

CAMPOS, D. O. CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE ...

DANIELE OLIVEIRA CAMPOS

**CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE CLONES DE
Pennisetum purpureum Schum COLHIDAS EM DIFERENTES IDADES.**

RECIFE-PE

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE CLONES DE
Pennisetum purpureum Schum COLHIDAS EM DIFERENTES IDADES.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Área de Concentração em Produção Animal).

Orientadora: Dr^a Adriana Guim

Conselheiros: Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

Dr. Mario de Andrade Lira

RECIFE-PE

2013

Ficha catalográfica

C198c Campos, Daniele Oliveira
Caracterização da forragem e das silagens de genótipos de
Pennisetum purpureum Schum colhidos em diferentes idades /
Daniele Oliveira Campos. – Recife, 2013.

55 f. : il.

Orientadora: Adriana Guim.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia,
Recife, 2013.

Referências.

1. Capim-elefante 2. Silagem 3. Conservação I. Guim,
Adriana, orientador II. Título

CDD 636

BIOGRAFIA

Daniele Oliveira Campos, filha de Oscar Ribeiro Campos da Silva e Maria Inêz Oliveira Campos, nasceu em 12 de janeiro de 1986 em Recife no estado de Pernambuco. Desde criança teve contato com o campo, na área rural através de seus pais que lhe educaram demonstrando respeito à natureza. Ainda criança teve o interesse em ser Veterinária e este desejo perdurou até a inscrição no vestibular, quando optou pelo curso de Zootecnia e ingressou em março de 2006 na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Durante a graduação em Zootecnia, foi bolsista de iniciação científica CNPq entre os anos de 2008 a 2010. Obteve o título de Zootecnista em fevereiro de 2011 e em março do mesmo ano ingressou no Programa de pós-graduação em Zootecnia na área de Produção Animal, concluindo o mestrado em Agosto de 2013.

CAMPOS, D. O. CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE...

Deus, pela força nas dificuldades e a felicidade nas conquistas. Aos meus pais que tanto amo Oscar Ribeiro Campos da Silva e Maria Inêz Oliveira Campos, pelo amor, educação, confiança e exemplo de vida. Ao meu irmão Romero Oliveira Campos (*in memoriam*) pelos momentos de companheirismo, brincadeiras, cuidados e amor. A minha avó, Geraldina Hipólito de Oliveira (*in memoriam*), pelos grandes ensinamentos que nunca esquecerei. Ao meu grande amigo companheiro e amado esposo Pedro de Souza Lima Neto.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Deus em minha vida, por sentir que nada é em vão.

Aos meus pais, pelos ensinamentos e incentivo aos estudos.

Ao meu esposo, pelos momentos de amparo e palavras de perseverança.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela grande oportunidade que tive ao longo do curso, especialmente ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia.

À Professora Adriana Guim, pelo seu papel de pesquisadora, pelas valiosas dicas de caminho a seguir, pela paciência e dedicação.

Aos meus co-orientadores, Prof. Alexandre Carneiro Leão de Mello e Prof. Mário de Andrade Lira, pelas contribuições realizadas durante a condução do trabalho.

Ao Instituto Agrônômico de Pernambuco- IPA e sua parceria com a UFRPE, pela oportunidade de utilização de seu espaço para a pesquisa.

A Prof^a Elisa Cristina Modesto, pela sua ajuda em meu ingresso na pesquisa científica, grande exemplo de pessoa e profissional.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFRPE, em especial a Prof^a Mércia Virgínia Ferreira dos Santos, Prof. Evaristo Jorge Oliveira de Souza, a Prof.^a Antonia Sherlânea Chaves Veras e Prof. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, pelas palavras, assistência e apreço pelos estudantes.

Aos grandes amigos mestrandos que tive a oportunidade de trabalhar e conviver durante estes dois anos e meio, Paulo Marcílio Correia de Melo e João Henrique Silva Pontes, obrigada pela força.

Aos alunos da iniciação científica, pela ajuda que foi imprescindível para a conclusão do trabalho, José Ricardo Silva Xavier e Aline Pereira da Silva.

A grande amiga, Stephany Emyle Barbosa Lins, pela inenarrável contribuição para a conclusão desta dissertação. E a Daniela Vasconcelos, pelas palavras amigas e perseverantes nos momentos de estresse.

Aos amigos da pós-graduação, em especial a Anidene Christina, Bruno Viana, Lucíola Ferraz, Luciana Felizardo, Juana Chagas, Paulo Márcio, Ana Cecília, Andrezza Miguel, Felipe Cabral e Carolina Lira.

