

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO ARMAZENAMENTO E
NA QUALIDADE DA SILAGEM DE FORRAGEIRAS
TROPICAIS**

Gilmara da Silva Miranda

**CRUZ DAS ALMAS - BA
2017**

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO ARMAZENAMENTO E NA QUALIDADE DA SILAGEM DE FORRAGEIRAS TROPICAIS

Gilmara da Silva Miranda

Zootecnista

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2015.

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal (Nutrição e Alimentação de Ruminantes)

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Adriana Regina Bagaldo
Coorientador(a): Dr(a). Daniele Rebouças Santana Loures

**CRUZ DAS ALMAS - BA
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

| | |
|-------|---|
| M672i | <p>Miranda, Gilmara da Silva. Influência da temperatura no armazenamento e na qualidade da silagem de forrageiras tropicais / Gilmara da Silva Miranda._ Cruz das Almas, BA, 2017. 58f.; il.</p> <p>Orientadora: Adriana Regina Bagalda. Coorientadora: Daniele Rebouças Santana Loures.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Silagem – Qualidade. 2.Silagem – Valor nutricional. 3.Armazenamento – Avaliação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 633.2</p> |
|-------|---|

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO ARMAZENAMENTO E NA
QUALIDADE DA SILAGEM DE FORRAGEIRAS TROPICAIS**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Gilmara da Silva Miranda

Aprovada em: 29 de Agosto de 2017.

Prof. Dr(a). Adriana Regina Bagaldo
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Orientadora

Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador Interno

Prof. Dr. Thadeu Mariniello Silva
Universidade Federal da Bahia
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico em especial a minha mãe Elizete Vitório da Silva e ao meu pai Antônio Miranda Neto pelo apoio, incentivo e ensinamentos valiosos que carregarei por toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem sempre esteve ao meu lado e a quem recorro nas horas difíceis.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Juntamente com o programa de pós-graduação em ciência animal e todos os seus professores e colaboradores.

A CAPES pela concessão da bolsa durante o mestrado.

Aos meus pais Antônio Joel e Elizete Vitória que, mesmo longe são as' pessoas mais importantes da minha vida, obrigada por tudo, sem vocês nada disso seria possível.

Aos meus irmãos e demais familiares de Campo Formoso: Clesia, Fábio, Janete, Silva, Sivaldo, Valdiane, Geane, Vinicius, Valeska, Ruan, Sophia, Riquelme, Djean e Davi pelos incentivos sempre demonstrados.

Ao meu namorado Erick Anailton por estar presente em todos os momentos que precisei, pelo amor, dedicação, apoio além de muita paciência e compreensão.

A minha orientadora, Dr^a. Adriana Regina Bagaldo e a minha coorientadora Dr^a. Daniele Rebouças Santana Loures pela a oportunidade de trabalhar com vocês, pela orientação, os ensinamentos, a confiança e amizade. Obrigada por tudo!

Aos meus queridos amigos Fernanda, Sandrinha, Bruna Yasnaia, Hackson, Marisa, Danilo e Aline pelos momentos de felicidades e também de dificuldades compartilhados, quem tem amigos de verdade tem tudo...

A equipe que participou durante o experimento, Hackson, Jonas, Álvaro, Fernanda, Erick, Jaivaldo, Danilo, Mariana, Jescarlandia, Grazi, Alan, Henrique, Leo Santana e Thiago a participação de cada um foi fundamental, obrigada pela disponibilidade e a ajuda de vocês no momento em que precisei.

Ao pessoal da fazenda experimental que forneceram as espécies forrageiras, além dos serviços prestados e apoio durante as atividades do experimento.

A Bel funcionário da fazenda experimental que sempre esteve disponível para ajudar.

Ao produtor rural Carlota que forneceu a parte aérea da mandioca.

Ao técnico do laboratório N Marcel, por conseguir permissão para utilização de uma sala do bloco para o experimento.

A técnica Silvane e também a pós-doutoranda Rosane do Laboratório de bromatologia da UFRB pelo auxílio na execução das atividades laboratoriais.

Ao Pós-doutorando Eric pelo auxiliou durante a fase de preparação do local para o armazenamento da silagem.

EPÍGRAFE

“Apenas quando somos instruídos pela realidade é que podemos muda-la.”

(Bertolt Brecht).

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO ARMAZENAMENTO E NA QUALIDADE DA SILAGEM DE FORRAGEIRAS TROPICAIS

RESUMO: Objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito das temperaturas de 20°C e 33°C, sobre a composição bromatológica, o perfil fermentativo, perdas de matéria seca e estabilidade aeróbia na silagem de capim colonião e terço superior da mandioca e cana-de-açúcar. Para cada silagem foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5 correspondendo a duas temperaturas (20°C e 33°C) e cinco dias de abertura. Para a avaliação do perfil fermentativo (nitrogênio amoniacal, pH e ácidos orgânicos) foram realizadas aberturas aos 1, 7, 14, 21 e 40 dias após o fechamento dos silos. O efeito da temperatura de 33°C na ensilagem sobre o perfil fermentativo resultou em maiores valores nitrogênio amoniacal para todas as silagens avaliadas, para o valor do pH foi observado efeito quadrático para os dias de aberturas em todas as silagens, no entanto apenas as silagens do terço superior apresentaram diferença entre os valores de pH sob diferentes temperaturas com maior valor observado para as silagens em ambientes com temperatura de 33°C. Para os dias de abertura a produção de ácido láctico se comportou de forma linear crescente em todas as silagens nesse estudo. O mesmo comportamento foi observado para os ácidos acético e propiônico nas silagens. Ocorreu maior produção de ácido láctico para as silagens de capim colonião e do terço superior da mandioca armazenadas em temperatura de 20°C. As análises bromatológicas foram realizadas para a determinação dos teores de MS, MO, EE, LIG, HEMI, PB, FDNcp, FDAcp e CNF. Os teores de PB foram menores para as silagens de capim colonião armazenadas em ambiente controlado com temperatura de 33°C, foi observado também que os teores de EE reduziram de acordo com os dias de aberturas. Os valores de MO foram menores para silagens do terço superior da mandioca em ambiente com temperatura de 20°C. A silagem do terço superior apresentou maior índice de recuperação de matéria seca e menores perdas por gases e efluente quando armazenada em temperatura de 20°C aos 40 dias após a ensilagem, enquanto que a silagem de cana-de-açúcar apresentou a maior perda por efluente para a silagem armazenada a 33°C. As silagens armazenadas em temperatura de 33°C foram mais suscetíveis à deterioração aeróbia do que aquelas armazenadas à temperatura ambiente de 20°C. Apenas a silagem de capim colonião apresentou diferença na taxa de degradação para as diferentes condições de armazenamento durante a ensilagem. A temperatura de 20°C é mais adequada para a conservação das silagens de forrageiras tropicais durante o armazenamento.

Palavras chave: Conservação; Perdas; Perfil fermentativo

INFLUENCE OF TEMPERATURE IN THE STORAGE AND QUALITY OF THE SILAGE OF TROPICAL FORAGES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of temperatures of 20°C and 33°C on the composition of the soil, fermentation profile, dry matter losses and aerobic stability in the colony grass silage and upper third of manioc and sugarcane. For each silage, a completely randomized design was used in a 2x5 factorial scheme corresponding to two temperatures (20°C and 33°C) and five days of opening. For the evaluation of the fermentation profile (ammoniacal nitrogen, pH and organic acids) openings were performed at 1, 7, 14, 21 and 40 days after the silos were closed. The effect of the temperature of 33°C on silage on the fermentation profile resulted in higher ammoniacal nitrogen values for all the silages evaluated, for the pH value was observed quadratic effect for the days of openings in all silages, however only the silages of the upper third showed differences between pH values under different temperatures with higher values observed for silages in environments with a temperature of 33°C. For the days of opening, the production of lactic acid behaved linearly in all silages in this study. The same behavior was observed for the acetic and propionic acids in the silages. Larger lactic acid production was obtained for the silages of colonies grass and the upper third of manioc stored at a temperature of 20°C. The bromatological analyzes were performed to determine the contents of MS, MO, EE, LIG, HEMI, PB, FDNcp, FDAcp and CNF. PB contents were lower for colony grass silages stored in a controlled environment with a temperature of 33°C, it was also observed that the EE contents reduced according to the days of openings. The OM values were lower for silages of the upper third of cassava in an environment with a temperature of 20°C. The silage from the upper third had a higher dry matter recovery index and lower gas and effluent losses when stored at a temperature of 20°C at 40 days after ensiling, while sugarcane silage presented the highest loss effluent for the silage stored at 33°C. Silages stored at 33°C were more susceptible to aerobic deterioration than those stored at room temperature of 20°C. Only colony grass silage presented difference in degradation rate for the different storage conditions during ensiling. The temperature of 20°C is best suited for the conservation of tropical forage silages during storage

Keywords: Conservation; Losses; Fermentative profile

LISTA DE ABREVIATURAS

A (MS) - fração da matéria seca solúvel em água
B(MS) - fração da matéria seca potencialmente degradável
c (FDN) - taxa de degradação da FDN
c (MS) - taxa de degradação da matéria seca
CEL- celulose
CNF-carboidratos não fibrosos
DE (MS) - degradabilidade efetiva da matéria seca
DE(FDN) - degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido
DP (MS) - degradabilidade potencial da matéria seca
DP(FDN) - degradabilidade potencial da fibra em detergente ácido
EE- extrato etéreo
FDAcp - fibra em detergente ácido corrigida para cinza e proteína
FDNcp - fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína
HEM - hemicelulose
LIG - lignina
MO - matéria orgânica
MS - matéria seca
MM - matéria mineral
N-NH₃ - Nitrogênio amoniacal
NT- nitrogênio total
PB - proteína bruta

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 2 |
| 2.1 | Fases de Fermentação da silagem..... | 2 |
| 2.2 | Aspectos gerais sobre silagem | 3 |
| 2.2.1 | Silagem de cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) | 5 |
| 2.2.2 | Silagem da parte aérea de mandioca (<i>Manihot succulenta</i>)..... | 6 |
| 2.2.3 | Silagem de capim-colonião (<i>Panicum maximum</i> Jacq)..... | 8 |
| 2.3 | Temperatura ambiente durante o armazenamento da silagem | 9 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 5 | CONCLUSÃO | 43 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 44 |

1 INTRODUÇÃO

A ensilagem é um método de conservação da forragem baseado na acidificação resultante do processo fermentativo. Os objetivos principais de se conservar forragens são armazenar o excedente e conservar o valor nutritivo da forrageira até o momento do fornecimento (EVANGELISTA *et al.*, 2016).

A temperatura ambiente é considerada como um dos principais fatores que influenciam o processo de fermentação da silagem (McDonald *et al.*, 1966). Durante o armazenamento a temperatura pode afetar a dinâmica da atividade dos microrganismos envolvidos no processo de fermentação. As atividades podem ser indesejáveis e ocasionar um aumento na perda de matéria seca e redução na qualidade da silagem (ALI *et al.*, 2015), portanto a temperatura desempenha um papel vital na fermentação e na qualidade final da silagem.

No momento da abertura, a silagem é exposta ao ar novamente o que pode resultar num aumento de temperatura e a quebra da estabilidade aeróbia devido a atuação de fungos e leveduras. O tempo que a silagem fica estável na presença do oxigênio é um fator muito importante na determinação de sua qualidade (Koc *et al.*, 2009). O processo de deterioração se origina através das atividades de microrganismos aeróbios, principalmente leveduras e mofo; portanto, fatores que afetam esses microrganismos podem afetar consequentemente a estabilidade da silagem (McDonald *et al.*, 1991). Os principais fatores que influenciam a estabilidade aeróbia de silagem são ar, disponibilidade de substrato e temperatura (Weinberg *et al.*, 2001).

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito das temperaturas de 20°C e 33°C sobre a composição bromatológica, perfil fermentativo, perdas de matéria seca e estabilidade aeróbia silagens de capim colônia, terço superior da mandioca e cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fases de Fermentação da silagem

Ensilagem é um método de conservação de forragens por meio da fermentação em condições anaeróbias em que as bactérias ácido lácticas convertem carboidratos solúveis em ácidos orgânicos (KOC *et al.*, 2009).

A conversão da forragem na forma de silagem ocorre através de quatro fases de fermentação que são normalmente completadas aos 21 dias de ensilagem (PENN STATE, 2004).

A fase aeróbia acontece durante o enchimento do silo e tem duração de algumas horas. Assim, quando o material é ensilado, o oxigênio permite o desenvolvimento de microrganismos aeróbios, como fungos, bactérias e leveduras. A ação dos microrganismos, em conjunto com as atividades respiratórias da planta, reduz o oxigênio presente e dá início a segunda fase (SANTOS e ZANINE 2006). Se a forragem for picada adequadamente, receber uma boa compactação e o silo vedado rapidamente, esta fase pode ser minimizada (McDONALD *et al.*, 1991).

Durante a fase de fermentação o valor do pH é reduzido devido a formação de ácidos orgânicos, a partir dos açúcares presentes na forragem (SANTOS e ZANINE 2006). A queda precoce do pH é necessária também para inibir a atividade das enzimas responsáveis pela quebra de proteínas (PENN STATE, 2004).Primeiramente, ocorre a atuação das enterobactérias e bactérias heterofermentativas, e em seguida as homofermentativas permanecem em maior número, essa fase dura até que o pH seja reduzido a valores inferiores a cinco.

A próxima fase é a de estabilidade em que o pH ácido da silagem e a ausência de oxigênio permitem que a silagem seja conservada até a abertura do silo. Durante essa fase, apenas as bactérias ácido lácticas permanecem em atividade, entretanto reduzida (SANTOS e ZANINE 2006).

No momento da abertura a silagem é exposta novamente ao ar. A entrada de oxigênio possibilita um aumento de microrganismos indesejáveis como as leveduras, fungos e bactérias, que são responsáveis por alterações dos nutrientes disponíveis na silagem, além da quebra da estabilidade aeróbia (BORREANI e TABACCO, 2010). De acordo com Muck (1988) a eficiência durante as fases fermentativas e na estabilidade aeróbia depende das características da forrageira juntamente com a microbiota.

