestrante de umidade na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*).

MATERIAL E MÉTODOS

FARELO DE DENDÊ USADO NO EXPERIMENTO

Podemos observar na tabela 1 a composição química do farelo de Dendê utilizado no experimento como aditivos sequestrante de umidade.

Tabela 1 – Composição química do farelo de dendê encontrada no Pará.

	Dendê Pará
MS (%)	77,2
PB (g .100gMS ⁻¹)	16,9
FDA (g .100gMS ⁻¹)	48,9
FDN (g .100gMS ⁻¹)	71,5
EE (g .100gMS ⁻¹)	1,77
MM (g .100gMS ⁻¹)	4,6
Cel (g .100gMS ⁻¹)	30,09
Hem (g .100gMS ⁻¹)	22,52
Lig (g .100gMS ⁻¹)	18,89
NIDA (g . N total ⁻¹)	3,44
CHO (g .100gMS ⁻¹)	76,73
CNF (g .100gMS ⁻¹)	11,51
CSA (g .100gMS ⁻¹)	0,96

MS = matéria seca, PB = proteína bruta, FDN = fibra insolúvel em detergente neutro, FDA = fibra insolúvel em detergente ácido, EE = extrato etéreo, MM = Material Mineral, Cel = celulose, Hem = hemicelulose, Lig = lignina, NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido, CHO = carboidratos totais, CNF = carboidratos não fibrosos, CSA carboidratos solúveis em água

Fonte: Análise dos dados de campo, 2012

LOCAL DO EXPERIMENTO, PERÍODO E METODOLOGIA PARA CONFECÇÃO DOS SILOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Pará (UFPA), na Faculdade de Medicina Veterinária, localizada no município de Castanhal/PA. A fase de campo teve duração de aproximadamente de 240 dias e foi composta das seguintes fases: corte de nivelamento, confecção dos silos experimentais e abertura dos silos.

A forrageira utilizada foi o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv Cameron), colhido com 1,20 m de altura (Figura 3) com aproximadamente 45 dias e

alocado em silos experimentais, consistindo de baldes plásticos de 15 quilogramas. A compactação foi realizada com auxílio de bastões de ferro, e para a quantificação da massa foi determinado o volume de cada silo experimental, descontando-se o espaço ocupado pela areia e pela tela. Após a compactação da forragem, os silos foram vedados com tampas plásticas, fixadas com fita adesiva.

Figura 3: Capim-elefante utilizado no experimento com altura de 1,20m



Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

Cada silo comportou entre 13 a 15 Kg de capim-elefante (com ou sem aditivos), mais tela e 2 Kg de areia, apresentando a compactação $668,31 \pm 37,70 \text{ Kg/m}^3$ de matéria natural (Figura 4).

Figura 4: Silos experimentais



Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS

Foram utilizados seis tratamentos constituídos de doses crescentes de farelo de Dendê com base na matéria natural do capim-Elefante. Os tratamentos foram:

TC: 0 % (sem adição de farelo de Dendê – controle)

FD5%: 95% de capim-Elefante, 5 % de farelo de Dendê

FD10%: 90% de capim-Elefante, 10 % de farelo de Dendê

FD15%: 85% de capim-Elefante, 15 % de farelo de Dendê

FD20%: 80% de capim-Elefante, 20 % de farelo de Dendê

FD25%: 75% de capim-Elefante, 25 % de farelo de Dendê

DETERMINAÇÃO DAS PERDAS NA FERMENTAÇÃO

Para determinação das perdas da matéria seca, utilizou-se uma adequação à equação descrita por JOBIM et al., (2007):

$$PMS = 100 - RMS$$

Sendo que:

$$RMS = (M_{Fab} * MS_{ab}) / (M_{Ffe} * MS_{fe}) * 100$$

Onde:

PMS: Perda de matéria seca

RMS: Índice de recuperação de MS;

M_{Fab}: Massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab}: Teor de matéria seca na abertura (%);

M_{Ffe}: Massa de forragem no fechamento (kg);

MS_{fe}: Teor de MS da forragem no fechamento (%).

As perdas gasosas foram estimadas pela diferença de peso bruto dos silos experimentais no dia da ensilagem e na data de abertura. A determinação da perda por gases foi calculada pela equação descrita por Siqueira et. al., (2007):

$$PG = (PSI - PSF) / MSI * 100$$

Sendo:

PG: Produção de gases (% da matéria seca);

PSI: Peso do silo no momento da ensilagem (kg);

PSF: Peso do silo no momento da abertura (kg);

MSI: Matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) * % matéria seca).

A determinação da produção de efluente foi calculada pela equação descrita por Siqueira et al., (2007):

$$PE = (PSAF - PSAI) / MNI * 1000,$$

Sendo:

PE = produção de efluente (kg de efluente/ton de matéria verde ensilada);

PSAF = peso do conjunto silo, areia, tela e náilon após a abertura (kg);

PSAI = peso do conjunto silo, areia, tela e náilon antes da ensilagem (kg);

MNI = quantidade de forragem ensilada (kg).

AMOSTRAGENS E ANÁLISES QUÍMICAS E BROMATOLÓGICAS

Amostras representativas foram retiradas do capim-Elefante, farelo de Dendê e de cada tratamento antes do fechamento dos silos, e também no dia da abertura para análises químico-bromatológicas (Figura 5). Nos dias 0, 3, 6 e 9 de aerobiose foram realizadas análises microbiológicas e de estabilidade aeróbia (Figura 6).

Figura 5: Amostras das silagens no momento de abertura



Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

Figura 6 – Silos armazenados para análise de estabilidade aeróbia



Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

As amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada a 55°C durante 3 dias (tempo suficiente para estabilizar seu peso), sendo moídas logo após com peneira de 1mm em um moinho tipo Willey. O teor da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) extrato etéreo (EE) foram analisados segundo a AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados por método sequencial segundo Van Soest et al., (1991) utilizando o aparelho analisador de fibra, sem adição de α -amilase e sulfito de sódio, a lignina foi obtida através da extração a H_2SO_2 a 72%, e subsequentemente foi feita a mensuração das cinzas desta lignina, assim, obteve-se os valores de celulose, hemicelulose e lignina corrigida das cinzas.