Aos que fazem os Laboratórios, onde pude realizar as análises; Equipe do Laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia- UFRPE em especial a Vitor; a equipe do Cenapesq que permitiu a realização da análise de Carboidratos solúveis, em especial a técnica Patrícia, Sr. Marcelo, a Prof.^a Tânia Maria Sarmento

CAMPOS, D. O. CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE...

Silva e suas alunas da pós-graduação do laboratório de farmacologia; Ao químico e técnico, Fábio, do laboratório de análise de plantas do IPA.

A equipe técnica do Laboratório de química vegetal, onde tive um singular auxílio durante a realização de grande parte das análises da silagem, em especial ao Professor Egídio Bezerra Neto e ao Prof. José Benjamin, pela paciência e ciência, não esquecendo os técnicos Júlio, Narciso e Gil.

A todos que fazem o Laboratório de Nutrição Animal da Unidade Acadêmica de Garanhuns, em especial ao Professor William Gonçalves do Nascimento; pela recepção e apoio.

Aos funcionários da Estação Experimental de Itambé-PE pertencente ao IPA, pelo suporte para a realização da pesquisa.

A CAPES, pela concessão da bolsa.

À Coordenação do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelo esclarecimento de dúvidas e ao auxílio quando foi necessário.

À Banca examinadora, pelas pontuações para a melhoria do trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a condução do trabalho.

Obrigada.

SUMÁRIO

	Pág.
Resumo	1
Abstract	2
Introdução	3
Revisão de Literatura	5
Material e Métodos	12
• Estabelecimento dos genótipos, colheita e análises	13
• Elaboração da silagem	14
• Composição química bromatológica da silagem	15
• Degradação ruminal	16
Resultados e Discussão	18
• Produção e Composição química dos genótipos	18
• Degradação ruminal	21
Conclusões	33
Referências Bibliográficas	39

LISTA DE TABELAS

Tabela	Pág
Tabela 1 – Produção de massa de forragem (tonMS/ha) dos genótipos de Capim elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) em diferentes idades de corte.	18
Tabela 2 - Efeito do genótipo de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum e idade de corte sobre a composição química da forragem antes da ensilagem.	20
Tabela 3 – Composição química dos genótipos de capim-elefante em função das diferentes idades de corte.	21
Tabela 4 – Valores médios da capacidade tampão, coeficiente de fermentação e carboidratos solúveis em água dos genótipos <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. em função das diferentes idades de corte.	23
Tabela 5 – Efeito do genótipo e idade de corte sobre a composição química e densidade das silagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.	27
Tabela 6 - Composição química e temperatura de silagens confeccionadas com genótipos de <i>Pennisetum purpureum</i> em função das diferentes idades de corte.	29
Tabela 7 - Valores médios de Recuperação de matéria seca (RMS), Perdas totais de matéria seca (PMS), Perda por gases (PG) e Produção de efluentes (PE) em silagens de genótipos de <i>Pennisetum</i> sp.	32
Tabela 8– Produção de efluentes (Kg/ton de MV) em silagens confeccionadas com genótipos de <i>Pennisetum</i> em função das diferentes idades de corte.	32
Tabela 9: Valores médios dos parâmetros da cinética de degradação de silagens de genótipos de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum em função de diferentes idades de corte.	33

Caracterização da forragem e da silagem de clones de *Pennisetum purpureum* Schum colhidas em diferentes idades.

Resumo – O processo de ensilagem é uma importante alternativa para a conservação de forragem, sendo o Capim-elefante de grande potencial para a produção de silagem. Foram avaliados quatro genótipos de *Pennisetum purpureum* Schum, sendo dois de porte baixo (Mott; Taiwan A-146 2.37) e dois de porte alto (Elefante B; IRI 381) em diferentes idades de crescimento (30, 60 e 90 dias) e de suas silagens. O experimento foi realizado na Estação Experimental de Itambé, localizado na Zona da Mata Norte de PE, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), sendo os genótipos casualizados em blocos, com quatro repetições. Para avaliação dos genótipos foram estimadas a produção de massa de forragem e realizadas análises para determinação da composição bromatológica, bem com os teores de carboidratos solúveis e capacidade tampão que serviram como variáveis para estimar o coeficiente de fermentação de cada clone. Para avaliação das silagens, além da composição bromatologica, foram quantificadas as perdas envolvidas no processo (perdas por gases e efluentes), estimou-se a recuperação da matéria seca e ainda avaliou-se a cinética de degradação ruminal das silagens. A partir dos 60 dias, os genótipos de porte alto (Elefante B. e IRI 381) passaram a apresentar maiores ($P<0,05$) produções de massa de forragem em relação aos de porte baixo. O maior ($P<0,05$) índice de Recuperação de Matéria Seca foi registrado para as silagens confeccionadas com os genótipos aos 90 dias de idade (95,11%) e as maiores perdas por gases para as silagens dos genótipos aos 30 dias de idade (10,76%). A maior fração solúvel foi observada para a silagem do genótipo Taiwan A-146 2.37, bem como foi a silagem deste genótipo que mostrou a maior degradabilidade I. Das silagens avaliadas, confeccionadas sem uso de aditivos ou prática de emurchecimento, destacam-se aquelas do genótipo Taiwan A 146 2.237 por apresentar teor médio de MS mais alto, menor teor de fibra e melhor degradabilidade potencial e efetiva.