2.2 Aspectos gerais sobre silagem

Alguns fatores precisam ser levados em consideração para a produção de uma silagem de boa qualidade como as variações na prática do manejo, na colheita e armazenamento. (SANTOS *et al.*, 2010).

O conteúdo de matéria seca é um fator determinante durante a época da colheita, por estar relacionado diretamente com o processo fermentativo. De acordo com Jobim *et al.* (2007) o desenvolvimento dos microrganismos, tanto desejáveis como os indesejáveis, estão relacionados com o teor de matéria seca, mais apropriadamente à atividade da água ou potencial osmótico.

A concentração de carboidratos solúveis na forrageira também é importante para a fermentação, e geralmente varia de acordo com a espécie da planta, o cultivar, a idade, o clima e a adubação (McDONALD *et al.*, 1991). Os principais carboidratos que estão presentes nas forragens utilizados durante a fermentação são glicose, frutose, galactose, sacarose e melibiose.

O teor adequado de carboidratos solúveis deve ser acima 8% com base na MS, para a obtenção de uma fermentação estável além de pH baixo, predominância na produção de ácido lático, e sem fermentações secundárias (PETTERSSON e LINDGREN, 1990; Woolford, 1984). Sobretudo, de acordo com Muck (1988), o teor mínimo de carboidratos solúveis para a fermentação é dependente do conteúdo de matéria seca do material. .

Em relação ao nitrogênio amoniacal a quantidade presente na silagem também serve como parâmetro para avaliar o processo fermentativo, de modo

que, o nitrogênio amoniacal presente na silagem pode indicar que ocorreu fermentação por microrganismo de ação deletéria, se este valor for expressivo acima de 10% do nitrogênio total indicam que houve quebra demasiada da proteína em amônia e aminoácido (NEUMANN *et al.*, 2009). Segundo Oliveira *et al.* (2010), o teor de nitrogênio amoniacal é considerado um indicador de degradação da proteína.

As forragens com elevado teor de umidade podem apresentar perdas de MS superior a 10%, sendo que em matérias com teores de matéria seca acima de 30% essas perdas podem ser menos significativas; geralmente minerais, carboidratos solúveis e aminoácidos são os principais nutrientes drenados pelo efluente nas silagens (McDONALD *et al.*, 1991).

Em relação às perdas por gases Segundo Igarassi (2002) estão diretamente relacionada com o perfil de fermentação da silagem, de modo que as maiores perdas são provocadas por bactérias heterofermentativas, enterobactérias e bactérias do gênero clostrídium sp. responsáveis pelo tipo de fermentação butírica.

Quando a fermentação é via bactérias heterofermentativas, ocorrerá produção de gás carbônico (CO₂), álcool na forma de etanol e manitol, nessa condição as perdas por gases são maiores, principalmente se forragem apresentar baixo teor de matéria seca (McDONALD *et al.*, 1991).

O valor do pH em silagens tem sido utilizado como critério para inferir sobre a qualidade de fermentação, de modo que silagens de materiais que apresentem alto teor de MS normalmente estão associadas a elevados valores de pH, acima de 4,2, valor antes utilizado para qualificar uma silagem como de qualidade pobre (JOBIM *et al.*, 2007).

De acordo com McDonald *et al.* (1991) o ácido láctico é considerado o principal determinante do pH em silagens, de modo que é o principal ácido orgânico produzido, representando até 10% de MS na silagem, e sua produção depende da quantidade de carboidratos fermentáveis (PETTERSSON e LINDGREN, 1990).

No momento da abertura para a retirada do material a silagem é exposta ao ar novamente, em consequência ocorre à oxidação do substrato e a deterioração aeróbia. A capacidade da silagem em manter a estabilidade quando exposta ao oxigênio é um fator muito importante na determinação da

sua qualidade (JOBIM *et al.* 2007). Ainda de acordo com os autores os principais parâmetros que afetam a estabilidade depois da abertura são, a temperatura, teor de carboidratos solúveis, a concentração de fungos e leveduras e ácidos orgânicos em interação com o pH .

O'Kiely *et al.* (1999) relataram que a estabilidade aeróbia pode ser mensurada após a abertura do silo, de forma que a silagem exposta apresente elevação em 2°C em relação à temperatura ambiente.

2.2.1 Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*)

Tradicionalmente a colheita da cana-de-açúcar é realizada diariamente nos canaviais e fornecida fresca para os animais. No entanto para uma produção em grande escala que necessite de cortes diários, pode dificultar ou mesmo inviabiliza a utilização (LOPES e EVANGELISTA, 2010).

Nesta situação a produção de silagem pode ser uma alternativa para eliminar o trabalho oneroso e reduzir os gastos com mão de obra referente ao corte diário (SILVA *et al.*, 2008).

No entanto a ensilagem da cana-de-açúcar pode apresentar problemas relacionados às elevadas concentrações de etanol decorrente do alto teor de carboidratos solúveis, Freitas *et al.* (2006) encontraram valor médio de 41% MS, esse teor possibilita a proliferação de leveduras que podem modificar o padrão de fermentação da silagem.

A presença acentuada de leveduras epifíticas é o maior obstáculo para a conservação desta forrageira. Conforme Rooke e Hatfield (2003), a rota metabólica predominante das leveduras é a piruvato descarboxilase acetaldéido e por final a redução do acetaldéido a etanol.

Em relação ao teor de etanol foram encontrados valores entre de 8 a 17% da MS em cana-de-açúcar ensilada (PEDROSO *et al.*, 2005), o resultado desse tipo de fermentação pode ocasionar uma diminuição de 44 a 68% no teor carboidratos, e em consequência um aumento nos componentes da parede celular que reduz a digestibilidade da cana-de-açúcar .

De Sà Neto *et al.* (2013) ao analisarem a silagem de cana-de-açúcar encontraram valores médios para MS de 22,34%, PB 3,55%, FDN de 71,47% e FDA de 49,91% .

Valores referentes à composição química da silagem de cana-de-açúcar conforme descritos CQBAL 3.0 (VALADARES FILHO *et al.*, 2010): MS de 24,9%, FDN de 61,4%, FDA de 41,2%, PB de 3,0%, EE de 1,2%, CNF de 28,35% e LIG de 7,98%.

Amaral *et al.* (2009) ao avaliarem a estabilidade aeróbia na silagem de cana-de-açúcar, observaram quebra de estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar *in natura* após 33,7 horas de exposição ao ar, e relatam que a quebra da estabilidade antecipada da cana-de-açúcar *in natura* era esperada, visto o teor de carboidratos solúveis presente na forragem, o que possivelmente permitiu maior intensidade em um curto período nas atividades de leveduras e fungos filamentosos.

Rezende *et al.* (2011), analisaram as perdas fermentativas e estabilidade aeróbia da silagem de cana-de-açúcar encontraram valores para as perdas de MS 30,49%, perdas por efluente de 54,78 kg/t MV e 26,21(%MS) para perdas por gases na silagem de cana-de-açúcar sem aditivo.

2.2.2 Silagem da parte aérea de mandioca (*Manihot esculenta*)

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à classe Dicotyledoneae e a família Euphorbiaceae (CURCELLI *et al.*, 2008). É uma planta, cultivada no Brasil antes mesmo do período da colonização.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a mandioca é cultivada em mais de 100 países tropicais e subtropicais. Devido ao seu uso eficiente da água, nutrientes do solo, tolerância a seca e ataques de pragas, a mandioca consegue produzir em áreas com solos pobres e chuvas irregulares (FAO, 2012).

A parte aérea, que é a fração superior da planta encontrada acima do solo, é composta pelas folhas (10%) talos e pecíolos (40%) o que corresponde

a 50% do peso fresco total, representado a porção da planta mais enfolhada e consequentemente com maior teor proteico (BUITRAGO, 1990). Em relação à produção Fernandes *et al.* (2016) encontraram produtividade média da parte aérea de 5.949 kg. ha⁻¹ de MS. Normalmente a fração aérea da mandioca é perdida durante a colheita das raízes no campo (MODESTO *et al.*, 2009).

Para a produção de silagens é considerado preferencial o terço superior, por ser mais apropriado para ofertar aos animais, liberando dessa forma parte das hastes para um novo plantio (do NASCIMENTO *et al.*, 2008).

Nos tecidos da planta da mandioca encontram-se presentes glicosídeos cianogênicos, principalmente a linamarina e lotoaustralina (RANGEL *et al.*, 2008), o glicosídeo de natureza cianogênica possui efeito tóxico que em consequência da hidrólise ácida no trato digestivo ou a ação de enzimas endógenas (linamarase), transforma-se em ácido cianídrico (HCN), responsável pelo princípio tóxico que atua no animal e pode leva-lo óbito (SREEJA *et al.*, 2003; AMORIM *et al.*, 2006).

No entanto, durante o processo fermentativo da silagem há uma redução na concentração de HCN, segundo Carvalho *et al.* (1984), a ensilagem consegue reduzir em até 65% a toxicidade da parte aérea da mandioca, permitindo a sua utilização para alimentação de ruminantes, mesmo quando utilizadas variedades mais tóxicas.

Silva *et al.* (2010) avaliaram a qualidade fermentativa e a caracterização químico-bromatológica de silagens da parte aérea de mandioca e encontraram valores médios de MS 23,87%, MM 5,67%, PB 16,37%, FDN 34,42%, FDA de 29,18%, LIG 9,33%, CNF 44,56% e NDT 63,72%.

Os valores referentes à composição química da silagem da parte aérea da mandioca conforme descritos na tabela brasileira de composição de alimentos por Valadares Filho *et al.* (2006): MS 25,9%, PB 10,7%, FDN 50,57%, FDA 43,8% e EE 3,5%.

Em um estudo realizado por Mota *et al.* (2011) em que avaliaram o perfil de fermentação e perdas na ensilagem da parte aérea de mandioca encontram valores para as perdas de efluente de 11,89 %, e perdas de matéria seca por gases de 1,8 (%MS) e recuperação de matéria seca (RMS) após 56 dias de ensilagem de 99,08%.

2.2.3 Silagem de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq)

O capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), é uma gramínea da América tropical, considerada importante na formação de pastagens (DIAS e ALVES, 2008)

O *Panicum maximum* Jacq. é considerada uma das espécies mais importantes para a produção de bovinos nas regiões tropicais e subtropicais, além de ser a cultivar mais antiga introduzida no Brasil. Como suas características principais estão o seu valor nutritivo e alimentício, resposta positiva à adubação, além da alta produção de sementes (CORRÊIA e SANTOS 2003). A produtividade do capim colonião fica em torno de 8 a 13 toneladas de MS/ha/ano em 3 ou 4 cortes/ano (PEIXOTO *et al.*, 1995).

Em relação à ensilagem os principais fatores limitantes de forrageiras com baixos teores de MS e de carboidratos solúveis, são as perdas originárias da conversão secundária da matéria seca residual em ácidos orgânicos não desejáveis, além de nitrogênio não proteico, aminas e gases (VILELA, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2009). Forrageiras que possuem em sua composição teor de MS inferior à 21% e carboidratos solúveis menor que 2,2%, apresentam maiores riscos de fermentações secundárias (McDONALD *et al.*, 1991).

Estão descritos os valores referentes à composição química da silagem de capim colonião conforme a Valadares *et al.* (2001) são: MS de 29,32%, PB de 6,18%, EE de 4,51%, MM de 7,62 %, FDN de 73,13% e NDT de 49,91%.

Ávila *et al.*, (2009) avaliaram a estabilidade aeróbia de silagens de gramínea do gênero *Panicum*, observaram quebra da estabilidade aeróbia após 55 horas da abertura dos silos, os autores mencionaram que houve o crescimento de bactérias lácticas e de leveduras, e que os fungos filamentosos foram os principais microrganismos responsáveis pela perda de estabilidade da silagem.

2.3 Temperatura ambiente durante o armazenamento da silagem

A temperatura é considerada um fator decisivo durante o processo fermentativo devido à capacidade de afetar a qualidade final da silagem (McDONALD, *et al.*, 1966). Em estudos relacionados verificou-se que temperaturas ambientes mais elevadas resultaram não somente em menor produção de ácidos orgânicos, mas também em valores de pH mais elevados, mais carboidratos residuais e perdas de nutrientes, além de maior suscetibilidade a deterioração aeróbia, e em caso de temperaturas acima de 40 °C por um período prolongado, há a possibilidade de resultar em danos provocados pelo calor devido a reação de Maillard (WEINBERG *et al.* 2001; KIM e ADESOGAN, 2006). Na reação de Maillard, ocorre a complexação entre a carbonila do carboidrato com a amina livre do aminoácido ou proteína (McDonald *et al.*, 1991).

Fatores como temperatura e pH são capazes de alterar a atividade das enzimas nos vegetais e microrganismos, conseqüentemente, a velocidade das reações por elas catalisadas. As atividades de proteases em forragens podem ser aumentadas progressivamente com temperaturas elevadas na ensilagem, e provocar maior degradação de proteínas (WEINBERG *et al.*, 2001).

Estabelecer os gradientes térmicos, pelas alterações climáticas e pelas atividades biológicas, seria suficiente para induzir alterações nas condições físicas, químicas e biológicas no interior da massa ensilada (BIAGGIONI *et al.*, 2009).

A maioria das reações químicas aumenta a velocidade da reação com a elevação temperatura. As reações que dependem das ações enzimáticas, geralmente adotam esse padrão. No entanto temperaturas elevadas também podem provocar à inativação das enzimas e a destruição dos microrganismos (BIAGGIONI *et al.*, 2009).

Em um estudo realizado por McDonald *et al.* (1966) que avaliaram a silagem de milho foi possível observar que a temperatura ambiente mais elevada (42 °C) durante o período de armazenamento resultou em mudança na produção de ácido láctico durante a fermentação, o pH manteve-se mais elevado em comparação com silagens mantidas a uma temperatura ambiente

de 20 °C durante processo de fermentação, que resultou em maiores perdas. Foi observado também que o aumento da temperatura durante o armazenamento aumentou a proteólise e resultou em maiores concentrações de nitrogênio não proteico nas silagens.

Em relação á estabilidade aeróbia, esta também sofre influencia da temperatura ambiente, principalmente na face do silo que estará sempre sendo exposta. De acordo com Ashbell *et al.* (2002) é impossível controlar a temperatura das silagens sob as condições aeróbias que prevalecem durante a desabastecimento do silo, mas é importante saber a extensão do dano que a temperatura pode causar à silagem sob tais condições. Tal conhecimento pode conduzir a medidas práticas para a redução das perdas.