Os compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido (NIDA) foram determinados conforme Licitra et al., (1996).

Os carboidratos solúveis em água (CSA) foram extraídos com álcool etílico a 80% e determinados pelo método de antrona (DISCHE, 1962). Os resultados foram expressos em g. $100g^{-1}$ e posteriormente transformados em percentual da matéria seca (MS).

Os carboidratos totais (CHO) foram determinados por meio da equação: $100 - (\% PB + \% EE + \% MM)$, de acordo com Sniffen et al., (1992). Os Carboidratos não-fibrosos foram determinados pela diferença do CHO pelo FDNcp, onde FDNcp é o FDN corrigido para cinzas e proteína.

Além das análises descritas acima, alíquotas dos tratamentos em aerobiose, foram amostradas para obtenção do extrato aquoso para determinação de pH e N amoniacal, segundo metodologia descrita por Tabacco et al., (2009).

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Após a abertura dos silos experimentais, foram retiradas uma amostra de cada unidade para ser acondicionado em silos menores para avaliação de aerobiose. Nos dias 0; 3; 6 e 9 foram retiradas amostras para contagem microbiana.

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Pará. Para tanto, foram pesados 25 g de silagem e adicionado a 225 mL de solução salina peptonada para contagem de fungos e leveduras 0,1% de acordo com a Instrução Normativa 62 (Brasil, 2003). Foram

realizadas diluições de 10^{-1} a 10^{-7} e a partir dessas diluições, foram realizadas as semeaduras, em triplicata, nas placas de Petri contendo meio de cultivo Agar batata dextrose com correção para o pH 4 por meio de ácido tartárico e logo depois incubadas em aerobiose por 72 horas em temperatura ambiente.

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE AERÓBIA

Para a determinação da estabilidade aeróbia (a partir do momento da abertura do silo no 190º dia), foi inserido em cada balde um *data logger* no interior da massa para determinação da temperatura, e quatro aparelhos foram alocados próximo aos baldes para avaliar a temperatura ambiente por 10 dias (Figura 7).

Figura 7 – Silos no período de aerobiose



Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

Para a quebra da estabilidade aeróbia foi considerado como o tempo necessário para a massa alcançar 2°C acima da temperatura ambiente Kung Jr. et al., (1984). Os *data loggers* foram programados para análises de temperatura a cada 30 minutos.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

As características químico-bromatológicas (MS, MM, PB, NIDA, CHO, CNF, CSA, EE, celulose, hemicelulose e lignina) e fermentativas (Densidade, PE, PMS, PG, pH e N-NH₃) foram analisadas em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e seis repetições onde as médias dos resultados do dia do

fechamento e do dia da abertura foram analisados por meio de análise de regressão utilizando o programa SAS (SAS, 2001).

Empregou-se esquema de parcelas subdivididas, de modo que os tratamentos (doses de inclusão de farelo de dendê) foram aleatorizados nas parcelas e os tempos de avaliação (0, 3, 6 e 9 dias de aerobiose) nas subparcelas. Os dados foram analisados estatisticamente pelos procedimentos de análise de variância sugeridos por Steel et al., (1997) com desmembramento das curvas de regressão nos tratamentos para os experimentos em parcelas subdivididas quando as parcelas são medidas no tempo utilizando o programa SAS (SAS, 2001).

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E BROMATOLÓGICAS

Observa-se na Tabela 2 os valores da densidade e composição químico-bromatológicas dos tratamentos de capim-elefante, com inclusão do farelo de dendê (FD). Onde essas variáveis diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

A inclusão do FD resultou na diminuição da densidade dos silos e nas variáveis carboidratos totais (CHO), carboidratos não-fibrosos (CNF) e carboidratos solúveis em água (CSA) e MM. Todavia, essa inclusão elevou significativamente ($P < 0,05$) os teores de MS, PB, FDN, FDA, Lig NIDA e EE.

O EE teve pequeno acréscimo em seus valores nas silagens, quando comparados com a forragem (Tabela 2). Os valores de CSA foram menores nos tratamentos com maiores inclusões de FD (Tabela 2). Na abertura dos silos os valores de CSA não apresentaram diferenças significativas (Tabela 3).

A Tabela 3 apresenta os resultados da composição química das silagens após 190 dias de fermentação. Nas variáveis MS, PB, FDN, FDA, Lig, e NIDA observa-se diferença significativamente entre os tratamentos ($P < 0,05$). Os teores máximos de MS ficaram para o tratamento com maior inclusão do FD.

Os teores de Cel, Hem, CSA, MM e EE não tiveram diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

As características fermentativas, perdas e contagem microbiana das silagens de capim-elefante tratadas com diferentes níveis de inclusão do FD após 190 dias de fermentação são observadas na Tabela 4. Apenas a variável Lev não foi significativa na regressão ($P > 0,05$).

Assim, a análise de regressão apresentou significância para os teores de PG e, Fun, estimando equações quadrática. As variáveis PMS, PE, pH e N-NH₃ variaram significativamente em equações lineares.

ESTABILIDADE AERÓBIA

A análise de regressão da contagem de leveduras (Lev), Fungos filamentosos (Fun), Temperatura, pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), durante o período de aerobiose, são demonstrados na Figura 8. A contagem de leveduras e fungos filamentosos apresentaram valores reduzidos nas silagens com inclusão de mais de 15% de FD (Figura 8A e Figura 8B).

Verificou-se resposta quadrática em todos os tratamentos para as variáveis Lev, Fun e temperatura. Quando se utilizou o FD, notou-se redução linear significativa na produção de N-NH₃. No último dia de aerobiose (dia 9), notou-se que a contagem de leveduras teve o maior valor encontrado no tratamento sem o aditivo seguido do tratamento com menor inclusão de FD. O tratamento TC, também, teve os maiores valores para fungos filamentosos e pH. Para a variável pH, verificou-se que os tratamentos que receberam inclusão, a partir de 15% do aditivo, não tiveram variações significativas ($P>0,05$), durante a aerobiose.