Palavras-chave: capim-elefante, degradabilidade, idades de crescimento, silagem.

Characterization of the forage and silage clones *Pennisetum purpureum* harvested at different ages.

Abstract - The ensiling process is an important alternative for forage conservation , Elephant grass and the great potential for the production of silage . Four growth *Pennisetum purpureum* Schum , two low size (Mott ; Taiwan A- 146 2:37) and two tall (Elephant B ; IRI 381) at different growth ages (30 , 60 and 90 days) and their silages . The experiment was conducted at the Experimental Station Itambé , located in the Zona da Mata Norte PE belonging to the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) , with genotypes randomized block design with four replications . For evaluation of the genotypes were estimated production of herbage mass and analyzes to determine the chemical composition , as well as the soluble carbohydrates and buffering capacity have served as variables to estimate the coefficient of fermentation of each clone . For evaluation of the silage , and the composition bromatological were quantified losses involved in the process (gas and effluent losses) , we estimated the dry matter recovery and further evaluated the kinetics of ruminal degradation of silages . From 60 days, the high sorghums (Elephant B. and IRI 381) started having

Keywords: elephant grass, degradability, growth ages, silage.

Introdução

Na região Nordeste do Brasil a alimentação dos rebanhos é baseada na utilização de forrageiras tropicais. Porém, a conhecida sazonalidade da região compromete o fornecimento de alimento volumoso ao longo de todo ano. Contudo, com a pecuária em crescente ascensão, têm-se a necessidade de se ter forrageiras tropicais mais produtivas para atender as necessidades dos rebanhos. Para tanto, a avaliação dos aspectos produtivos e qualitativos de plantas forrageiras contribui na seleção de novos materiais, visto que os mesmos podem interferir no desempenho e na produtividade animal (Freitas et al., 2004).

A silagem de gramíneas tropicais é vista como importante fonte de volumosos para a produção animal, porém esta prática ainda é pouco utilizada na região Nordeste. Devido ao clima e ao déficit hídrico na época seca, a produção de forragem na região apresenta intensa sazonalidade. Com isso, a ensilagem do excedente produzido no período chuvoso é uma estratégia viável para este problema, pois, além de fornecer volumoso para o período da seca, permite racionalizar o manejo intensivo das pastagens durante o período das águas (Corrêa & Pott, 2001).

O *Pennisetum purpureum* Schum, as suas variedades e os seus híbridos têm destaque entre as demais espécies tropicais devidos o seu potencial de produção de matéria seca. (Carvalho, 1985), bem como para produção de silagem (Lima, 2000). O capim-elefante e seus híbridos com milho têm sido alvo de pesquisas desde a década de 60 através do programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Por outro lado, no manejo de gramíneas forrageiras, a idade de corte afeta o rendimento da forragem colhida, resultando em incrementos significativos na produção

de matéria seca (Costa et al., 2004). O estágio de desenvolvimento da planta apresenta ampla relação com a composição química e a qualidade das forrageiras. Com o crescimento das forrageiras, ocorrem aumentos nos teores de carboidratos estruturais e lignina, o que invariavelmente proporciona redução na digestibilidade; são também alteradas as estruturas das plantas com a elevação da relação caule/folha, e as plantas mais velhas apresentam maiores proporções de talos que de folhas, tendo, portanto, reduzido o seu conteúdo em nutrientes potencialmente digeríveis com a maturação (Reis & Rodrigues, 1993). Por isso se faz necessário através de experimentos, avaliar as idades destes novos genótipos e obter suas informações sobre a qualidade.