Os cuidados com a estabilidade aeróbia da silagem são importantes principalmente durante a época do verão por conta da atuação da temperatura elevadas durante a estabilidade do material. Maior intensidade de deterioração podem acontecer em temperatura de 30°C, que pode favorece ao desenvolvimento de fungos, maior produção de CO₂ e aumento do pH (ASHBELL *et al.*, 2002).

Koc *et al.* (2009) avaliaram o efeito da temperatura durante o armazenamento de silagens de milho e de ervilhaca, em ambientes com temperaturas de 20 , 30 e 37°C. Após 45 dias de ensilagem, as silagens foram submetidas a um teste de estabilidade aeróbia nos ambientes 20, 30 e 37°C. Foi observado que a deterioração mais intensa ocorreu nos ambientes com a temperaturas de 30-37°C após a abertura, as amostras apresentaram um maior número de leveduras e bolores, além de uma maior produção de CO₂.

Kim e Adesogan (2006) avaliaram a silagem de milho sob influencia das temperaturas de 20°C e 40°C e constataram que temperaturas mais elevadas resultaram não apenas em menor produção de ácidos orgânicos, mas também em elevados valores de pH, mais carboidratos solúveis residuais e perdas de nutrientes, além de maior susceptibilidade à deterioração aeróbia.

Williams *et al.* (1997) estudaram o efeito da temperatura em silagens produzidas em grandes quantidades em fazendas, relataram o quão era difícil se estudar o efeito de diferentes temperaturas em silos de grande escala, devido à dificuldade de se conseguir controlar a temperatura ambiente, sendo essa a razão pelo o qual caminho mais apropriado para estudar os efeitos da

temperatura ambiente sobre a silagem é através de incubação laboratoriais por meio de , silos de plástico, frascos de vidro ou recipientes de metal.

A conservação de forragem por meio da produção de silagem envolve processos complexos desde a colheita da forrageira até o fornecimento aos animais. Poucos estudos a respeito do efeito da temperatura ambiente durante o armazenamento de silagens foram realizados, então se faz necessário novos estudos, em consideração a importância de se conhecer o comportamento de parâmetros que possam interferir sobre a massa ensilada, como ferramenta útil para auxiliar na avaliação da qualidade operacional do processo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em consonância com a Lei 11.794/2008 que regulamenta os procedimentos para o uso científico de animais, com número de registro do processo: 23007.025695/2016-43.

A ensilagem foi realizada na Fazenda Experimental do Centro de Ciência Agrárias Ambientais e Biológica (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus Cruz das Almas - BA durante os meses de julho à agosto de 2016.

Foram utilizadas as seguintes forrageiras para a confecção das silagens: o terço superior da mandioca (*Manihot suculenta*) da variedade Salangor Preta aos 16 meses, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) com 18 meses e o capim-colonião (*Panicum maximum Jacq.*) com 4 meses após o plantio.

Para cada silagem foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5, correspondendo aos dois ambientes com temperaturas controladas (20°C e 33°C) e cinco dias de aberturas (1,7,14,21 e 40) dos silos após a ensilagem, com 4 repetições por tratamento, totalizando 40 unidades experimentais para cada forrageira para as avaliações do perfil fermentativo e composição bromatológica.

O modelo estatístico do delineamento:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + A_l + TA_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = valor da observado na unidade experimental que recebeu o nível i do fator T e nível l do fator A na repetição j

μ = média geral

T_i = efeito do nível i no fator temperatura

A_l = nível do efeito l no fator abertura

TA_{il} = efeito da interação entre os níveis i do fator temperatura e dos níveis l do fator abertura

ϵ_{ijkl} = efeito do erro experimental associado à parcela que recebeu o nível *i* do fator temperatura e o nível *l* do fator abertura, na repetição *j*.

Para os demais parâmetros foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, e as avaliações foram realizadas aos 40 dias após a ensilagem.

As temperaturas testadas durante os experimentos foram obtidas em ambientes controlados, no primeiro ambiente foram utilizados aparelhos de ar condicionado ligados à temperatura ambiente de 20°C ± 2°C. No segundo ambiente foram utilizadas lâmpadas refletoras infravermelhas incandescentes com 150 w de potência cada, para fornecerem calor ao ambiente e manter uma temperatura de 33°C ± 2°C. Foram realizados testes antes do experimento para verificar as variações da temperatura ao longo do dia nos respectivos ambientes. A verificação da temperatura ambiente durante o período experimental foi realizada com o auxílio de termômetro suspenso ao ar e também com o auxílio de termômetros imerso em água devido a menor variação da temperatura neste meio.

Posteriormente à colheita, as forragens foram conduzidas ao setor de forragicultura onde o material colhido foi picado em partículas de 1 cm e 2 cm utilizando um desintegrador estacionário. Em seguida foi realizada a homogeneização do material picado, e por seguinte acondicionado nos silos experimentais.

Foram utilizados silos experimentais confeccionados com canos de PVC, contendo tampas apropriadas para vedação, adaptados com válvula tipo *Bulsen*. No fundo de cada silo foi colocado 1 kg de areia seca, protegida com uma tela de polietileno, para evitar o contato da areia com a forragem, possibilitando desse modo quantificar a produção do efluente.

A compactação foi realizada manualmente, com auxílio de bastões de madeira, com o objetivo de se obter densidade de 600 kg/m³ conforme McDonald et al. (1991). Ao final da compactação, os silos experimentais foram fechados e vedados com fita adesiva para evitar a penetração do ar, em seguida, foram pesados e distribuídos conforme cada tratamento.

No momento da abertura, os silos foram pesados para avaliação das perdas por gases e matéria seca, depois da retirada do material do silo foi realizada a pesagem novamente do silo com área para a quantificação do efluente, posteriormente todo o material retirado foi homogeneizado em sacos

de plásticos, parte do material foi pesada e levada à estufa de ventilação forçada em sacos de papel, e outra quantidade significativa de forragem foi retirada, acondicionada em sacos plásticos e congelada em freezer a -20°C .

Para a avaliação do perfil fermentativo foram realizadas aberturas aos 1, 7, 14, 21 e 40 dias após o fechamento dos silos e em seguida realizada as análises de pH, N-NH₃ e ácidos orgânicos.

Para a determinação do pH foram utilizados os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002), em que após a abertura dos silos foram coletadas 9 g de silagem fresca, diluídas em 60 ml de água destilada, permanecendo em repouso durante 30 minutos e seguido de leitura diretamente com potenciômetro.

Para determinação do nitrogênio amoniacal foram pesados 12,5g de silagem fresca, adicionados 100 ml de solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,2 N, permanecendo em repouso durante 48h. Em seguida feita a filtração no material submetido à centrifugação, coletou-se o sobrenadante que posteriormente foi transferido para eppendorf, e levados em banho maria à 39°C por 15 minutos seguido da leitura em espectro com 630nm, conforme Chaney e Marbach (1962).

As análises para determinação dos ácidos orgânicos foram realizadas pelo laboratório da Embrapa de Coronel Pacheco de Minas Gerais, em que prensou-se aproximadamente 300 g de silagem; o extrato obtido foi filtrado em gaze hidrófila, e 5 ml do filtrado foram transferido para um frasco com tampa e acrescentou-se 1 ml de ácido metafosfórico a 20 % para a realização da leitura de HPCL. Foi utilizado o equipamento Waters alliance e2695 com Detector PAD 2998 (*Photodiode Array Detector*), e sistema de separação constituído de coluna de fase reversa C18 ODS 80A (150 x 4,6 mm x 5 μm). As condições de análise foram: Fase móvel isocrática constituída de 100% de solução aquosa ácida, ácido fosfórico, pH 2,25-2,55, temperatura do forno de $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$, volume de injeção de amostra de 10μ, corrida de 30 minutos e detector com comprimento de onda de excitação em 210nm. A quantificação foi obtida por curva de calibração, com uso de padrões externos.

Para a determinação da recuperação de matéria seca, foi utilizada a equação abaixo descritas conforme Jobim *et al.* (2007):

$$\text{RMS} = (\text{MFab} - \text{MSab}) / (\text{MFfe} \times \text{Msfe}) \times 100$$

Em que: RMS = índice de recuperação de matéria seca;

MFab = massa da forragem na abertura;

MSab = teor de MS na abertura;

MFfe = massa de forragem no fechamento;

Msfe = teor de MS da forragem no fechamento.

Perdas gasosas (%MS) e perdas por efluente (kg/t MV) foram calculadas conforme a equação proposta por Schmidt (2006):

$$G = [(\text{Pcen-pen}) \times \text{MSen}] - [(\text{PCab-pen}) \times \text{MSab}] \times 100 / [(\text{Pcen-pen}) \times \text{MSen}]$$

G = Perdas por gases em % da MS;

PCen = Peso do silo cheio na ensilagem (kg);

Pen = Peso do conjunto (silo+tampa+areia+tela) na ensilagem (kg);

MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%);

PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg);

MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

$$E = (\text{Pab} - \text{Pen}) \times 1000 / (\text{MVfe})$$

E: produção de efluentes (kg/ t de massa verde);

Pab: Peso do conjunto (silo+ areia+ tela) na abertura (Kg);

Pen: Peso do conjunto (silo+ areia+ tela) na ensilagem (Kg);

MVfe: Massa verde de forragem ensilada (Kg).

As amostras de forragens coletadas foram identificadas, pesadas em sacos de papel com furos e levadas para a estufa a 60°C durante 72h, após esse período as amostras foram retiradas da estufa, esperou-se até que as amostras estivessem em equilíbrio com a temperatura ambiente e em seguida foram pesadas conforme as técnicas descrita por Detmann *et al.* (2012). A porção destinada para avaliação bromatológica foi trituradas em moinho de

facas tipo *Willey* com peneira de malha de 1mm enquanto a fração destinada para a avaliação da degradabilidade *in situ* foi triturada a 2mm conforme as técnicas descrita por Detmann *et al.* (2012).

Foram realizadas análises bromatológicas para determinação dos teores de matéria seca - método INCT-CA G-003/1, matéria orgânica - método INCT-CA M-001/1, extrato etéreo - método INCT-CA G-004/1 e nitrogênio total (N) – método INCT-CA N-001/1, conforme técnicas descritas por Detmann *et al.* (2012), e o teor de proteína bruta foi obtido multiplicando-se o teor de N pelo fator 6,25.

Para as análises da fibra insolúvel em detergente neutro foi utilizado o método INCT-CA F-002/1 e da lignina método INCT-CA F-005/1, conforme técnicas descritas por Detmann *et al.* (2012). As correções da FDN para cinzas e proteína foram realizadas de acordo com Mertens *et al.* (2002) e Licitra *et al.*, (1996), descrito por Detmann *et al.* (2012), (PIDN – método INCT-CA N-004/1; PIDA – método INCT-CA N 005/1; CIDN – método INCT-CA M-002/1; CIDA – método INCT- CA M-003/1).

Os carboidratos não fibrosos foram calculados segundo a equação descrita por Detmann *et al.* (2010) citada abaixo:

$$\text{CNF} = 100 - (\% \text{FDNcp} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

Em que: FDNcp – corresponde a fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteínas; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; MM - materia mineral.

Encontram-se na Tabela 1 os valores referentes a composição bromatológica das forrageiras antes da ensilagem.

Tabela 1: Composição química da cana-de-açúcar, do capim colônião e do terço superior da mandioca.

| Item (g.kg ⁻¹) | Cana-de-açúcar | Capim colônião | Terço superior da mandioca |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------------------|
| MS (g.kg ⁻¹ MN) | 240,4 | 246,3 | 283,0 |
| MO | 959,8 | 958,5 | 969,4 |
| EE | 16,30 | 15,90 | 30,70 |
| FDNcp | 627,5 | 716,9 | 480,6 |
| PB | 38,20 | 42,20 | 201,4 |
| LIG | 111,9 | 123,5 | 83,40 |
| HEMI | 174,2 | 230,1 | 171,1 |
| CEL | 341,4 | 363,3 | 226,1 |
| CNF | 277,8 | 183,5 | 256,7 |

MS- matéria seca, MO- matéria orgânica, EE – extrato etéreo, FDNcp – fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, PB – proteína bruta, LIG- lignina, HEMI – hemicelulose, CEL- celulose, CNF- carboidratos não fibrosos.

A estabilidade aeróbia foi avaliada após 40 dias da ensilagem, os silos foram abertos e expostos novamente ao ar para a penetração do oxigênio na massa ensilada. Os parâmetros utilizados durante a avaliação da estabilidade aeróbia consistiram no aumento da temperatura em 2°C da silagem em relação a temperatura do ambiente após a abertura dos silos (Moran *et al.*, 1996), o tempo necessário para elevação da temperatura em 2°C em relação à temperatura ambiente, o tempo para chegar a temperatura máxima, além da temperatura máxima e a média da temperatura acumuladas nas silagens expostas ao ar de 0 a 5 dias, conforme proposto por O’Kiely *et al.* (1999). A temperatura das silagens foi mensurada com auxílio de termômetros digitais tipo espeto inseridos à 10 cm no centro da massa ensilada, enquanto que a temperatura ambiente foi verificada por termômetro suspenso ao ar e também por termômetro imerso em água, considerando o fato de o meio aquoso ser menos sensível a variações térmicas.

Para avaliação da degradabilidade da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) das silagens foi utilizada a técnica *in situ* por meio de sacos de TNT, conforme Ørskov e McDonald (1979). Os sacos de TNT com dimensão de 5 x 5 cm, foram utilizados para incubação no rúmen. Foi pesado um grama de amostras pré-seca em cada saco, em seguida foram lacrados em uma seladora, colocados em sacos de tecido sintético poroso (filó) e presos em uma corrente de ferro durante todo o período de incubação.

Para a incubação foram utilizados 4 bovinos mestiços, com idade média de 6 anos e 450 kg de peso vivo, com fístula no rúmen. Durante o período de

incubação os animais foram mantidos em pastagem com *Brachiaria decumbens* e água *ad libitum*.

Foram utilizados os seguintes tempos de incubação: 3, 6, 12, 18, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 240 e 312 horas segundo a metodologia proposta por Valente *et al.* (2011). Todos os sacos foram colocados simultaneamente e removidos de acordo com os tempos. Após a retirada dos sacos, estes foram lavados em água corrente e levados para a estufa com ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas.