A Figura 9 mostra a diferença de temperatura interna do silo e do ambiente e indicação da quebra da estabilidade aeróbia de silagens capim-elefante com a crescente adição de FD após a abertura. As maiores temperaturas ao longo da aerobiose ocorreram nos tratamentos TC, FD10% e FD5%, respectivamente. Os tratamentos que tiveram quebra da estabilidade mais tardia foram os tratamentos FD15%, FD20% e FD25% ambos com 72 horas, tornando-os mais estáveis que os demais. O tratamento TC foi o mais instável, quebrando sua estabilidade com 19 horas após a abertura dos silos, seguido do FD5% (27 horas) e FD10% (29 horas).

Tabela 2 - Densidade e composição química dos tratamentos no momento da ensilagem

Variável	TC	FD5%	FD10%	FD15%	FD20%	FD25%	Equação	R ²
DEN (kg/m ³)	722,6	701,3	671,5	646,3	638,4	629,4	Y = -3,8866x + 716,87	0,83
MS (%)	13,9	16,9	17,0	22,0	25,7	29,2	Y = 0,6153x + 13,15	0,98
PB (g.100gMS ⁻¹)	8,25	8,56	10,9	12,0	13,7	15,4	Y = 0,2898x + 7,8	0,98
FDN (g.100gMS ⁻¹)	70,25	70,87	74,27	74,34	74,34	75,33	Y = 0,205x + 70,67	0,82
FDA (g.100gMS ⁻¹)	41,26	44,26	44,96	45,10	46,83	47,42	Y = 0,2209x + 42,211	0,89
Cel (g.100gMS ⁻¹)	34,4	33,5	32,5	31,8	31,6	30,2	Y = -0,1565x + 34,341	0,91
Hem (g.100gMS ⁻¹)	28,0	27,5	25,9	25,3	24,6	24,2	Y = -0,1615x + 27,989	0,98
Lig (g.100gMS ⁻¹)	7,35	12,53	12,95	13,8	14,9	15,0	Y = 0,2652x + 9,45	0,95
NIDA (%N-total)	2,48	2,82	3,12	3,36	3,68	3,88	Y = 0,0561x + 2,5219	0,97
CHO (g.100gMS ⁻¹)	85,1	85,4	83,4	82,6	80,7	79,4	Y = -0,2484x + 85,925	0,83
CNF (g.100gMS ⁻¹)	21,8	17,7	17,5	16,8	14,9	15,0	Y = -0,2463x + 20,362	0,84
CSA (g.100gMS ⁻¹)	7,36	4,27	3,69	2,79	2,46	1,95	Y = -0,1909x + 6,1406	0,93
MM (g.100gMS ⁻¹)	6,50	5,91	5,54	5,29	5,42	5,10	Y = -0,0497x + 6,2487	0,62
EE (g.100gMS ⁻¹)	1,64	1,62	1,65	1,69	1,79	1,84	Y = 0,0089x + 1,5943	0,85

*todos os resultados apresentaram P<0,05;

Legenda: DEN = Densidade, MS = Matéria seca, PB = Proteína Bruta, Cel = celulose, Hem = Hemicelulose, Lig = lignina, NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido, CHO = carboidratos totais, CNF = Carboidratos não-fibrosos, CSA = Carboidratos solúveis em água, MM = cinzas e EE = estrato etéreo

Fonte: Análise dos dados de campo, 2012

Tabela 3 – Características químico-bromatológicas das silagens de capim-elefante no momento da abertura dos silos

	TC	FD5%	FD10%	FD15%	FD20%	FD25%	Equação	R ²
MS (g.100gMS ⁻¹)*	15,2	16,8	17,6	21,8	25,6	31,8	Y = 0,3102x + 15,443	0,41
PB (g.100gMS ⁻¹)*	6,37	8,45	9,28	9,96	11,6	10,9	Y = 0,1885x + 7,0776	0,61
FDN (g.100gMS ⁻¹)*	64,9	71,9	76,7	74,7	76,1	77,2	Y = 0,3923x + 69,653	0,58
FDA (g.100gMS ⁻¹)*	43,9	46,8	52,4	50,9	52,9	53,3	Y = 0,3624x + 45,514	0,64
Cel (g.100gMS ⁻¹)	35,9	35,1	39,4	35,9	38,4	37,0	-	-
Hem (g.100gMS ⁻¹)	23,8	25,1	23,9	24,0	23,2	23,9	-	-
Lig (g.100gMS ⁻¹)*	8,29	12,1	13,1	14,4	14,9	15,2	Y = 0,2529x + 9,8376	0,83
NIDA (% N total)*	12,2	12,5	14,1	15,4	15,9	16,8	Y = 0,2542x + 9,8671	0,19
CSA (g.100gMS ⁻¹)	0,78	1,11	0,60	0,94	0,83	0,77	-	-
MM (g.100gMS ⁻¹)	7,23	7,40	7,21	7,27	7,60	7,37	-	-
EE (g.100gMS ⁻¹)	2,00	2,03	2,60	2,37	2,72	2,67	-	-

*P<0,05

MS = Matéria seca, PB = proteína bruta, Cel = celulose, Hem = hemicelulose, Lig = lignina, NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido, CSA = Carboidratos solúveis em água, MM = cinzas, EE = extrato etéreo

Tabela 4 – Características fermentativas, perdas e contagem microbiana das silagens de capim-elefante tratadas com diferentes níveis de inclusão do farelo de Dendê no momento da abertura dos silos