Os estudos da dinâmica digestiva em ruminantes têm permitido identificar fatores que afetam o consumo voluntário de forragens, tais como o grau de maturidade das plantas, relação folha-caule ou a forma de processamento. Esse conhecimento é considerado fundamental na formulação de programas eficientes de alimentação e para o desenvolvimento ou seleção de plantas forrageiras de maior qualidade nutritiva (Ladeira et al., 2001). Com isso, a estimativa da degradação ruminal dos alimentos tem sido fundamental para avaliar a quantidade de nutrientes disponíveis para os micro-organismos do rúmen e sua qualidade (Moreira et al., 2003). Além de que os estudos destas estimativas de degradação ruminal de forrageiras tropicais no Brasil fornecem dados que contribuem para a confecção de uma tabela nacional de composição de alimentos tropicais (Velooso et al., 2000; Ruggieri et al., 2001).

Desta forma objetivou-se avaliar a composição química de genótipos de *Pennisetum purpureum* Schum com diferentes idades, bem como a qualidade e cinética de degradação de silagens confeccionadas sem uso de aditivos ou prática de emurchecimento destes genótipos.

Revisão de literatura

*Caracterização do Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum)*

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) é um capim que tem se destacado por sua alta produtividade, o que faz dele uma das mais importantes forrageiras do mundo (Gupta, 1975; Santana et al., 1989; Schank, 1994). Além de que congrega diferentes tipos de materiais genéticos, como híbridos interespecíficos, ecotipos, clones e variedades que ampliam consideravelmente sua área de adaptação ambiental (Gonzalez & Menezes, 1979). No estado de Pernambuco foi introduzido grande número de clones, os quais, após seleção e avaliação (Oliveira, 1999; Mello et al., 2002) alguns foram recomendados para plantio nas diferentes zonas fitogeográficas, com vistas à capacidade produtiva e valor nutritivo, sendo alguns utilizados tanto para corte como para pastejo.

A obtenção de cultivares melhoradas é uma necessidade comum a produtores de leite e carne em todo o país. Entre as qualidades desejadas, destacam-se a resistência à cigarrinha das pastagens, maior produtividade, maior velocidade de crescimento, melhor qualidade nutricional, tolerância a solos de baixa fertilidade e distribuição mais equitativa da produção de matéria seca durante o ano (Sobrinho et al., 2008) e, mais recentemente, maior teor de lignina e de celulose, para a produção de biocombustível sólido (Morais et al., 2009). Atualmente, nas pesquisas brasileiras com plantas forrageiras tropicais, o manejo de pastagens e do pastejo, têm sido alvo principal juntamente com a introdução e avaliação de novos cultivares de gramíneas. (Da Silva & Carvalho, 2005).

O Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) possui uma coleção que compreende 81 materiais originados de diversos locais sendo seus bancos de

germoplasmas localizados nas Estações Experimentais de Itambé e de Vitória de Santo Antão, ambas localizadas na Zona-da-Mata de Pernambuco. Em vista disso, o IPA e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) iniciaram, na década de 60, um programa de melhoramento genético do capim-elefante e de seus híbridos com o milho. As fases do melhoramento, segundo Silva et al. (2011) são: Fase I - Os genótipos são avaliados sob corte em pequenas parcelas para aspectos de produção de forragem e a avaliação da resistência a pragas e doenças. Fase II - Genótipos selecionados na fase anterior são avaliados sob pastejo, sem avaliação no animal e Fase III - Genótipos são avaliados sob pastejo sendo mensurados produção por animal e por área.

Os cultivares de *Pennisetum purpureum* disponíveis nas instituições de pesquisas apresentam diferenças quanto à morfologia, produção, valor nutritivo, ciclo vegetativo, preferência animal e relação folha/caule, entre outras características peculiares (Freitas, 2008).

Em se tratando de *Pennisetum* sp. de porte baixo, existe a expectativa de que esse material possa ser principalmente utilizado por pequenos ruminantes, como os ovinos, que possuem hábito de pastejo mais próximo ao solo. Por outro lado, plantas de menor porte e mais tenras, como o capim-elefante de porte baixo, podem ser uma alternativa para pequenos produtores que possuem área de capineira e a utilizam diariamente, na maioria das vezes com colheitas manuais e uso de mão de obra familiar (Silva, 2009).