Após a pré-secagem os sacos foram secos em estufa a 105°C por 2 horas e depois pesados, para obtenção da MS não degradada. Foi determinada também a FDN não degradada, segundo método INCT-CA F-002/1, descrito por Detmann *et al.* (2012). A percentagem de degradação da MS e FDN, em cada tempo, foram calculadas pela proporção de alimento que permaneceu nos sacos após a incubação no rúmen. Os parâmetros para a curva de degradação foram obtidos utilizando-se a equação descrita por Orskov e McDonald (1979).

$$a + b * (1 - e^{-c*t})$$

Sendo; a - fração de MS que é prontamente solúvel; b - fração de MS potencialmente degradável; c - taxa constante de degradabilidade da fração b; e t = tempo de incubação.

A fração da fibra em detergente neutro degradada no tempo (R) e a fração digestível (DP) foram calculadas utilizando-se o modelo de Mertens e Loften (1980):

$$R = B * e^{-ct} + I$$

$$DP = R - I$$

Em que, I- fração indegradável, B – fração potencialmente degradável, c – taxa constante de degradabilidade da fração B, t – tempo de incubação.

Fez-se à padronização de frações, segundo a preposição de Waldo *et al.* (1972), seguindo as seguintes equações:

$$BP = \frac{B}{B + I} * 100$$

$$IP = 100 - (BP)$$

Em que, BP- fração potencialmente degradável padronizada; IP- fração indegradável padronizada; B – fração potencialmente degradável; I- fração indegradável.

A degradabilidade efetiva da matéria seca (DE) no rúmen foi calculada usando a seguinte equação de Orskov e McDonald (1979):

$$DE = a + \frac{b * c}{c + k}$$

Em que, a - fração solúvel da MS; b- fração potencialmente degradável; c- taxa constante de degradabilidade da fração b; k - taxa estimada de passagem dos sólidos no rúmen.

Para a degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro utilizou-se o modelo Waldo *et al.* (1972):

$$DE = BP * \frac{c}{c + k}$$

Em que BP – fração potencialmente degradável padronizada, c = taxa de degradação; k= taxa estimada de passagem dos sólidos no rúmen.

A degradabilidade efetiva da MS e FDN foram estimadas para cada tratamento levando-se em conta a taxa de passagem de sólidos no rúmen de 2, 5 e 8%/h (ARC, 1984).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), como de maneira geral não houve interação entre os fatores temperatura * abertura em nenhum dos experimentos, considerando todas as variáveis analisadas, dessa forma cada tratamento foi avaliado de forma isolada. Para os fatores quantitativos foi realizada análise de regressão polinomial, enquanto que para os fatores qualitativos foi realizada a comparação de médias utilizando o teste de F a 5% de probabilidade. Os parâmetros da curva de degradação da MS e do FDN (a, b e c), foram submetidas ao ajuste pelos respectivos modelos

utilizando-se o procedimento *nls* (*Nonlinear Least Squares*). Foi utilizado o programa estatístico R versão 3.3.3.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a Figura 1 nota-se que o pH da silagem de capim colônia comportou-se de forma quadrática, conforme os tempos de abertura, com valor mínimo obtido para o pH de 3,55 aos 29 dias após a ensilagem. O comportamento semelhante foi observado para a silagem do terço superior da mandioca que também apresentou efeito quadrático do pH, com menor valor para o pH de 3,8 aos 30 dias após a confecção da silagem (Figura 1) para os dias de abertura. Do mesmo modo, foi observado comportamento quadrático para a silagem de cana-de-açúcar sobre o valor do pH, com valor mínimo observado de 3,41 encontrado aos 30 dias após o fechamento dos silos (Figura 1).

Considerando o valor de pH (Tabela 2) para o fator temperatura, constatou-se que não houve diferença para as silagens de capim colônia armazenadas em temperatura ambiente de 20°C e 33°C, assim como para a silagem de cana-de-açúcar. No entanto para a silagens da do terço superior da mandioca, foi observada maior valor de pH 4,07 para a silagem armazenada em ambiente com temperatura de 33 °C (Tabela 2). Porém os valores de pH encontrados nesse estudo para todas as silagens apresentaram valores baixo (3,8 á 4,2) utilizados para classificar uma silagem como de boa qualidade.

O indicado é que ocorra uma redução rápida do pH, que é fundamental para garantir a obtenção de uma silagem de boa qualidade quando o teor de matéria seca for baixo (Jobim *et al.*, 2007).

McDonald *et al.* (1991) relatam que antes do décimo dia de armazenamento ocorre a estabilização do pH, quando se trabalha com matérias que apresentam baixos teores de MS e proteína bruta. O que não foi observado nesse trabalho de modo que após esse período é possível notar que houve alterações nessa variável até o ultimo dia de armazenamento. Tal fato pode estar relacionado com alterações nos produtos finais de fermentação, que mesmo após o período de 21 a 30 dias, considerado suficiente para o processo de fermentação, ainda assim surgem atividades microbianas que permanecem mesmo quando o pH é baixo (BOLSEN *et al.*, 1992). Diferentemente do gênero

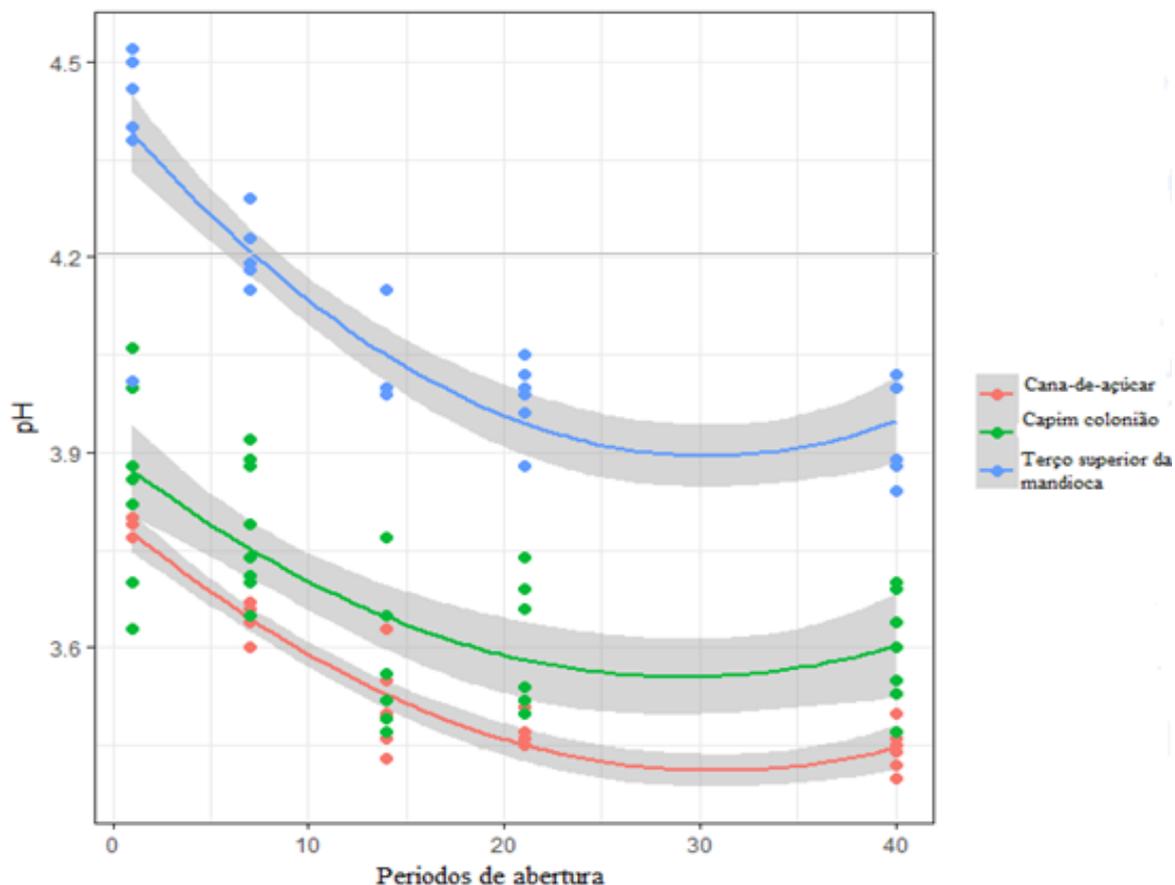
Clostridium, Ao avaliar a Figura 1 nota-se que o pH da silagem de capim colômbio comportou-se de forma quadrática, conforme os tempos de abertura, com valor mínimo obtido para o pH de 3,55 aos 29 dias após a ensilagem. O comportamento semelhante foi observado para a silagem do terço superior da mandioca que também apresentou efeito quadrático do pH, com menor valor para o pH de 3,8 aos 30 dias após a confecção da silagem (Figura 1) para os dias de abertura. Do mesmo modo, foi observado comportamento quadrático para a silagem de cana-de-açúcar sobre o valor do pH, com valor mínimo observado de 3,41 encontrado aos 30 dias após o fechamento dos silos (Figura 1).

Considerando o valor de pH (Tabela 2) para o fator temperatura, constatou-se que não houve diferença para as silagens de capim colômbio armazenadas em temperatura ambiente de 20°C e 33°C, assim como para a silagem de cana-de-açúcar. No entanto para a silagem do terço superior da mandioca, foi observada maior valor de pH 4,07 para a silagem armazenada em ambiente com temperatura de 33 °C (Tabela 2). Porém os valores de pH encontrados nesse estudo para todas as silagens apresentaram valores abaixo de 3,8-4,2 utilizados para classificar uma silagem como de boa qualidade.

O indicado é que ocorra uma redução rápida do pH, que é fundamental para garantir a obtenção de uma silagem de boa qualidade quando o teor de matéria seca for baixo (Jobim *et al.*, 2007).

McDonald *et al.*(1991) relatam que antes do décimo dia de armazenamento ocorre a estabilização do pH, quando se trabalha com matérias que apresentam baixos teores de MS e proteína bruta. O que não foi observado nesse trabalho de modo que após esse período é possível notar que houve alterações nessa variável até o último dia de armazenamento. Tal fato pode estar relacionado com alterações nos produtos finais de fermentação, que mesmo após o período de 21 a 30 dias, considerado suficiente para o processo de fermentação, ainda assim surgem atividades microbianas que permanecem mesmo quando o pH é baixo (BOLSEN *et al.*, 1992). Diferentemente do gênero *Clostridium*, as enterobactérias conseguem atuar em baixos pH e prosperar sob condições quente e úmida, promovendo também a proteólise (Woolford,1984).

Figura 1: Variação do pH das silagens de capim colonião, cana-de-açúcar e terço superior da mandioca de acordo com os dias de abertura.



$\hat{Y}=3,8955 - 0,02335883X + 0,0004006X^2 R^2 (0,58)$ capim colonião; $\hat{Y}=3,8021 - 0,0253401X + 0,00041039X^2 R^2 (0,88)$ cana-de-açúcar; $\hat{Y}= 4,4252- 0,03490824X + 0,0005789X^2 R^2 (0,79)$ silagem do terço superior da mandioca.

Não houve efeito dos dias de abertura sobre os percentuais de N-NH₃ das silagens de capim colonião, do terço superior da mandioca e da cana-de-açúcar (Tabela 2). No entanto foi constatado efeito de temperatura sobre os percentuais de nitrogênio amoniacal para as silagens de capim colonião, em que o maior valor foi encontrado para a silagem armazenada a 33°C. Para a silagem do terço superior da mandioca, também foi observado maior concentração de N-NH₃ para a silagem armazenada em temperaturas de 33°C (Tabela 2). E assim o mesmo comportamento foi observado para a silagem de cana-de-açúcar em que o ambiente com temperatura de 33°C apresentou maior concentração em relação à silagem de cana-de-açúcar em ambiente com 20°C.

A diferença nas concentrações de N-NH₃ encontradas para todas as silagens armazenadas em temperatura de 33°C é um indicativo de que houve

aumento na atividade de proteólise em função da maior temperatura durante o armazenamento. A taxa de proteólise aumenta com a temperatura, presumivelmente porque a temperatura estimula enzimas proteolíticas e bacterianas presente na forragem. (Muck e Dickerson, 1988). Uma vez que a taxa de atividade do metabolismo bacteriano é geralmente aumentada com a temperatura mais elevada (McDonald *et al.*, 1966).

Embora se tenha observado diferença nas concentrações de N-NH₃ das silagens mantidas nas diferentes temperaturas, os valores de nitrogênio amoniacal encontrados neste estudo foram inferior á 10% do nitrogênio total o que permite classificar essas silagens como de boa qualidade, de acordo com McDonald *et al.* (1991). Pois os baixos valores de nitrogênio amoniacal encontrado nas silagens indicam baixa degradação dos compostos proteicos pelas enzimas proteolíticas que são secretadas, especialmente, pelas bactérias do gênero *Clostridium* conforme Mota *et al.*, (2011).

Em relação às concentrações do ácido láctico verificou-se resposta linear para as silagens: capim colônia ($\hat{Y} = 1,3498326 + 0,5683819X$; R² 0,82), silagem do terço superior da mandioca ($\hat{Y} = 0,9110038 + 1,3293870 X$; R² 0,91) e a silagem de cana-de-açúcar ($\hat{Y} = 3,04006 + 0,49108X$; R² 0,92) conforme os dias de abertura. Este resultado pode ser explicado devido a maior produção do ácido láctico ocorrer na fase de fermentação, período em que ocorre o crescimento ativo das bactérias produtoras de ácido láctico.

Nesse estudo os valores encontrados para a silagem de capim colônia foram inferiores aos preconizados 4% a 7% MS por Kung e Ranjit (2001) para uma silagem de boa qualidade, no entanto os percentuais encontrados para as silagens do terço superior da mandioca e as silagens de cana-de-açúcar atendem o valor preconizado.

Observam-se, na (Tabela 2), que os percentuais de ácido láctico foram maiores para as silagens de capim colônia, e também para a silagem do terço superior da mandioca armazenadas em menor temperatura (20°C), em relação à silagem em ambiente a 33°C. Porém não foi observado diferença nas concentrações do ácido láctico das silagens de cana-de-açúcar.