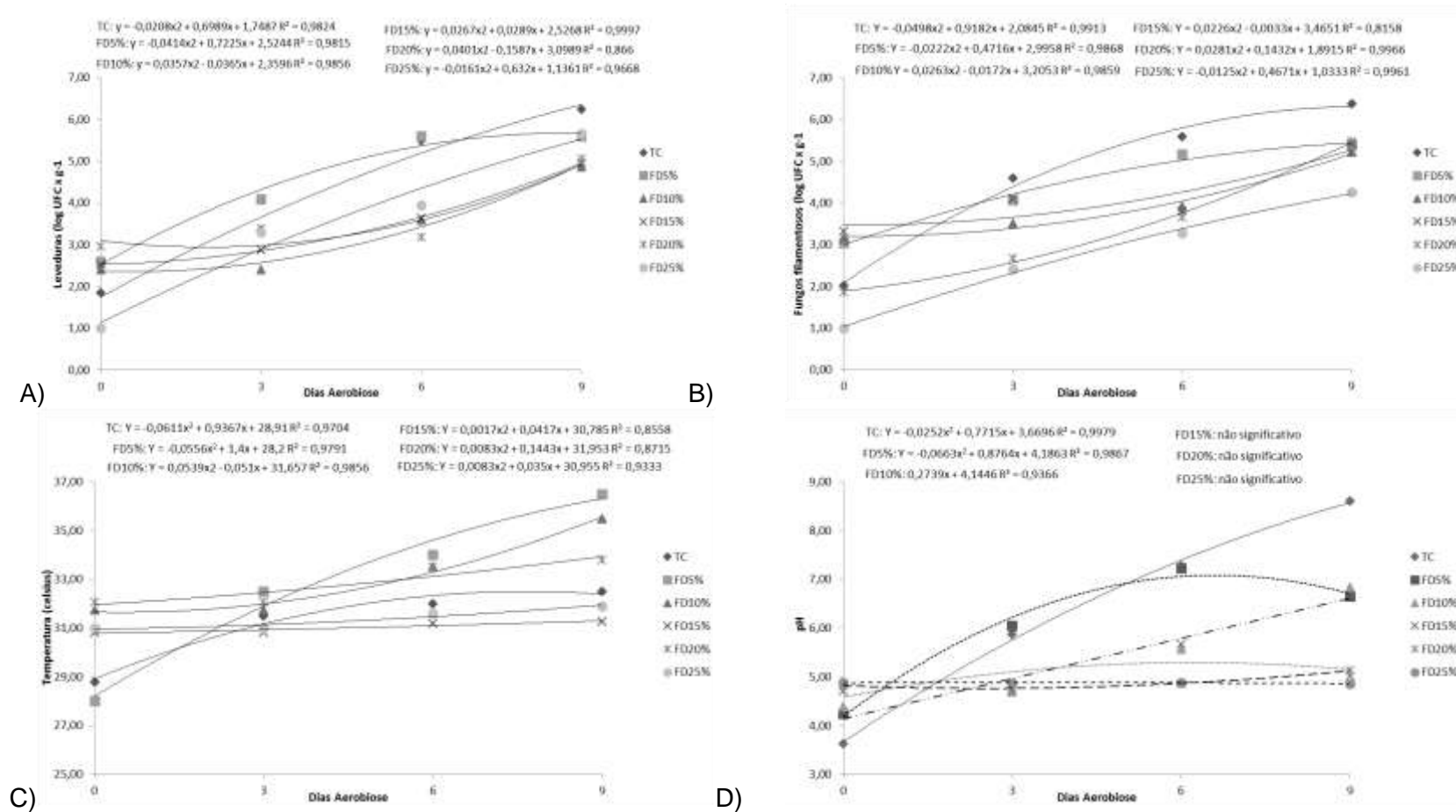
	TC	FD5%	FD10%	FD15%	FD20%	FD25%	Equações	R ²
PMS(g.100gMS ⁻¹)	9,83	7,73	5,97	5,46	4,95	3,61	Y = -0,2375x + 9,7968	0,74
PG(g.100gMS ⁻¹)	4,40	4,00	5,64	5,16	2,82	3,67	Y = -0,0068x ² + 0,1289x + 4,2534	0,29
PE (Kg.ton MV ⁻¹)	44,6	42,0	27,3	28,1	10,4	5,31	Y = -1,6601x + 47,056	0,69
pH	3,63	4,24	4,39	4,71	4,81	4,88	Y = 0,0473x + 3,8519	0,98
N-NH ₃ (% do N-total)	11,7	12,6	11,4	5,67	4,41	1,93	Y = -0,4558x + 13,677	0,97
Fun(log UFC .g ⁻¹)	2,03	3,04	3,17	3,34	1,84	1,00	Y = -0,0113x ² + 0,2326x + 2,0775	0,75
Lev(log UFC .g ⁻¹)	1,81	2,62	2,52	2,47	2,88	1,00	-	-

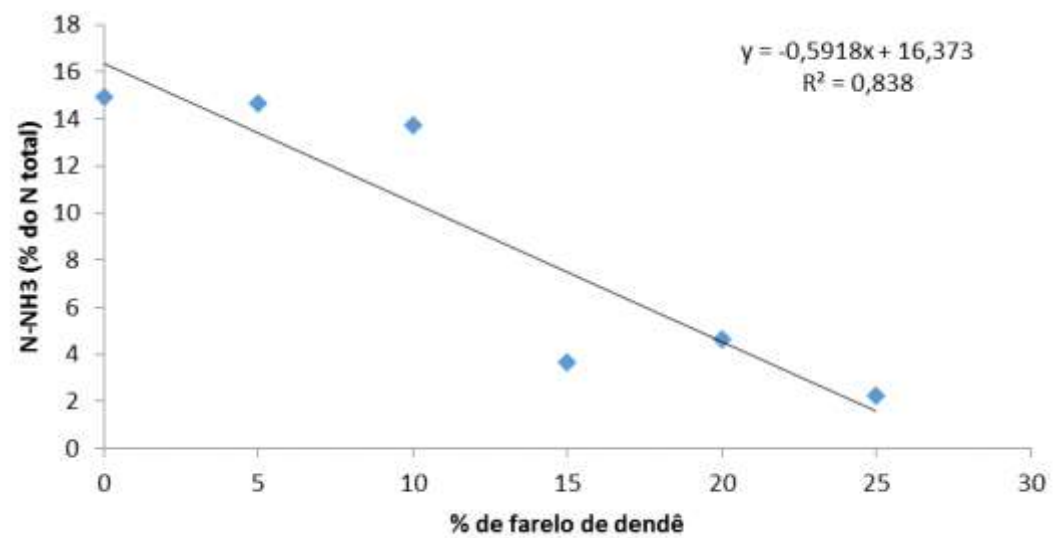
*todos os resultados apresentaram P<0,05;

PMS = Perda de matéria seca, PG = Perda de gases, PE = Produção de efluentes, N-NH₃ = Nitrogênio amoniacal, Fun = fungos e lev = leveduras

Fonte: Análise dos dados de campo, 2012

Figura 8 – Contagem de leveduras (A), Fungos filamentosos (B), Temperatura (C), pH (D) e N-NH₃ (E1 e E2) nas silagens capim-elefante com crescentes inclusões de farelo de Dendê após a abertura dos silos.