Ensilagem de gramíneas

Como conceito, silagem é o produto resultante da fermentação da planta forrageira na ausência de ar com o objetivo de conseguir a maior concentração possível de ácido láctico. Após o fechamento do silo ocorrem perdas de nutrientes, tanto aquelas oriundas de práticas incorretas de ensilagem (consideradas evitáveis), que permitem o

aparecimento de mofos e podridões, como aquelas inevitáveis, que incluem mudanças bioquímicas, respiração das plantas e fermentação inerentes ao processo. No entanto, é preciso esclarecer que o principal objetivo da ensilagem é a redução máxima das perdas para que se possa, dentro do possível, ter o valor nutritivo da silagem o mais próximo do apresentado pela forragem no momento do corte (Torres, 1984). Para isto é necessário conhecer a idade ideal da planta para o processo de ensilagem, pois as perdas de nutrientes de diversas magnitudes são comuns já que a qualidade final do alimento está diretamente relacionada ao material que lhe deu origem e às condições em que o mesmo foi ensilado. Portanto, como afirma Loures (2003), a qualidade da silagem é dependente da espécie vegetal utilizada no que se refere ao seu grau de maturidade e teor de açúcares solúveis, assim como das operações realizadas ao longo do seu processo de conservação (rápido enchimento do silo, expulsão do oxigênio da massa ensilada e correto vedação do silo ao longo de todo o período de conservação).

A utilização de silagens de gramíneas tropicais tornou-se uma prática cada vez mais comum na alimentação de ruminantes. Dentre as mais utilizadas, o capim-elefante destaca-se por apresentar considerável produtividade (kg de matéria seca/ha) quando comparado com as demais espécies. Além disso, trata-se de uma planta perene e com valor nutritivo, o que evita gastos anuais de implantação da cultura (Rezende et al., 2002). Embora o capim-elefante apresente boas características de produção, fatores limitantes, como alto teor de umidade e baixas concentrações de carboidratos solúveis podem limitar a obtenção de silagens de qualidade. Assim, faz-se necessária a utilização de técnicas que possam elevar o teor de MS da forragem para níveis satisfatórios do ponto de vista da fermentação, no interior do silo (Oliveira et al., 2012).

Assim, as práticas da ensilagem como emuchercimento e utilização de aditivos para aumentar a concentração de matéria seca pode ser utilizada para melhorar o

processo de fermentação e qualidade da silagem de gramíneas tropicais (Teixeira et al., 2008). Porém, se o valor nutritivo do aditivo for baixo, o valor nutritivo da silagem será reduzida (Pires et al., 2009). Além disso, os custos de produção devem ser mantidos baixos, a fim de fazer o uso do aditivo uma opção viável (Santos et al., 2013).

Silagens de capim não emurchecido e sem o uso de aditivos são processos mais rápidos e de baixo custo. Mas, para que haja qualidade na silagem é necessário o entendimento sobre fatores que impedem esta qualidade. Para tanto é importante entender o ciclo da planta e seu crescimento. Logo, atrelado ao melhoramento genético, pesquisas têm sido feitas para avaliar o valor nutritivo *versus* a idade de crescimento da planta. Segundo Queiroz Filho et al. (2000) as maiores mudanças que ocorrem na composição química das plantas forrageiras são aquelas que acompanham sua maturação. À medida que a planta envelhece, as proporções dos componentes potencialmente digestíveis tendem a diminuir e as de fibra, aumentar.

A alta umidade das gramíneas favorece as perdas durante as diferentes fases do processo de ensilagem e identificar as fontes de perda e sua magnitude é importante para maximizar a utilização dessas forrageiras. Segundo McDonald et al. (1991), silagens elaboradas a partir de forrageiras com baixo teor de matéria seca podem propiciar o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que produzem ácido butírico, provocando a degradação de proteína e ácido lático. Conforme o autor, a formação de ácido butírico resulta em grandes perdas de matéria seca, em decorrência da produção de CO₂ e H₂O, e de energia. Além disso, quando colhido com alto teor de umidade, significativa proporção de nutrientes do capim-elefante é eliminada pelo efluente (Loures et al., 2003).

A redução do tamanho da partícula da forragem para a ensilagem pode influenciar positivamente a fermentação e compactação, pois acelera a ação dos micro-

organismos. Entretanto, nas silagens de gramíneas tropicais, com baixo teor de MS, esta redução da partícula pode provocar aumento na atividade da água e maiores perdas de efluentes (Balsalobre et al., 2001). A compactação também é importante, assim como a velocidade de compactação. A expulsão do ar tem a função de diminuir a fase aeróbica da fermentação e favorecer as bactérias desejáveis. A vedação deve ser feita cuidadosamente, para que o ambiente torne-se anaeróbico.