Para o ácido acético houve diferença para os dias de abertura e foi observado comportamento linear nas silagens de capim colônia ($\hat{Y} = 0,23539497 + 0,04885181X$; R² 0,81) estimando-se incrementos de 0,04 % de

ácido acético para cada dia de abertura, para a silagem do terço superior da mandioca ($\hat{Y} = 0,11836 + 0,116642X$; $R^2 0,89$) com incrementos de 0,11% de ácido acético por dia de abertura e a silagem de cana-de-açúcar que também se observou efeito linear para a concentração de ácido acético ($\hat{Y} = 0,4468110 + 0,1857106X$; $R^2 0,96$).

Com relação aos teores médios do ácido acético para as silagens armazenadas nas diferentes temperaturas não foi verificada diferença nas silagens de capim colonião, e na silagem do terço superior da mandioca para as diferentes temperaturas de armazenamento. No entanto para a silagem de cana-de-açúcar foi verificado maior valor para a silagem armazenada em temperatura de 33°C.

A maior produção de ácido acético nas silagens de cana-de-açúcar armazenadas a 33°C pode indicar que a maior temperatura propiciou alteração na atuação das enterobactérias, responsáveis pela maior produção desse ácido durante o processo fermentativo (McDonald *et al.*, 1991). Mas de maneira geral, os valores médios de ácido obtidos estão dentro dos padrões de uma silagem produzida adequadamente, que devem estar no intervalo de 1 a 3% MS, conforme preconizado por KUNG e RANJIT (2001).

Observou-se aumento linear para ácido propiônico conforme os dias de abertura para as silagens de capim colonião ($\hat{Y} = -0,02057911 + 0,04268734X$; $R^2 0,76$), silagem do terço superior ($\hat{Y} = 0,05161887 + 0,11668626X$; $R^2 0,92$), assim como para a silagem de cana-de-açúcar ($\hat{Y} = 0,09293764 + 0,07820849X$; $R^2 0,87$). Não foi verificada diferença na concentração desse ácido para nenhuma das silagens de ambas as forrageiras mantidas em diferente temperatura.

Não foi identificada presença de ácido butírico nas silagens desse estudo. McDonald *et al.* (1991), relataram a presença do ácido butírico em concentrações iguais ou superiores a 0,1% é um indicativo de que houve fermentação indesejável durante a ensilagem.

Tabela 2: Perfil fermentativo da silagem de capim colômbio, parte aérea de mandioca e cana-de-açúcar armazenadas em temperaturas de 20°C e 33°C em diferentes períodos de abertura.

| Item | Dias de abertura | | | | | EPM | Interação ¹ A x T | Período de abertura P-valor | | Temperatura | | P-valor ⁴ |
|---------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------|-------|----------------------|
| | 1 | 7 | 14 | 21 | 40 | | | L ² | Q ³ | 20 | 33 | |
| Silagem de capim colômbio | | | | | | | | | | | | |
| pH | 3,85 | 3,58 | 3,69 | 3,71 | 3,66 | 0,03 | 0,1245 | 0,000 | 0,000 | 3,66 | 3,7 | 0,1603 |
| N-NH ₃ (% NT) | 1,87 | 1,79 | 1,94 | 1,84 | 2,09 | 0,09 | 0,2356 | 0,654 | 0,578 | 1,60 | 2,18 | 0,0001 |
| Ácido láctico %MS | 1,40 | 2,91 | 3,40 | 3,69 | 3,85 | 0,12 | 0,6189 | 0,000 | 0,001 | 3,12 | 2,98 | 0,0160 |
| Ácido acético | 0,243 | 0,379 | 0,410 | 0,430 | 0,497 | 0,019 | 0,1068 | 0,000 | 0,005 | 0,375 | 0,398 | 0,432 |
| Ácido propiônico | 0,048 | 0,066 | 0,070 | 0,114 | 0,238 | 0,011 | 0,1877 | 0,003 | 0,009 | 0,104 | 0,110 | 0,0841 |
| Silagem do terço superior da mandioca | | | | | | | | | | | | |
| pH | 4,26 | 3,98 | 4,18 | 4,12 | 3,99 | 0,04 | 0,8820 | 0,000 | 0,000 | 4,07 | 4,13 | 0,037 |
| N-NH ₃ (% NT) | 2,63 | 2,60 | 2,87 | 2,58 | 3,01 | 0,18 | 0,3601 | 0,345 | 0,0653 | 2,09 | 3,39 | 0,000 |
| Ácido láctico %MS | 0,98 | 1,43 | 2,109 | 5,00 | 5,851 | 0,441 | 0,0583 | 0,011 | 0,000 | 3,107 | 3,04 | 0,009 |
| Ácido acético | 0,118 | 0,247 | 0,400 | 0,502 | 0,537 | 0,032 | 0,861 | 0,000 | 0,000 | 0,352 | 0,376 | 0,119 |
| Ácido propiônico | 0,072 | 0,148 | 0,331 | 0,419 | 0,520 | 0,039 | 0,945 | 0,0205 | 0,0394 | 0,294 | 0,310 | 0,157 |
| Silagem de cana-de-açúcar | | | | | | | | | | | | |
| pH | 3,70 | 3,50 | 3,60 | 3,58 | 3,40 | 0,03 | 0,2817 | 0,000 | 0,000 | 3,57 | 3,56 | 0,9560 |
| N-NH ₃ (% NT) | 1,14 | 1,40 | 1,44 | 1,58 | 1,58 | 0,08 | 0,5860 | 0,073 | 0,0654 | 1,26 | 1,59 | 0,0453 |
| Ácido láctico %MS | 3,487 | 3,965 | 4,674 | 5,025 | 5,413 | 0,16 | 0,178 | 0,000 | 0,000 | 4,53 | 4,42 | 0,611 |
| Ácido acético | 0,651 | 0,816 | 1,017 | 1,093 | 1,441 | 0,064 | 0,185 | 0,000 | 0,000 | 0,951 | 1,05 | 0,0187 |
| Ácido propiônico | 0,184 | 0,203 | 0,362 | 0,419 | 0,467 | 0,026 | 0,157 | 0,007 | 0,032 | 0,318 | 0,329 | 0,781 |

PH- potencial hidrogênio; NH₃ - Nitrogênio amoniacal. Interação¹; A x T- abertura x temperatura; L²- linear, Q³- quadrático; P-valor⁴ - para do fator temperatura.

O índice de recuperação de matéria seca, perda por gases e as perdas por efluentes da silagem de capim colonião foram semelhantes entre as temperaturas de armazenamento (20°C e 33°C) aos 40 dias após a ensilagem (Tabela 3).

Para a silagem do terço superior da mandioca houve diferença para os índices de recuperação de matéria seca encontrados nas silagens em diferentes temperaturas (20°C e 33°C) de armazenamento, com valores observados de 97,40% para a silagens armazenadas em ambiente com temperatura de 20°C e 94,20% para a silagens armazenadas em temperatura a 33°C (Tabela 3).

Quanto à perda por gases para silagem da parte aérea de mandioca, houve efeito significativo das diferentes temperaturas (20°C e 33°C) testadas durante o armazenamento da silagem (Tabela 3), foi observado maior valor, 2,48 % para a silagem da parte aérea de mandioca armazenada em ambiente com temperatura de 33°C, em relação à silagem armazenada a temperatura de 20°C. Dessa forma é possível inferir que a maior temperatura ocasionou maior atividade respiratória inicial promovendo maior perda de MS por gases. A produção de gases durante o processo fermentativo é proveniente da transformação da proteína e dos carboidratos pelos microrganismos em ácidos orgânicos, água, CO₂ e ATP.

A principal fonte de calor produzida durante a ensilagem surge da respiração aeróbia com apenas uma contribuição relativamente menor durante a fermentação anaeróbia. O aumento temperatura que ocorre na massa da silagem depende da extensão e taxa de respiração, o grau de isolamento do silo e o calor específico da massa ensilada (WEINBERG *et al.*, 2001).

As perdas por gases para a silagem do terço superior da mandioca armazenadas em ambiente com temperatura controladas de apresentaram uma perda por gases considerados baixa, de acordo com os níveis relatados por Pupo (2002), em que as perdas gasosas podem atingir de 2 a 5% da matéria seca inicial.

Para as perdas por efluentes da silagem do terço superior da mandioca também houve influência das temperaturas testadas durante o armazenamento, observou-se valor superior 7,20 kg/t MV para a silagem armazenada em temperatura de 33°C em relação à silagem armazenada em

temperatura de 20°C com valor de 6,12 kg/t MV (Tabela 3). O que pode indicar que houve alteração na membrana celular da planta, e resultou maiores perdas de conteúdos celulares devido a maior temperatura durante o armazenamento.

Não foram observados efeitos das temperaturas de armazenamento sobre o índice de recuperação de matéria seca e perda por gases para silagem de cana-de-açúcar conforme os dados apresentados na Tabela 6 aos 40 dias após a ensilagem.

Por outro lado o efeito significativo das temperaturas de 20 e 33°C sobre a perda por efluente foi identificado para a silagem de cana-de-açúcar, de forma que, a silagem armazenada em temperatura de 33°C apresentou produção 11,76% superior em relação a temperatura de 20° (Tabela 3). A temperatura mais elevada pode ter alterado a integridade estrutural das células da planta juntamente com capacidade em reter água, resultando na à ruptura do conteúdo celular. Além de poder favorecer a atividade de respiração da planta e crescimento microrganismos que produzem água e contribuem para a maior produção de efluentes.

Tabela 3: Recuperação de matéria seca (RMS %), perda por gases (%MS), perda por efluente (kg/t MV), da silagem de capim colonião, terço superior da mandioca e cana-de-açúcar, armazenadas em diferentes temperaturas 20°C e 33°C aos 40 dias após a ensilagem.

| Variáveis | Silagem de capim colonião | | EPM ¹ | P-valor |
|---------------------------------------|---------------------------|-------|------------------|---------|
| | 20°C | 33°C | | |
| RMS(%MS) | 88,26 | 87,1 | 0,53 | 0,1364 |
| PG (%MS) | 2,13 | 2,39 | 0,28 | 0,5330 |
| PE(kg/tMV) | 27,1 | 29,50 | 0,41 | 0,1563 |
| Silagem do terço superior da mandioca | | | | |
| RMS(%MS) | 97,40 | 94,2 | 0,77 | 0,0266 |
| PG (%MS) | 1,74 | 2,48 | 0,17 | 0,0165 |
| PE(kg/tMV) | 6,12 | 7,20 | 0,32 | 0,0440 |
| Silagem de cana-de-açúcar | | | | |
| PMS(%MS) | 83,4 | 82,5 | 0,47 | 0,3918 |
| PG (%MS) | 3,82 | 4,32 | 0,85 | 0,4470 |
| PE (kg/tMV) | 28,9 | 32,3 | 0,27 | 0,0468 |

RMS - Recuperação de matéria seca, PG – perdas por gases, PE – perdas por efluente. *Médias seguidas de letra diferente na linha diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade. EPM¹ – erro-padrão da média.

Ao analisar o efeito das temperaturas de 20 e 33°C sobre a silagem de capim colômbio, observou-se que não houve diferença para os dias de aberturas sobre os teores de matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, lignina e carboidratos não fibrosos (Tabela 4).

Por outro lado, o efeito significativo ($P < 0,05$) da temperatura durante o armazenamento, foi verificado para a proteína bruta da silagem de capim colômbio, de forma que a silagem armazenada em temperatura de 20°C apresentou teor de PB superior em relação à silagem mantida a 33°C Tabela 4. Este fato pode estar relacionado com a capacidade da maior temperatura do ambiente de 33°C em aumentar a taxa de atividade da protease em detrimento do aumento da temperatura no interior do silo alterando a fração nitrogenada durante a fermentação.

Segundo Weinberg *et al.*, (2001) as atividades de proteases em forragens podem ser aumentadas progressivamente com temperaturas elevadas, provocando uma maior degradação de proteínas e diminuição do teor de PB.

Os teores de EE diminuíram em função das diferentes períodos de abertura ($Y = 1,5286120 - 0,0053421X$; $R^2 0,59$), em que a cada dia de abertura ocorreu decréscimo de 0,005% de EE (Tabela 4). O que pode estar relacionado com a perda de energia pela produção de gases durante o processo de fermentação.

Tabela 4: Composição bromatológica das silagens de capim colômbio, em diferentes temperaturas de armazenamento.

| g.kg ⁻¹ MS | | Períodos de abertura | | | | | Interação ¹ | | Período de abertura P -valor | | Temperatura | | P-valor ⁴ |
|-----------------------|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|--------|---------------------------------|----------------|-------------|-------|----------------------|
| | | 1 | 7 | 14 | 21 | 40 | EPM | A x T | L ² | Q ³ | 20 | 33 | |
| MS | g.kg ⁻¹ | 205,9 | 205,0 | 203,2 | 200,3 | 205,0 | 0,13 | 0,1134 | 0,054 | 0,432 | 205,3 | 203,2 | 0,2285 |
| MN | | | | | | | | | | | | | |
| MO | | 959,8 | 958,6 | 959,7 | 958,1 | 959,7 | 0,04 | 0,8137 | 0,213 | 0,456 | 959,0 | 958,4 | 0,4368 |
| PB | | 34,92 | 33,78 | 34,69 | 33,87 | 34,67 | 0,06 | 0,2590 | 0,156 | 0,243 | 34,29 | 33,40 | 0,0169 |
| EE | | 17,31 | 16,50 | 17,13 | 15,49 | 14,70 | 0,03 | 0,1081 | 0,000 | 0,007 | 15,87 | 16,47 | 0,286 |
| FDNcp | | 706,6 | 706,0 | 702,8 | 705,0 | 714,6 | 0,38 | 0,5594 | 0,342 | 0,435 | 703,4 | 710,6 | 0,2129 |
| LIG | | 111,1 | 108,5 | 115,9 | 114,1 | 113,5 | 0,15 | 0,6655 | 0,456 | 0,127 | 11,04 | 11,48 | 0,0537 |
| HEMI | | 237,6 | 242,4 | 261,6 | 275,0 | 259,9 | 0,66 | 0,9438 | 0,743 | 0,453 | 250,9 | 259,7 | 0,3479 |
| CEL | | 355,2 | 355,0 | 325,3 | 315,8 | 342,3 | 0,61 | 0,666 | 0,055 | 0,0756 | 337,5 | 339,9 | 0,770 |
| CNF | | 200,9 | 202,3 | 205,8 | 204,7 | 195,7 | 0,38 | 0,4807 | 0,074 | 0,0643 | 204,3 | 197,8 | 0,2459 |

MS - matéria seca, MO - matéria orgânica, PB- proteína bruta EE- extrato etéreo, FDN – fibra em detergente neutro, LIG- lignina, HEMI – hemicelulose, CEL – celulose, CNF- carboidratos não fibrosos HEMI – hemicelulose. Interação¹: A x T- abertura x temperatura, L- linear, Q- quadrático. P-valor⁴ – para o fator temperatura.