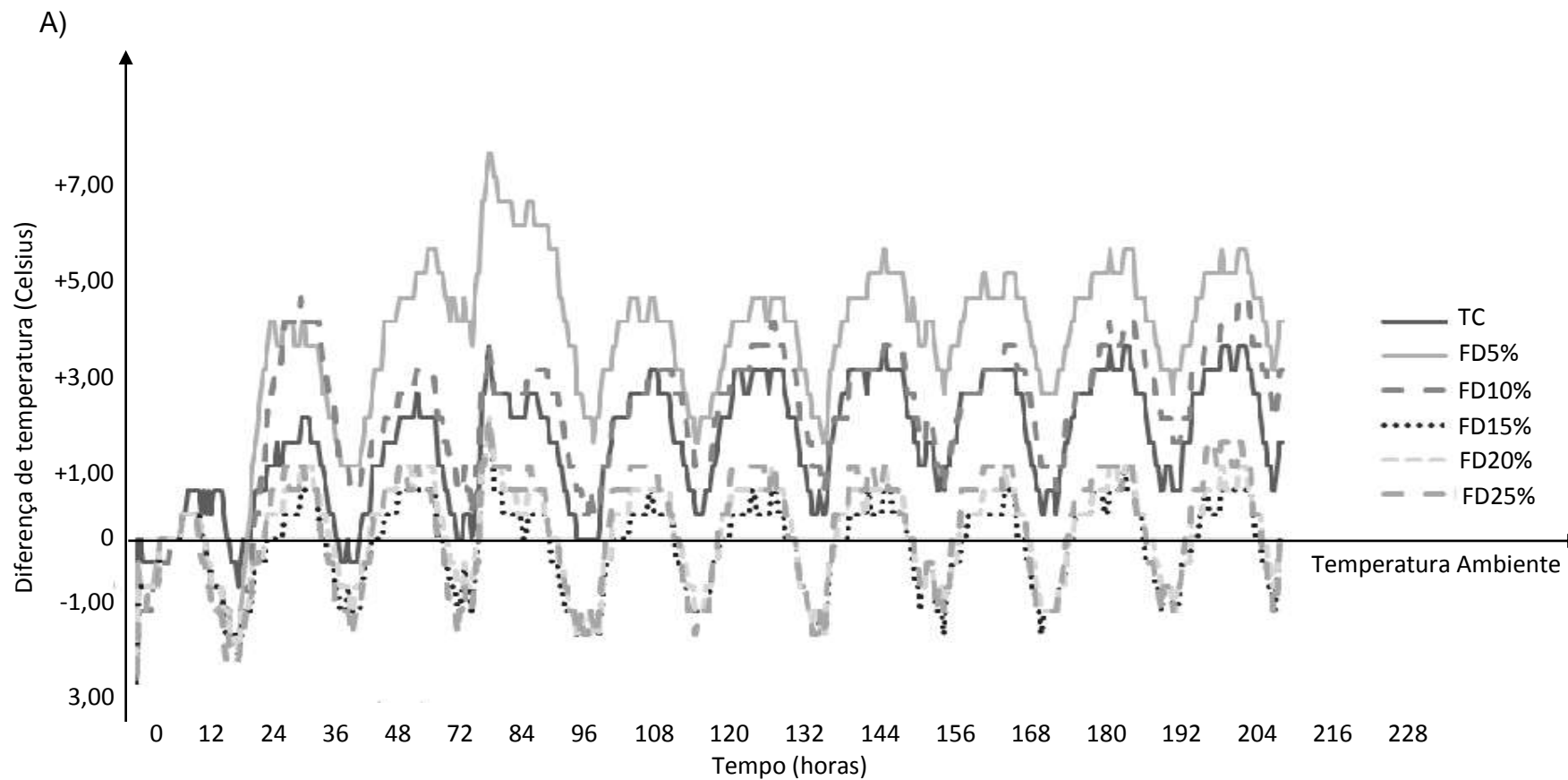




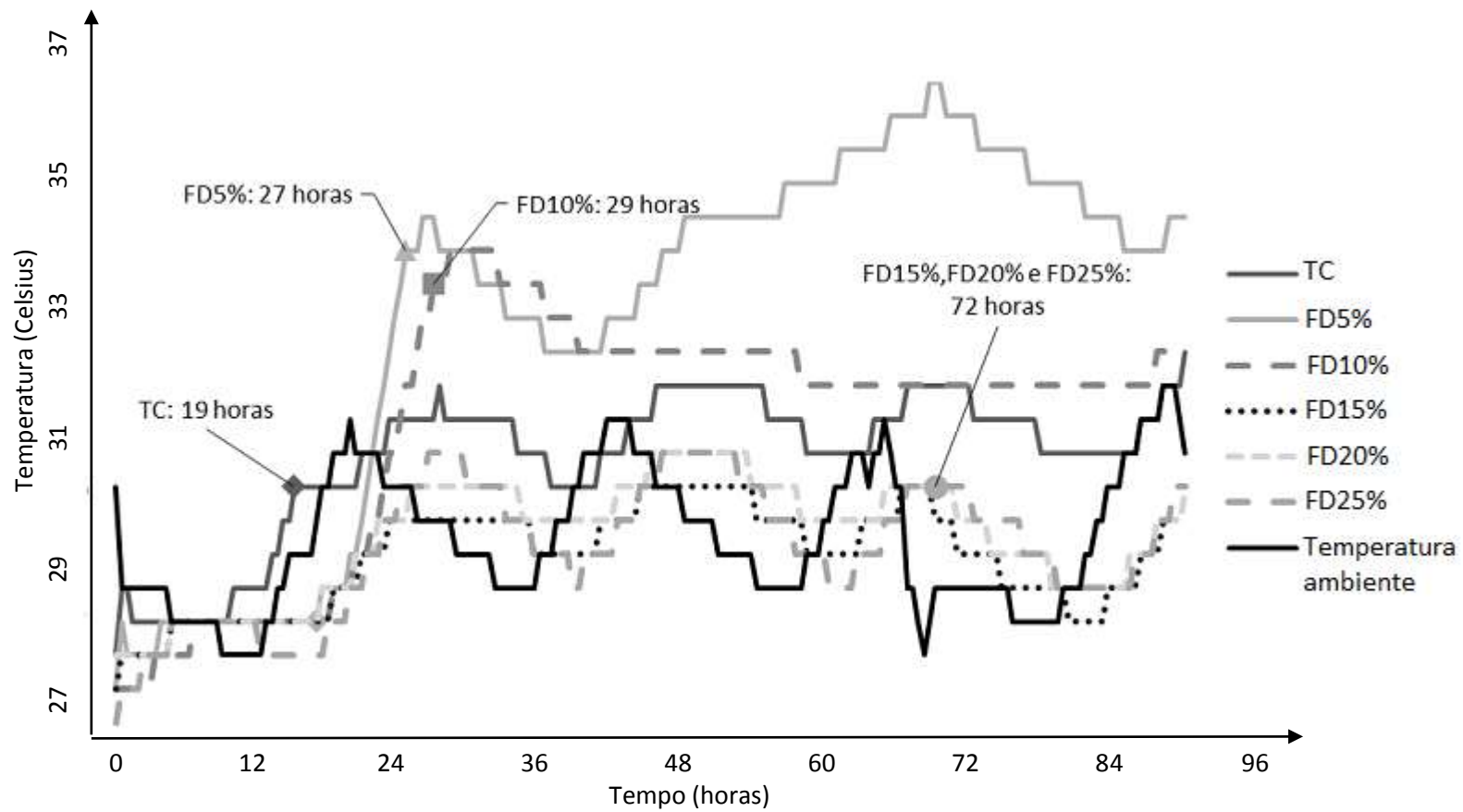
E1)