Em relação à silagem da parte aérea de mandioca os teores de MS não apresentaram diferenças ($P>0,05$) entre os materiais armazenados em ambientes com temperatura controlada (Tabela 5). Em média, as silagens da parte aérea de mandioca apresentaram percentual de matéria seca inferior ao valor de referência (28-35%), no entanto, ficaram próximos aos teores desejados para uma silagem com fermentação adequada. Teores satisfatórios de MS são importantes por inibirem ou reduzirem a atividade do gênero *Clostridium*, permitindo dessa forma a maior atuação de bactérias produtoras do ácido lático (McDonald *et al.*, 1991).

Com relação ao teor de matéria orgânica foi observada diferença significativa para as silagens da parte aérea de mandioca, com valor superior para a silagem armazenada em ambiente com temperatura de 33°C e menor para silagem armazenada a 20°C (Tabela 5). Teores maiores de MO para silagens armazenadas a 33°C pode ser explicado pela combinação das perdas de matéria orgânica por fermentação e oxidação, além das perdas de minerais por meio do efluente produzido.

Para os níveis de PB obtidos não foi observada diferença na silagem da parte aérea de mandioca armazenadas nas diferentes temperaturas (Tabela 5). O fato do conteúdo de matéria seca da silagem do terço superior da mandioca, estar próximo ao valor considerado ideal pode ter contribuído para esse resultado, de modo que os principais fatores responsáveis pela alteração no teor de N durante a ensilagem são o nível de umidade da forragem, pH e temperatura (MUCK, 1988).

Para os teores de EE, FDN, lignina, CNF, CEL e HEMI da silagem da parte aérea de mandioca não foi verificado efeito significativo para os dias de abertura, assim como para as diferentes temperaturas (20 e 33°C) de armazenamento (Tabela 5).

Tabela 5: Composição bromatológica das silagens do terço superior da mandioca, em diferentes temperaturas de armazenamento.

| g.kg ⁻¹ MS | | Períodos de abertura | | | | | Interação ¹ | | Período de abertura P-valor | | Temperatura | | P-valor ⁴ |
|-----------------------|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|--------|--------------------------------|----------------|-------------|-------|----------------------|
| | | 1 | 7 | 14 | 21 | 40 | EPM | A x T | L ² | Q ³ | 20 | 33 | |
| MS | g.kg ⁻¹ | 270,3 | 272,4 | 272,0 | 273,5 | 275,8 | 0,10 | 0,0680 | 0,1250 | 0,0674 | 273,9 | 271,8 | 0,1228 |
| MN | | | | | | | | | | | | | |
| MO | | 968,9 | 968,8 | 969,3 | 968,0 | 969,0 | 0,03 | 0,6271 | 0,3260 | 0,2124 | 968,0 | 969,6 | 0,0061 |
| PB | | 195,4 | 194,5 | 190,1 | 194,7 | 194,9 | 0,19 | 0,9880 | 0,4562 | 0,4230 | 195,8 | 192,1 | 0,2199 |
| EE | | 33,78 | 34,13 | 35,81 | 34,80 | 37,37 | 0,07 | 0,3913 | 0,5431 | 0,2831 | 34,42 | 35,93 | 0,1484 |
| FDN | | 480,2 | 490,7 | 500,4 | 491,9 | 487,3 | 0,31 | 0,6316 | 0,0656 | 0,1536 | 490,8 | 489,3 | 0,7213 |
| LIG | | 83,83 | 84,22 | 83,63 | 82,34 | 83,29 | 0,05 | 0,6271 | 0,6012 | 0,4567 | 83,41 | 83,51 | 0,8892 |
| HEMI | | 164,8 | 166,4 | 154,7 | 171,4 | 168,1 | 0,54 | 0,7083 | 0,3214 | 0,3217 | 167,5 | 162,6 | 0,5555 |
| CEL | | 231,5 | 140,0 | 262,0 | 238,0 | 235,9 | 0,51 | 0,6933 | 0,0641 | 0,0715 | 239,9 | 243,1 | 0,6473 |
| CNF | | 259,4 | 249,4 | 242,9 | 246,5 | 249,4 | 0,37 | 0,8533 | 0,7650 | 0,2134 | 246,9 | 252,2 | 0,3462 |

MS - matéria seca, MO - matéria orgânica, PB- proteína bruta EE- extrato etéreo, FDN – fibra em detergente neutro, LIG- lignina, HEMI – hemicelulose, CEL – celulose, CNF- carboidratos não fibrosos HEMI – hemicelulose. Interação¹: A x T- abertura x temperatura, L- linear, Q- quadrático. P-valor⁴ – para do fator temperatura.

Os valores referentes à composição bromatológica da silagem de cana-de-açúcar para matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, lignina, hemicelulose, celulose e carboidratos não fibrosos não apresentaram diferenças para os dias de abertura, para as diferentes temperaturas 20 e 33°C (Tabela 6) e também não houve interação entre esses fatores. A não diferença na composição bromatológica da cana-de-açúcar pode estar relacionado com o tempo necessário para o processo de fermentação, que devido ao seu elevado teor de carboidratos solúveis pode favorecer ao rápido período de estabilização.

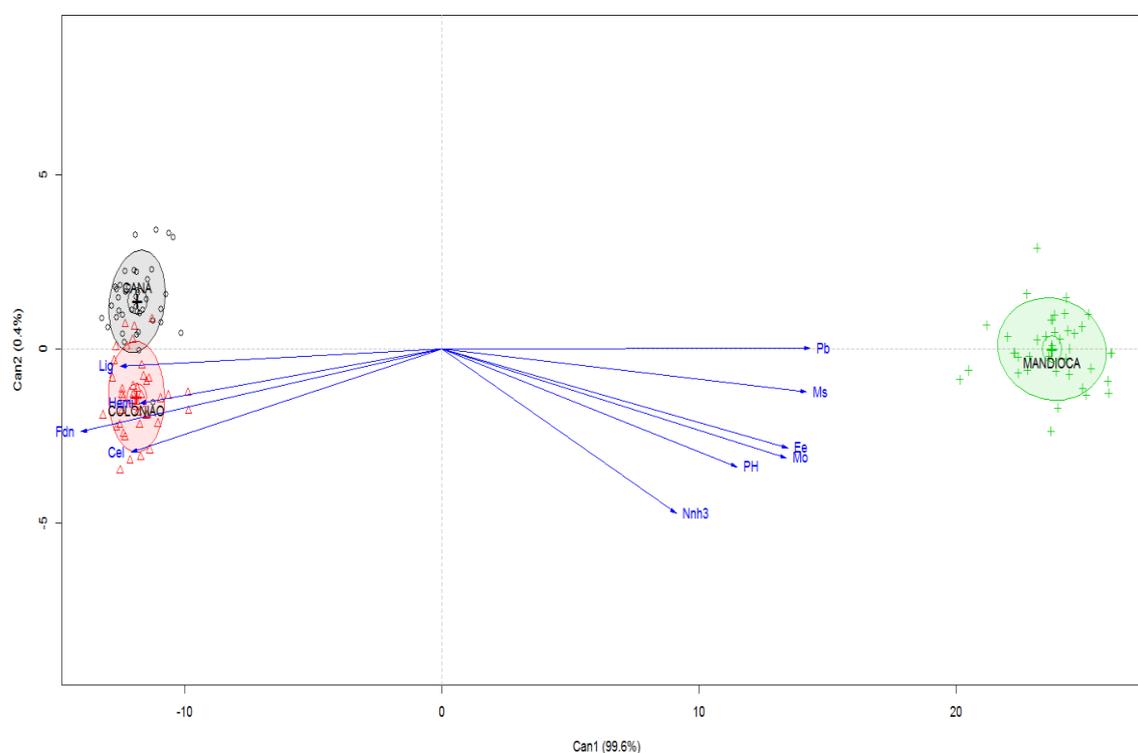
Tabela 6: Composição bromatológica das silagens de cana-de-açúcar, em diferentes temperaturas de armazenamento.

| Item | Períodos de abertura | | | | | EPM | Interação ¹ A x T | Período de abertura P-valor | | Temperatura | | P-valor ⁴ | |
|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------|--------|----------------------|---------|
| | 1 | 7 | 14 | 21 | 40 | | | L ² | Q ³ | 20 | 33 | | |
| g.kg ⁻¹ MS | | | | | | | | | | | | | |
| MS MN) | (g.kg ⁻¹) | 201,1 | 197,3 | 198,7 | 195,9 | 201,5 | 0,09 | 0,5814 | 0,0672 | 0,1256 | 199,1 | 198,7 | 0,7716 |
| MO | | 957,0 | 956,1 | 956,1 | 956,2 | 956,8 | 0,03 | 0,1452 | 0,0986 | 0,0654 | 956,69 | 956,2 | 0,3486 |
| PB | | 36,10 | 34,46 | 33,70 | 33,70 | 35,67 | 0,05 | 0,1191 | 0,3267 | 0,1743 | 34,93 | 34,59 | 0,6047 |
| EE | | 14,61 | 12,00 | 11,42 | 11,71 | 12,08 | 0,09 | 0,6418 | 0,3267 | 0,3678 | 11,72 | 13,01 | 0,3784 |
| FDN | | 665,7 | 688,8 | 679,5 | 670,4 | 681,5 | 0,42 | 0,9766 | 0,8534 | 0,8765 | 673,2 | 681,2 | 0,1888 |
| LIG | | 110,2 | 110,8 | 115,2 | 110,2 | 111,8 | 0,25 | 0,3989 | 0,3124 | 0,3451 | 109,4 | 113,8 | 0,2387 |
| HEMI | | 229,9 | 266,7 | 237,7 | 236,9 | 256,2 | 0,69 | 0,5113 | 0,5120 | 0,3214 | 241,4 | 249,5 | 0,3908 |
| CEL | | 325,5 | 311,2 | 326,6 | 323,3 | 313,4 | 0,58 | 0,0517 | 0,0643 | 0,0765 | 322,2 | 317,7 | 0,5783 |
| CNF | | 240,5 | 220,6 | 231,4 | 240,2 | 227,5 | 0,43 | 0,9679 | 0,2456 | 0,4561 | 236,8 | 227,3 | 0,13066 |

MS - matéria seca, MO - matéria orgânica, PB- proteína bruta EE- extrato etéreo, FDN - fibra em detergente neutro, LIG- lignina, HEMI -hemicelulose, CEL - celulose, CNF- carboidratos não fibrosos HEMI - hemicelulose. Interação¹: A x T - abertura x temperatura, L- linear, Q- quadrático. P-valor⁴ – para do fator temperatura.

A composição bromatológica das silagens foi avaliada isoladamente, pois o principal objetivo seria avaliar os efeitos das diferentes temperaturas durante o armazenamento. Entretanto ao analisar o efeito conjunto das variáveis com as forrageiras por meio da análise discriminante canônica e do teste estatístico multivariado de Lambda de Wilks, verificou-se que existe diferença significativa da composição bromatológica entre as forrageiras avaliadas ($p < 0,05$), e a primeira componente canônica (dimensão 1) já explica 99,6 % (Figura 2). O efeito conjunto das variáveis permitiu identificar diferenças significativas entre as forrageiras, não encontrando diferenças significativas as gramíneas entre cana-de-açúcar e capim colômbio, sendo que essas duas forrageiras apresentaram maiores valores para as variáveis *LIG*, *HEMI*, *CEL* e *FDN* em comparação com a forrageira mandioca (Figura 2). Por outro lado, as variáveis *LIG*, *HEMI*, *FDN* e *CEL* apresentam correlações negativas altas com as demais variáveis (*PB*, *MS*, *pH*, *N-NH₃*, *MO* e *EE*), considerando o componente canônico discriminante (Figura 2).

Figura 2: Análise discriminativa canônica das silagens de capim colômbio, terço superior de mandioca e cana-de-açúcar.



Houve diferença ($P < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados durante a estabilidade aeróbia da silagem de capim colonião, exposta em diferentes temperaturas 33°C e 20°C (Tabela 7) aos 40 dias após a ensilagem.

Para a silagem do terço superior da mandioca comportamento semelhante foi observado, de forma que as silagens exposta em temperaturas de 33°C permaneceram menos tempo estável. O maior valor para a temperatura máxima foi observada para a silagem do terço superior da mandioca exposta em ambiente com 33°C (Tabela 7). Também foi observado menor tempo para que a silagem atingisse temperatura máxima no ambiente com 33°C, além de maior temperatura média acumulada, em comparação com a temperatura de 20°C.

A temperatura da silagem de cana-de-açúcar foi 2°C superior à temperatura ambiente com temperatura de 20°C às 48 horas após abertura dos silos (Tabela 7), no entanto, as silagens exposta em ambiente com temperatura de 33°C não conseguiram se manter estável durante esse período e perderam a estabilidade com 24 horas após a abertura do silo (Tabela 7). Também foi observado menor tempo para que a silagens atingisse temperatura máxima, no ambiente com 33°C, além de maior média acumulada em relação ao ambiente com menor temperatura 20°C (Tabela 7).

Os resultados desse estudo indicam que a temperatura teve um efeito significativo sobre a estabilidade aeróbia das silagens. O que pode ser explicado pelo fato da maior temperaturas (33°C) ter favorecido o desenvolvimento de microrganismos, principalmente fungos e leveduras, que propiciaram a elevação da temperatura ocasionada pelos processos de respiração e assimilação das substâncias orgânicas realizadas por esses microrganismos. As leveduras mais especificamente são muito ativas na fase inicial de exposição da silagem ao ar e utilizam açúcares residuais como substrato e produzem CO₂, de acordo Kim e Adesogan, (2006) a temperatura ambiente no momento de exposição afeta fortemente a sua atividade.

A estabilidade das silagens na presença de oxigênio é um fator muito importante na determinação da qualidade e valor final da silagem, e entre os principais fatores que influenciam a estabilidade aeróbia da silagem estão a temperatura e a disponibilidade de substratos (Ashbeil *et al.*, 2002).

Tabela 7: Estabilidade aeróbia das silagens de capim colônião, parte aérea de mandioca e cana-de-açúcar após 40 dias de ensilagem.

| Variáveis | Silagem de capim colônião | | EPM ¹ | P-valor |
|---------------------------------------|---------------------------|-------|------------------|---------|
| | 20°C | 33°C | | |
| Tempo para elevação 2°C (h) | 72 | 48 | 0,48 | <0,0001 |
| Temperatura máxima °C (h) | 24 | 39 | 0,58 | <0,0001 |
| Tempo p/ temperatura máx h | 84 | 54 | 0,36 | <0,0001 |
| Σ média diária (0-5 dias) (h) | 18,5 | 26,6 | 0,54 | <0,0001 |
| Silagem do terço superior da mandioca | | | | |
| Tempo para elevação 2°C (h) | 120 | 72 | 0,34 | <0,0001 |
| Temperatura máxima °C (h) | 24 | 37 | 0,32 | <0,0001 |
| Tempo p/ temperatura máx (h) | <120 | 96 | 0,71 | <0,0001 |
| Σ média diária (0-5 dias) (h) | 14,75 | 20,25 | 0,23 | <0,0001 |
| Silagem de cana-de-açúcar | | | | |
| Tempo para elevação 2°C (h) | 48 | 24 | 0,57 | <0,0001 |
| Temperatura máxima °C (h) | 27 | 41 | 0,74 | <0,0001 |
| Tempo p/ temperatura máx (h) | 60 | 36 | 0,73 | <0,0001 |
| Σ média diária (0-5 dias) (h) | 20,5 | 29,75 | 0,79 | <0,0001 |

EPM¹ erro-padrão da média.

Ao avaliar as silagens produzidas com capim colônião verificou-se diferença na fração solúvel da MS ($P>0,05$) com maiores estimativas obtidas para a silagem armazenada em ambiente com temperatura de 20°C, em relação a fração insolúvel potencialmente degradável (b) foi maior para 33°C (Tabela 8). Este comportamento é explicado devido a maior temperatura de armazenamento estar relacionada com a redução da porção solúvel como a PB devido a maior concentração de nitrogênio amoniacal nessa silagem. Visto que a fração “a” da matéria seca representa a porção do alimento que está prontamente disponível para os microrganismos ruminal.

As diferenças encontradas para as taxas de degradação da matéria seca c (MS), que permanece no rúmen após o tempo zero, foram semelhantes para as ambas as silagens. Os valores da taxa de degradação obtidos no presente estudo (0,016 a 0,020%.h⁻¹) para silagens mantidas em ambientes com temperatura de 20°C e 33°C respectivamente (Tabela 8).

As estimativas para a fração indegradável também foram semelhante para a MS e FDN, nesta fração estão presentes compostos resistentes à ação

dos microrganismos e também indisponíveis aos ruminantes: proteínas ligadas à lignina, complexos tânico-proteicos, produtos de Maillard, entre outros (Sniffen et al., 1992).

Quanto à DE da MS, as silagens de capim coloniã armazenadas em diferentes temperaturas apresentaram degradabilidades semelhantes entre si (Tabela 8).

Maiores estimativas da fração insolúvel potencialmente degradável da FDN ($P < 0,05$) foram verificadas com o uso da temperatura de 20°C, 54,17% em relação à 48,23% para a silagem mantida em temperaturas mais elevada. Outro fator que influencia na fração insolúvel potencialmente degradável da fibra e que também pode justificar a menor degradação da fração insolúvel ter sido a disponibilidade de compostos nitrogenados para crescimento microbiano, visto que a silagem armazenada em ambiente com 33°C apresentou menor percentual em decorrência do aumento na taxa de proteólise provocado pela maior temperatura.

Ao longo dos tempos de incubação, foi possível observar que a silagem de capim coloniã armazenada em ambientes com temperatura de 33°C apresentou menor taxa de degradação de MS em relação à silagem armazenada à 20°C (Tabela 8). A menor DP ocorreu em função da menor quantidade de fração solúvel observada visto que o teor de PB foi inferior, nesse contexto fatores como composição química da silagem, o tipo de fermentação podem contribuir para diferentes taxas de degradação ruminal.

É possível observar que a estabilização da degradabilidade da MS das silagens, o que evidencia que as silagens já atingiram potencial de degradabilidade máxima após as 200 horas, (Figura 3).

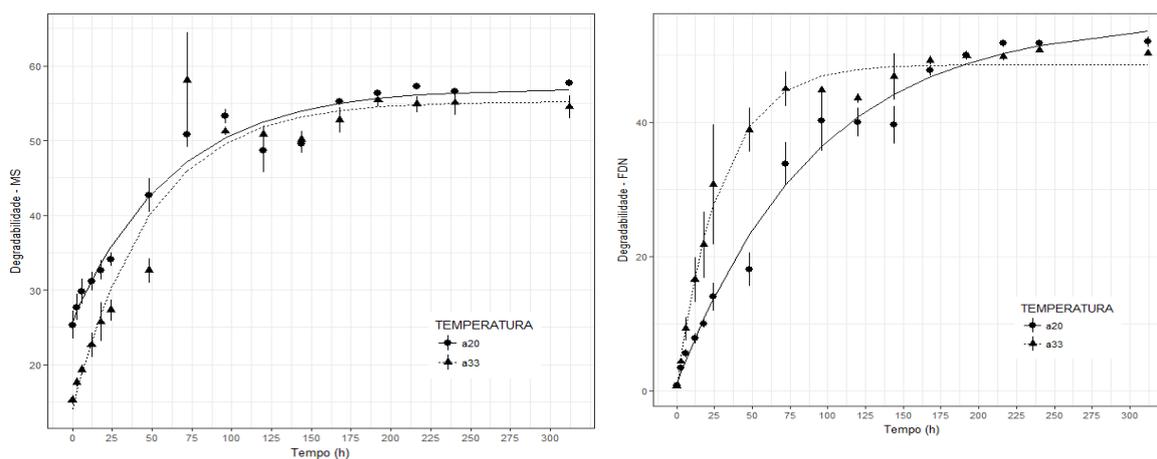
Ao longo dos tempos de incubação, foi observada que nas 175 primeiras horas a silagem armazenada em ambiente com temperatura de 33°C apresentou maior desaparecimento, no entanto após as 200 horas a silagem armazenada em ambiente com temperatura de 20°C passou a ter maior degradabilidade potencial conforme a (Figura 3).

Tabela 8: Parâmetros da degradabilidade ruminal da matéria seca da silagem de capim colônião

| Variáveis | Silagem de Capim colônião | | EPM ¹ | P-valor |
|---|---------------------------|--------|------------------|----------|
| | 20°C | 33°C | | |
| Parâmetros para a degradabilidade da MS | | | | |
| A (g.kg ⁻¹) | 257,1 | 139,7 | 1,266 | < 0,0001 |
| B (g.kg ⁻¹) | 313,0 | 413,1 | 1,493 | < 0,0001 |
| c (/h) | 0,016 | 0,020 | 0,002 | < 0,0001 |
| DP (g.kg ⁻¹) | 560,0 | 554,4 | 0,87 | |
| l (g.kg ⁻¹) | 440,0 | 445,6 | 0,56 | |
| 2 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 263,1 | 260,1 | 0,87 | |
| 5 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 148,4 | 139,9 | 0,36 | |
| 8 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 103,6 | 100,6 | 0,74 | |
| Parâmetros para a degradabilidade da FDN | | | | |
| B (g.kg ⁻¹) | 541,74 | 482,35 | 1,79 | < 0,0001 |
| c (/h) | 0,011 | 0,001 | 0,67 | < 0,0001 |
| DP (g.kg ⁻¹) | 481,6 | 469,0 | 0,45 | |
| l (g.kg ⁻¹) | 510,0 | 513,0 | 0,56 | |
| DE 2 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 255,4 | 263,1 | 0,67 | |
| DE 5 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 134,9 | 150,3 | 0,34 | |
| DE 8 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 93,10 | 105,2 | 0,45 | |

A- fração solúvel; B- fração potencialmente degradável da matéria seca que permanece após o tempo zero; l- é a fração indegradável; c- taxa de degradação da matéria seca que permanece após o tempo zero; DP - degradabilidade potencial; degradabilidades efetivas considerando a taxa de passagem de 2, 5 e 8%.h⁻¹ respectivamente.

Figura 3: Curva de degradação da MS e fibra em detergente neutro da silagem de capim colônião, com intervalo de confiança 95%.



Em relação à silagem do terço superior da mandioca armazenadas em diferentes temperaturas proporcionam estimativas semelhantes para todos os parâmetros da degradabilidade da matéria seca (MS) e a fibra em detergente neutro (Tabela 9).

Conforme o resultado da análise de variância, verificou-se que as silagens do terço superior da mandioca armazenada nos diferentes ambiente não apresentaram comportamento semelhante sobre os parâmetros ruminais da MS e FDN para a fração prontamente solúvel (A), fração insolúvel potencial fermentável (B) e taxa de degradação (c) e demais parâmetros (Tabela 9) .

Para a degradabilidade potencial é possível observar que ao longo dos tempos de incubação, que as 200 primeiras horas a silagem apresentou estabilidade no desaparecimento da MS (Figura 3.2).

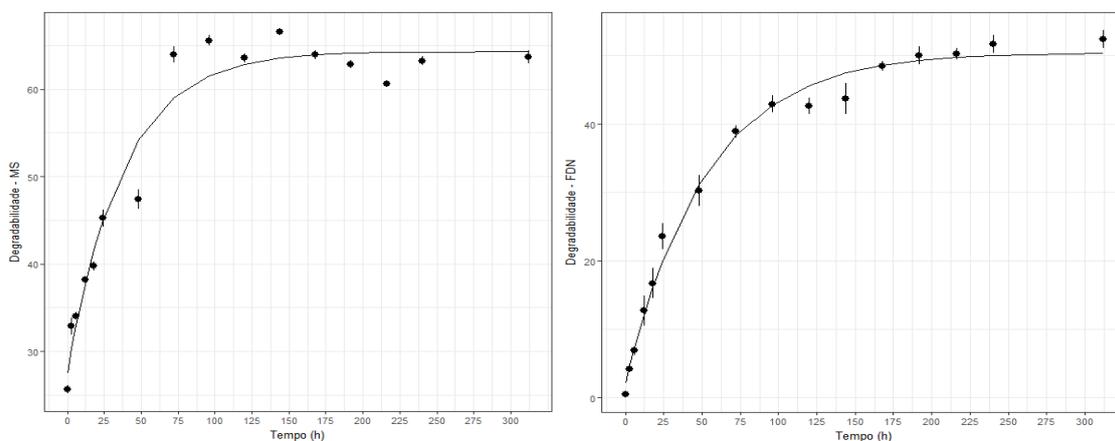
Quanto ao parâmetro degradabilidade potencial estimado para a fibra em detergente neutro não foi verificada diferença na taxa de degradação para as silagens do terço superior da mandioca armazenada em diferentes temperaturas, apresentando assim o mesmo comportamento, observa-se que a taxa de degradação estabiliza após as 150 primeiras horas (Figura 3.2).

Tabela 9: Parâmetros da degradabilidade ruminal da matéria seca da e fibra em detergente para a silagem do terço superior da mandioca.

| Variáveis | Silagem do terço superior da mandioca | | EPM ¹ | P-valor ¹ | P-valor ² |
|--|--|-------|------------------|----------------------|----------------------|
| | MS | FDN | | | |
| A (g.kg ⁻¹) | 27,48 | | 1,086 | 0,432 | |
| B (g.kg ⁻¹) | 36,89 | 36,93 | 0,773 | < 2e-16 | < 2e-16 |
| c (/h) | 0,026 | 0,019 | 0,008 | < 2e-16 | < 2e-16 |
| DP (g.kg ⁻¹) | 673,8 | 484,6 | 0,45 | | |
| I (g.kg ⁻¹) | 32,62 | 515,4 | 0,69 | | |
| 2 (g.kg ⁻¹ h ⁻¹) | 416,8 | 201,8 | 0,82 | | |
| 5 (g.kg ⁻¹ .h ¹) | 313,1 | 121,9 | 0,65 | | |
| 8 (g.kg ⁻¹ . h) | 286,5 | 90,3 | 0,69 | | |

A- fração solúve ; B- fração potencialmente degradável da matéria seca que permanece após o tempo zero; I- é a fração indegradável; c- taxa de degradação da matéria seca que permanece após o tempo zero; DP - degradabilidade potencial; degradabilidades efetivas considerando a taxa de passagem de 2, 5 e 8%.h⁻¹ respectivamente, P-valor¹- MS ,P-valor²- FDN.

Figura 3.2: Degradabilidade potencial da MS e FDN da silagem do terço superior da mandioca.



Com relação à silagem de cana-de-açúcar também apresentaram semelhança nas estimativas para os valores das frações a, b e c para as silagens nas diferentes temperaturas de armazenamento (Tabela 10), possivelmente porque as temperaturas de armazenamento não provocaram nenhuma alteração significativa na composição bromatológica dessa silagem (Tabela 10), desta forma a sua degradabilidade também não foi alterada. Em relação aos demais parâmetros também não foi observada distinção entre as silagens armazenadas nas diferentes temperaturas.

Tabela 10: Parâmetros da degradabilidade ruminal da matéria seca da e fibra em detergente para a silagem de cana-de-açúcar.