Fonte: Análise dos dados de campo, 2012

Figura 9 – Diferença de temperatura do silo com a temperatura ambiente (A) e indicação da quebra da estabilidade aeróbia(B) de silagens capim-elefante com crescentes inclusões de farelo de Dendê (0%; 5%; 10%; 15%; 20% e 25%) após a abertura dos silos.



B)



Fonte: Análise dos dados de campo, 2012

DISCUSSÃO

CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E BROMATOLÓGICAS

O FD notoriamente possui densidade inferior ao capim-elefante, para se obter os 25% de matéria-seca pleiteado por McDonald (1981), foi preciso incluir 19,26% de FD, obtendo-se uma densidade de 642,02 kg/m³. Os teores de MS nos tratamentos com concentrações inferiores a 19,25% de FD estão abaixo dos 25% preconizados por McDonald et al. (1991) como condição necessária para que uma silagem tenha perda mínima de efluentes e, conseqüentemente, ocorra a conservação dos nutrientes do material ensilado.

Nos teores de PB, FDN, e FDA houve diminuição acentuada nos valores encontrados no capim-elefante (Tabela 2) em comparação com os teores encontrados nas silagens no momento de abertura (Tabela 3). Diferente do que aconteceu com os valores de NIDA, tendo em vista que os teores aumentaram consideravelmente depois do período de fermentação.

As maiores concentrações de FD fizeram com que os valores de EE apresentassem valores superiores pois o FD apresentou teores de EE superiores ao capim-elefante.

O aumento do teor FD conservou a PB presente nas silagens de forma mais eficiente nos tratamentos FD5%, FD10% e FD15%, onde preservou-se 97%, 85% e 83% da PB, respectivamente, os tratamentos TC, FD20% e FD25%, preservaram apenas 77%, 75% e 73% respectivamente, presume-se que estas perdas foram de proteínas digestíveis, pois o NIDA que representa a proteína indigestível no meio apresentou valores superiores. Os valores elevados de N-NH₃, também, podem justificar a diminuição dos valores de PB, onde o nitrogênio amoniacal é um dos subprodutos da proteólise causada por organismos indesejáveis presentes em ambientes úmidos.

O aumento dos valores de Lig, FDN e FDA, na abertura dos silos se dão pela perda de componentes solúveis da MS pelo efluente, o que aumenta os teores destes componentes (McDonald, 1981).

A redução da quantidade de proteína digestível no substrato em decorrência da transformação em N-NH₃ é um dos fatores determinantes pela elevação indireta do NIDA. Outro fator essencial para obtenção desse efeito é o aquecimento natural

resultante do metabolismo que ocorre na silagem, já que esse processo diminui levemente a digestibilidade, aumentando os teores de NIDN e NIDA (Van Soest, 1994). O aumento no teor de NIDA não é desejável, pois o nitrogênio ligado ao FDA não é aproveitado pelas bactérias ruminais.

À medida que se elevaram as concentrações do aditivo, os teores de CSA diminuíram nos tratamentos, pois o FD possui concentração menor de CSA que o capim-elefante. No entanto, os valores são bem inferiores aos encontrados no momento da ensilagem, o que demonstra que os CSA foram consumidos pelos microrganismos que se desenvolveram durante o processo de fermentação.

Os valores de CSA diferiram-se no momento de ensilagem (Tabela 2) o que justifica-se pela menor concentração de CSA no farelo de dendê, entretanto, no final do período de fermentação, não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 3). Os maiores valores de CSA nas silagens com menores concentrações de FD explicam o porquê do pH encontrado nestes tratamentos terem sido inferiores ao encontrado nos tratamentos com maiores concentrações de FD, pois o CSA é um nutriente essencial para o desenvolvimento de bactérias lácticas, responsáveis pela produção do ácido lático, assim, os tratamentos com maiores teores de CSA apresentaram pH menores quando comparados aos tratamentos com menores teores de CSA. À medida que incluiu 1% de FD, perdeu-se cerca de 0,43% de CSA.

A adição do FD proporcionou menores perdas de MS, isto porque, além do teor de MS do FD ser superior ao do capim-elefante, este apresenta maiores teores de lignina que segundo Jones e Jones (1995) a capacidade de retenção de umidade dos aditivos absorventes pode variar com o tipo de material utilizado, observando-se que materiais com maior lignificação têm maior capacidade de retenção de água. Entretanto, de acordo com esses autores, apesar de altamente absorventes, esses aditivos reduzem o valor nutritivo da silagem.