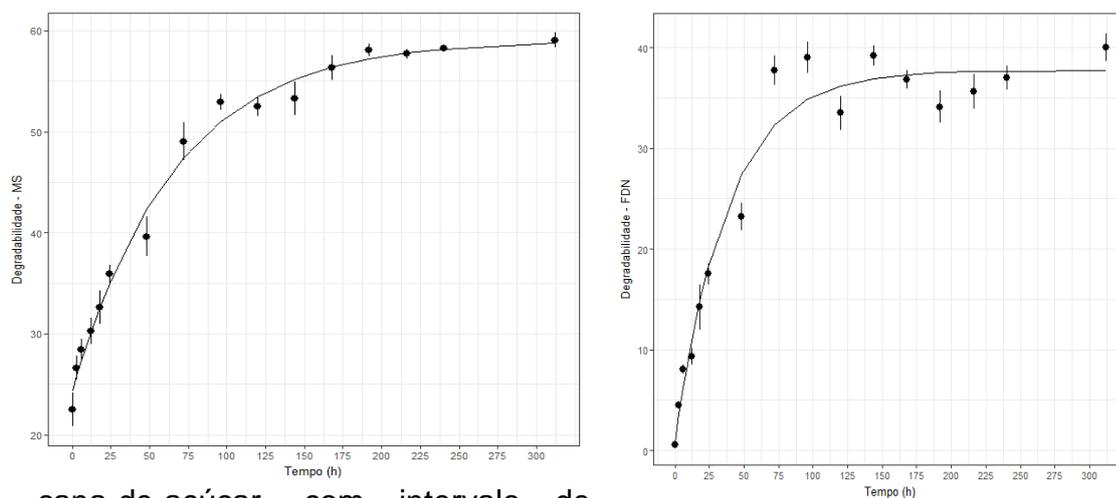
| Variáveis | Silagem de cana-de-açúcar | | EPM ¹ | P-valor ¹ | P-valor ² |
|--|---------------------------|-------|------------------|----------------------|----------------------|
| | MS | FDN | | | |
| A (g.kg ⁻¹) | 24,312 | | 0,906 | < 2e-16 | 0,020 |
| B (g.kg ⁻¹) | 34,75 | 48,46 | 1,027 | < 2e-16 | < 2e-16 |
| c (/h) | 0,015 | 0,019 | 0,001 | < 2e-16 | < 2e-16 |
| DP (g.kg ⁻¹) | 58,17 | 40,56 | 0,45 | | |
| I (g.kg ⁻¹) | 41,83 | 59,44 | 0,69 | | |
| 2 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 42,86 | 25,54 | 0,82 | | |
| 5 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 28,21 | 13,99 | 0,65 | | |
| 8 (g.kg ⁻¹ .h ⁻¹) | 24,24 | 10,36 | 0,69 | | |

A- é a porcentagem máxima de degradação da matéria seca; B- fração potencialmente degradável da matéria seca que permanece após o tempo zero; I- é a fração indegradável; c- taxa de degradação da matéria seca que permanece após o tempo zero; DP - degradabilidade potencial; degradabilidades efetivas considerando a taxa de passagem de 2, 5 e 8%.h⁻¹ respectivamente. P-valor 1- MS,P-valor2- FDN.

Observa-se que com o aumento do tempo de permanência do material no rúmen, aumenta o desaparecimento da MS. O gráfico mostra que após as

225 h, o produto atingiu seu potencial máximo de degradação (Figura 3.4). Em relação ao desaparecimento da fibra em detergente neutro, comportamento semelhante foi observado para a silagem de cana-de-açúcar em que a taxa de degradação estabiliza após as 225 primeiras horas (Figura 3.4).

Figura 3.4: Curva de degradabilidade potencial da MS e FDN da silagem de



cana-de-açúcar, com intervalo de confiança 95%.

De acordo com o que foi observado nos resultados do presente trabalho a influência da temperatura afetou a qualidade final da silagem das três forrageiras testadas. Em condições de temperatura mais elevadas, cuidado especial deve ser tomado durante todo o período de armazenamento da silagem.

5 CONCLUSÃO

A temperatura de 20°C é mais adequada para a conservação das silagens de capim colonião, terço superior da mandioca e cana-de-açúcar durante o armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, M.; CONE, J. W.; KHAN, N. A.; HENDRIKS, W. H.; STRUIK, P. C. 2015. Effect of temperature and duration of ensiling on in vitro degradation of maize silages in rumen fluid. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 99:251-257.
- AMARAL, R. C. D.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L. G.; MENDES, C. Q.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L. 2009. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38: 1413-1421.
- AMORIM, S. D.; MEDEIROS, R. D.; RIET-CORREA, F. 2006. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**16: 17-26.
- ARC – Agricultural Research Council. 1984. The nutrient requirements of ruminant livestock. Suppl. 1. Commonw. Agric. Bur., Wallingford, England.
- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G.; HEN, Y.; FILYA, I. 2002. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology** 28: 261-263.
- ÁVILA, S.C. L.; PINTO, J. C.; FIGUEIREDO, H. C. P.; DE MORAIS, A. R.; PEREIRA, O. G.; SCHWAN, R. F. 2009. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38: 779-787.
- BIAGGIONI, M. A. M.; CASTRO LOPES, A. B.; JASPER, S. P.; BERTO, D. A.; GONÇALVES, E. V. 2009. Qualidade da silagem de grão úmido em função da temperatura ambiente e pressão interna de armazenagem. **Acta Scientiarum. Agronomy** 31: 377-382.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E. 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science** 75: 3066-3083.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. 2010. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. **Journal of Dairy Science** 93: 2620-2629
- BUITRAGO, A. J. A. 1990. La yuca un la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- CARVALHO, J.L.H.; PERIM, S.; COSTA, I.R. 1984. Parte aérea de mandioca na alimentação animal: valor nutritivo e qualidade da silagem. **EMBRAPA – CPAC** . comunicado técnico 29:5.
- CHALUPA, W.; EVANS, J.L.; STILLIONS, M.C. 1964. Influence of ethanol on rumen fermentation and nitrogen metabolism. **Journal of Animal Science** 23: 802-807.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry** 8: 130-137.
- CORRÊA, L.A.; SANTOS, P.M. 2003. Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon*. **Embrapa Pecuária Sudeste**. Documento 34: 36- 21. .
- CQBAL 2.0 – 2001. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos – Viçosa:UFV; DZO; DPI.
- CURCELLI, F.; BICUDO, S. J.; DE ABREU, M. L.; AGUIAR, E. B.; BRACHTVOGEL, E. L. 2008. Uso da mandioca como fonte na dieta de ruminantes domésticos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais** 4: 66-80.
- DE SÁ NETO, A.; NUSSIO, L. G.; ZOPOLLATTO, M.; JUNGES, D.; BISPO, Á. W. 2013. Silagem de milho ou de cana-de-açúcar com *Lactobacillus buchneri* exclusivamente ou em associação com *L. plantarum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 5: 528-535.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; AZEVEDO, J. A. G. 2012. Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco, Suprema, Minas Gerais, Brasil.

- DIAS, M. C. L. L.; ALVES, S. J. 2008. Avaliação da viabilidade de sementes de *Panicum maximum* Jacq pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes** 30: 152-158.
- DO NASCIMENTO R., A. H.; DE PAULA L.; F., BRAGA, A. P.; PINHEIRO, M. J. P.; DE LIMA JÚNIOR, D. M. 2008. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes **Revista Verde** 33:80-89.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C; M. F. PAULINO M. F.2010.Prediction of the energy value of cattle diets based on chemical composition of the feeds. **Nutrient requirements of zebu beef cattle BR-Corte 2** : 45-60.
- EVANGELISTA, A.F.; BORGES, L.S.; DA SILVA, A.N. F.; VOGADO, W.F.; MARQUES, K.A. 2016. Características de produção e crescimento de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. **Nutritime Revista Eletrônica** 13: 1983-9006.
- FERNANDES, F. D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. D. F. AND MALAQUIAS, J. V. 2016. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 17: 1-12.
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.I. 2006. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35: 38-47.
- FAUSTINO, J. O.; DOS SANTOS, G. T.; MODESTO, E. C.; DA SILVA, D. C.; JOBIM, C. C., SAKAGUTI, E. S.; ZAMBOM, M. A. 2003. Efeito da ensilagem do terço superior da rama de mandioca triturada ou inteira e dos tempos de armazenamento. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, 25: 403-410.
- IGARASI, M. S. 2002. Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf. Acessado em 07.04.201.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36:101-119.
- KIM S. C.; ADESOGAN A T. 2006. Influence of ensiling temperature, simulated rainfall, and delayed sealing on fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, 89:3122-3132.
- KOC, F.; COSKUNTUNA, L.; OZDUVEN, M. L.; COSKUNTUNA, A.; SAMLI, H. E. 2009. The effects of temperature on the silage microbiology and aerobic stability of corn and vetch-grain silages. **Acta Agriculturae Scand Section A**, 59: 239-246.
- KÖPPEN, W. 1931. Grundriss der klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter, 390.
- KUNG JUNIOR L. 2011. Silage temperatures: how hot is too hot? Newark, DE: Dairy Research, Teaching and Extension. University of Delaware. disponível em: <http://canr.udel.edu/anfs/dairy-science-research-teaching-and-extension/dairy-extension-resources/>. Acessado em: 07/04/2017.
- KUNG JR, L.; RANJIT, N.K. 2001.The effect of lactobacillus buchneri and other additives on the a fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science** 84:1149-1155.
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A. R. 2010. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39: 984-991.
- MARTINS S. 1. F. S.; JONGEN W. M. F.; VAN BOEKEL M. A. J. S. 2000. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. **Trends in Food Science & Technology** 11: 364-373.
- MCDONALD, P.; HENDERSON A.R.; WHITTENBURY R. 1966. The effect of temperature on ensilage. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 17: 476-480.

- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. 1991. The biochemistry of silage. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, Bath, England.
- MERTENS, D.R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International** 85: 1217-1240.
- MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; DAMASCENO, J. C.; CECATO, U., VILELA, D.; SILVA, D. C.; MATSUSHITA, M. 2009. Inclusão de silagem de rama de mandioca em substituição à pastagem na alimentação de vacas em lactação: produção, qualidade do leite e da gordura. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 61: 174-181.
- MOTA, A. D. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUZA, A. S.; REIS, S. T.; TOMICH, T. R.; CALDEIRA, L. A.; COSTA, M. D. 2011. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40: 1466-1473.
- Muck, R. E. 1987. Dry matter level effects on alfalfa silage quality: I. Nitrogen transformations. **Transactions of the Asae** 30:7-14.
- MUCK, R.E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science** 71: 2992-3002.
- MUCK, R. E.; DICKERSON, J. T. 1988. Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage. Transactions of the ASAE. **Journal of Dairy Science** 31:1005-1009.
- NEUMANN, M.; OLIRONE, R.; OLIVEIRA, M.R.; GORSKI, S.C.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; MARAFON, F. 2009. Girassol para a produção de silagem da planta inteira. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia** 2: 5-6.
- O'KIELY, P. O.; CLANCY, M.; DOYLE, E. M. 1999. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS,. Piracicaba, São Pedro, São Paulo. FEALQ 794-795.
- OLIVEIRA, H. C.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, A. C.; ROCHA NETO, A. L.; MATOS NETO, U., CARVALHO, G. G. P.; OLIVEIRA, U. L. C. 2009. Perdas e valor nutritivo da silagem de capim-tanzânia amonizado com uréia. **Archivos de zootecnia** 58: 195-202.
- OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. 2010. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39: 61-67.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO AGRICULTURA (FAO): Mandioca. Disponível em: <http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf> (2015) acessado em 07/03/2017.
- ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agricultural Science** 92: 499-503
- PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S. F.; LOURES, D.R.S; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M; PACKER I.H.; HORI, J; GOMES, L.H. 2005. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola** 62: 427-432.
- PEIXOTO, A. M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. 1995. Manejo da Pastagem: Capim Colônia. Piracicaba: FEALQ 345.
- PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY - PENN STATE. 2004. From harvest to feed: understanding silage management. **State College: Pennsylvania State University** 1-40.
- PETTERSSON, K. L.; LINDGREN, S. 1990. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality Grass and Forage. **Science** 45: 223-233.
- PUPO, N.I.H. 2002. Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola 274-303
- RANGEL, A.; LEONEL, F.; BRAGA, A.; PINHEIRO, M.; LIMA JÚNIOR, D. M. 2008. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes. **Revista Verde** 1-12.

- REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; FARIA, D. C. N. A.; BARBOSA, L. A. 2011. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40: 739-746.
- ROOKE, J.A.; HATFIELD, R.D. Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). 2003. **Silage Science and Technology** 38: 251-304.
- SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M. 2006. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae** 2: 32-45.
- SANTOS, M.V.F.; CASTRO, A.G.G.; GARCÍA, A., GUIM, A.; HERNÁNDEZ, M. P. 2010. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia** 59: 25-43.
- SCHMIDT, P. 2006. Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar. Piracicaba. Tese (Doutorado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 228p
- SILVA, C. F. P. G.; SANTOS, P. M.; FIGUEIREDO, M. P., BERNARDINO, F. S., HORA F. D. 2010. Qualidade fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagens da parte aérea e raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Animal Sciences** 32: 401-408.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002 Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Imprensa Universitária, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SILVA, E. J. A. D.; BORGATTI, L. M. O.; MEYER, P. M.; MARINO, C. T.; RODRIGUES, P. H. M. 2008. Efeitos do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia** 37: 1375-1382..
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J.; Fox, D. G.; Russell, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Sciences** 70:3562-3577.
- SREEJA, V. G.; NAGAHARA, N.; LI, Q.; MINAMI, M. 2003. New aspects in pathogenesis of konzo: neural cell damage directly caused by linamarin contained in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **British Journal of Nutrition** 90: 467-472.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R. 2006. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2.ed. Suprema Gráfica Ltda. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; VALADARES FILHO, S. C.; GOMES, D. I.; FIGUEIRAS, J. F. 2011. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40: 2565-2573.
- VAN SOEST, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University Press 476p.
- Waldo, D. R.; Smith, L. W.; Cox, E. L. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science** 55: 125-129.
- WEINBERG, Z. G.; SZAKACS, G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. 2001. The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. **Journal of Applied Microbiology** 90: 561-566.
- WILLIAMS A G.; HOXEY R. P.; LOWE J.F. 1997. Changes in temperature and silo gas composition during ensiling, storage and feeding-out grass silage. **Grass and Forage Science** 52: 176-189.
- WOOLFORD, M. K. 1978. The problem of silage effluent. **Herbage Abstracts** 48: 397- 403.
- WOOLFORD, M.K. 1984 The silage fermentation. New York: Marcel Dekker 350p