O pH dos tratamentos no momento da abertura dos silos aumentou de acordo com a concentração do FD, os valores variaram de 3,63 no TC para 4,88 no FD25%, além disso, apresentaram bom aspecto e odor. Segundo Van Soest (1994), em silagens com alto teor de MS, o pH é menos importante, podendo ser obtida boa qualidade mesmo com pH mais elevados. Whittenbury et al. (1967) demonstraram que avaliando-se o pH isoladamente, se torna um parâmetro pouco importante,

porque para se considerar uma silagem de boa qualidade, o pH deve diminuir rapidamente para evitar a produção imediata do N-NH_3 e do ácido butírico.

Na silagem, baixo teor de nitrogênio amoniacal (N-NH_3), inferior a 10% do nitrogênio total (NT), indica que o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva da proteína em amônia (Van Soest, 1994). Ao contrário, um teor de N-NH_3 superior a 15% do NT significa que a quebra de proteínas foi considerável, essas silagens podem ser menos aceitas pelos animais, resultando em baixo consumo. O teor de N-NH_3 também indica a atividade das bactérias do gênero *Clostridium*, pois é produzido somente em pequenas quantidades por outros microrganismos e enzimas das plantas (McDonald, 1981).

Os valores encontrados neste experimento foram considerados bons, os valores abaixo de 10% foram observados nos tratamentos com maiores inclusões de FD (15%, 20% e 25%).

Os maiores valores de N-NH_3 nos tratamentos com menores concentrações de FD demonstram que, mesmo com pH reduzido, não houve inibição de bactérias do gênero *Clostridium*, que têm seu crescimento otimizado em teores de umidade acima de 72% e pH em torno de 5,5, mas é possível o seu crescimento em silagens que tenham problemas em se estabilizar (McDONALD et al. 1991).

Quando se utilizou o FD, notou-se redução linear significativa nas variáveis PMS, PE e N-NH_3 , porém ocorreu o inverso com pH.

ESTABILIDADE AERÓBIA

Os microrganismos que iniciam o ataque aos ácidos orgânicos e são os maiores responsáveis pela deterioração aeróbia da silagem são as leveduras (PAHLOW et al. 2003). Muitas espécies de leveduras degradam o ácido láctico, causando aumento do pH da silagem e proporcionando condições para que outros microrganismos deterioradores se desenvolvam (McDonald et al. 1991) Isso explica o crescimento mais acelerado da população de leveduras no início do processo de aerobiose.

Os fungos filamentosos crescem melhor sob condições aeróbias e pH mais alto (5,0 a 6,0). Assim, quando o silo é aberto, ocorre aumento do pH e da concentração de oxigênio, permitindo o crescimento desses microrganismos

capazes de degradar ampla variedade de nutrientes, inclusive carboidratos estruturais e lignina. Desse modo, a degradação de compostos complexos pode liberar substratos para que as bactérias lácticas e leveduras continuem crescendo (Winters et al. 1987).

A elevação da temperatura e sua manutenção ao longo do tempo são importantes indicadores de deterioração aeróbia, sendo reflexo do crescimento de leveduras e fungos filamentosos.

Os tratamentos com mais de 15% de FD foram mais estáveis que os demais, demorando em torno de 72 horas para a quebra da estabilidade. A estabilidade aeróbia da silagem pode ser definida como a resistência da massa de forragem à degradação após a abertura do silo. Alguns autores definem como o tempo que a silagem leva para atingir uma temperatura superior a 2°C acima da temperatura ambiente (KUNG JR. et al. 1984) ou como o acúmulo de temperatura durante os dias em que a silagem fica exposta ao ar. O metabolismo acelerado das leveduras nas primeiras horas de aerobiose e o favorecimento do ambiente para o desenvolvimento de outros microrganismos deterioradores fez com que a temperatura variasse significativamente nas primeiras horas de aerobiose, em especial aos tratamentos com concentrações inferiores a 15% de FD.

A quebra da estabilidade foi influenciada pela adição de FD à silagem. O TC e o FD5% tiveram a quebra da estabilidade as 19 e 27 horas respectivamente, o que representa em torno de 1 dia de abertura dos silos, concluindo-se que a maior concentração de MS nos tratamentos fez com as silagens demorassem mais para quebrar a estabilidade aeróbia, pois os maiores valores de MS dificultaram a proliferação de microrganismos, pela ausência de umidade adequada (BATISTA et al. 2006).

A amplitude da variação de temperatura do silo foi bem elevada nos tratamentos com inclusão menores de 15% de FD, podendo chegar ao pico de 7,2°C acima da temperatura ambiente com 5% de inclusão, o que pode-se inferir que houve uma intensa atividade microbiana nesse momento.

Os tratamentos com menores teores de FD apresentaram maior concentração de CSA o que resultou em menores valores de pH, pois os microrganismos produziram maiores quantidades de ácidos orgânicos, dentre eles o ácido láctico, que

servem de substrato para microrganismos deterioradores durante a aerobiose, fazendo com que o pH seja novamente elevado e haja maior proliferação de fungos e leveduras, ocasionando a produção de calor. Notou-se que nos tratamentos com inclusão superior a 15% de FD, apesar da variação de temperatura, não apresentaram significativas variações de pH no decorrer do período avaliado de aerobiose.

O maior teor de MS nas silagens com valores acima de 15% de FD e a não variação do pH, inibiu o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, principais microrganismos responsáveis pela metabolização de proteína em N-NH₃, assim, quanto maior foi a adição de FD, menor foi a concentração de N-NH₃ encontrada.

4. CONCLUSÃO GERAL

A inclusão do farelo de Dendê em doses entre 10% a 15% podem ser usadas em silagens de capim-elefante, inibindo fermentações indesejáveis e tornando as silagens mais estáveis, doses acima deste valor podem comprometer o valor nutritivo da silagem pelo alto teor de lignina do aditivo.

REFERÊNCIAS

- AOAC. **Official Methods of Analysis**.. 16. Ed. Washington DC: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS 1995.
- ARCHIBALD, J. G. Sugar and acids in grass silage. **Journal of Dairy Science**., Illinois, : 385-360. 1953.
- BARNETT, A. J. G. **Silage fermentation**. London: Butterworths Sci. Publ. 1954.
- BATISTA, A. M. V. et al Efeitos da adição de vagens de algaroba sobre a composição química e a microbiota fúngica de silagens de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.1-6, 2006.
- BERNARDES, T. F. **Levantamento das práticas de produção e uso de silagens em Fazendas produtoras de leite no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/pdf/EBOOK-SILAGEM.pdf>> Acesso em: 10 dezembro 2012.
- BERNARDINO, F.S. et al Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2191, 2005 (supl.).
- BOLSEN, K. K.; ASHBELL, G.; WILKINSON, J. M. Silage additives. In: WALLACE, R. J.; CHESSON, A. (ed.). **Biotechnology in animal feeds and animal feeding**. New York, VCH, 1995. p. 32-54.
- BUXTON, D.R.; O'KIELY, P. Preharvest plant factors affecting ensiling. In: D.R. Buxton (ed.), R.E. Muck and J.H. Harrison. **Silage Science and Technology**. Wisconsin: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. 2003. p. 199–250.
- CATCHAPOOLE, V.R.; HENZEL, E.F. Silage and silage-making from tropical herbage species. **Herbage Abstracts**, v.41, n.3, p.213-221, 1971.
- CONDE, A. Dos R. **Efeito da adição de fubá sobre a qualidade da silagem de capim elefante cortado com diferentes idades**. Viçosa, UFV, 28. 1970.
- COSTA, D. A. *et al*. Avaliação nutricional da torta de dendê para suplementação de ruminantes na Amazônia oriental. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**. Belém, BASA v. 4, n. 8, 2009.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. ed. **Carbohydrate chemistry**. New York, Academic Press, 1962. p. 477-512.
- EMBRAPA AGROENERGIA, Palmas para o Dendê. **Revista Agroenergia**. nº 2, 36p., 2011.

FARIA, V. P. de. **Efeito da maturidade da planta e diferentes tratamentos sobre a ensilagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) Variedade Napier.** 1971. 78 p. Tese (doutorado em agronomia) – ESALQ, 1971.

FARIA, V. P. *et al* Observações preliminares sobre três variedades africanas de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.): Taiwan A-241, Uruvwona e Cameroon. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...** Piracicaba, SBZ, 1970. P. 28-29. 7

GUIM, A., *et al*. Estabilidade Aeróbica de Silagens de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) Emurcheado e Tratado com Inoculante Microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.

GUTIERREZ, L. E. **Identificação de carboidratos e ácidos orgânicos em quatro variedades de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), colhidos em três estágios de maturidade.** 1975. 103p. Dissertação (mestrado em agronomia) ESALQ, 1975.

HAUG, R.T. **The Practical Handbook of Compost Engineering.** Lewis Publishers, Boca Raton, FL; p.717, 1993.

JASTER, E. H. Complex interactions from inoculants, enzymes explored. **Feedstuffs**, v. 66, p. 13-27, 1994.

JOBIM, C. C., *et al*. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, n.1, p.73-81, 1995.

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of in-silo effluent absorbents on effluent production and silage quality. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.64, n.3, p.173-186, 1996.

KUNG Jr., L. *et al*. Added ammonia or microbial inoculant for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.299-306, 1984.

KUNG JR., STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silages additives. In: D.R. Buxton(ed.), R.E. Muck and J.H. Harrison. **Silage Science and Technology.** Wisconsin: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. 2003. p. 31-94

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 207p.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. New York: Chalcombe Publications, p. 339, 1991.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), **Instrução Normativa nº62**, 2003.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal Dairy Science**, v.71, p.2992-3002, 1988.

OLIVEIRA, L. S. et al. Caracterização nutricional de silagens do coproduto da pupunha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 2, p. 426 – 439, 2010.

OSAKI, M.; BATALHA, M O. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 13, n. 2, o. 227-242, 2011.

PAHLOW, G. et al Microbiology of ensiling. In: D.R. Buxton (ed.), R.E. Muck and J.H. Harrison. **Silage Science and Technology**. Wisconsin: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. 2003. p. 31-94.

RODRIGUES FILHO, J.A.; CAMARÃO, A.P.; AZEVEDO, G.P.C. **Utilização da torta de amêndoa de dendê na alimentação de ruminantes**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 24p.

ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. Biochemistry of ensiling. In: D.R. Buxton (ed.), R.E. Muck and J.H. Harrison. **Silage Science and Technology**. Wisconsin: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. 2003. USA, p. 95-140.

ROSA, G. de A. **Rendimento e valor nutritivo do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) c. v. Cameroon**. 1983. 115 p. Dissertação (mestrado em zootecnia) Escola Superior de Agronomia de Lavras, 1983.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2006. Tese (Doutorado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006. 228p.

SIQUEIRA, G. R. et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.2000-2009, 2007.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science** v.70, p.3562-3577, 1992.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **The SAS System for Windows**: version 8.02. Cary: SAS Institute, 2001. (CD-ROM).

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics a biometrical approach**. 3. ed. Boston: WCB McGraw-Hill, 1997. 666p.

TABACCO, E et al. Clostridia spore formation during aerobic deterioration of maize and sorghum silage as influenced by *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* inoculants. **Journal of Applied Microbiology**, 107, 1632-1641, 2009.

USDA – United States Department of Agriculture. Oilseeds: World Market and Trade. **Foreign Agricultural Service - Circular Series FOP 13**. 2013.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, n.10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: _____ **CAPIM-ELEFANTE: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO**. Coronel Pacheco: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 1994. 47p.

WHITTENBURY, R; McDONALD, P; BRYAN-JONES, D.J. A short review of some biochemical and microbiological aspects of silage. **Journal Science Food and Agricultural**, v.18, n.4, p.441-444, 1967.

WILKINSON, J. M. Silages made from tropical and temperate crops. 1. The ensiling process and its influence on feed value. **World Animal Resources**. Roma. v. 45, n. 45, p. 36-42, 1983.

WINTERS, A.L.; WHITTAKER, P.A.; WILSON, R.K. Microscopic and chemical changes during the first 22 days in Italian ryegrass and cocksfoot silages made in laboratory silos. **Grass and Forage Science**, v.42, p.191-196, 1987.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. Microbiology series. New York: Marcel Dekker, 350p. 1984