A fase aeróbica é indesejável, pois apesar dela ser obrigatória no processo de ensilagem, quando esta fase é prolongada, ocorre excessiva perda de matéria seca na forma de carboidratos ricos em energia e estes vão fazer falta às bactérias produtoras de ácido lático ou pelos animais como fonte de energia. Ocorre também excessiva produção de calor que pode comprometer a integridade e disponibilidade das proteínas da forragem. Acima de 49 °C, a proteína pode reagir com os carboidratos da planta (reação de Maillard), passar a fazer parte da fibra em detergente ácido (FDA) e torna-se indigestível (Silveira, 1975).

Já na fase anaeróbica o oxigênio presente no silo é consumido e os microorganismos anaeróbicos, como as enterobactérias e heterofermentativas, começam a aumentar em quantidade. Esta fase varia de 24 a 72 horas e é onde haverá formação de ACIDO ACÉTICO + ETANOL + ACIDO LÁTICO + CO₂ decorrentes da fermentação dos açúcares. Com acúmulo de ácido, principalmente acético, o pH do ambiente começa a cair. Com a queda do pH ocorre mudança na população de bactérias, surgindo as bactérias homofermentativas, mais eficientes na produção de ácido lático, fazendo com que o pH diminua com mais rapidez. É normal a ocorrência de outros tipos de ácidos graxos voláteis (acético, propiônico, butírico e lático), e isoácidos, mas a intensidade deles dependerá das práticas de manejo (umidade e maturidade da cultura, principalmente) e dos tipos de bactérias presentes no material (Pereira et al., 2008).

Nesta fase, quanto mais ácido lático for produzido em relação aos ácidos acético e butírico, menor é a energia despendida para a produção de calor, menores são as perdas por descarboxilação, menor é a formação de gases e mais agradável para os animais, quanto ao sabor e aroma, se torna a silagem (Andrade, 2003)

Na terceira fase, da estabilização, o pH ideal deve estar em torno de 3,8 a 4,2 fazendo com que ocorra inibição da população de bactérias, interrupção dos processo de fermentação, iniciando a fase de estabilidade, que se prolonga até que o silo seja aberto e a silagem volte a ter contato com o oxigênio. Nas silagens de boa qualidade, o ácido lático é o que aparece em maior proporção (normalmente 60% dos ácidos orgânicos totais). Ele é praticamente inodoro, fazendo com que a silagem tenha pouco cheiro (Pereira et al., 2008) O cheiro de vinagre em algumas silagens é devido à presença do ácido acético. Quanto mais intenso esse cheiro, mais tempo a silagem demorou em baixar o pH, que pode ser decorrente da baixa disponibilidade de carboidratos solúveis no início dessa fase (Guim, 2002).

Efeito da idade na qualidade da forragem

A frequência de corte influi diretamente no rendimento e na qualidade da forragem colhida, no manejo das capineiras. Em geral, como mencionado por Queiroz Filho et al. (2000), o aumento do intervalo de cortes resulta em incrementos na produção de MS, porém, paralelamente, ocorre declínio no valor nutritivo da forragem produzida. Fato confirmado por Santana et al. (1994) que ao avaliarem cultivares de capim-elefante (Cameroon, Mineiro e Napier de Goiás) verificaram aumentos na produção de MS e declínio nos teores de PB com o aumento do intervalo de cortes de 28 para 84 dias, concordando com os resultados relatados por Acunha & Coelho (1994a) para a cultivar Mott, e Lavezzo et al. (1979a, b) para a cultivar Roxo. Nessa

mesma linha de pesquisa, Costa & Oliveira (1993) trabalhando com a cultivar Roxo submetida a três idades de corte (46, 61 e 76 dias) concluíram que a maior produção de MS ocorreu no corte aos 76 dias e o maior teor de PB, aos 45 dias.

Não obstante, no momento ideal para o corte, o capim-elefante e as gramíneas em geral apresentam alto teor de umidade, baixas concentrações de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão. Essas características influenciam negativamente o processo fermentativo, impedindo o rápido decréscimo do pH, permitindo a ocorrência de fermentações secundárias indesejáveis e, conseqüentemente, prejudicando a qualidade do produto preservado (McDonald et al., 1991; Lavezzo, 1993). Já que a conservação de forragens na forma de silagem depende inteiramente da rápida estabilização do pH, e conseqüentemente melhor conservação do material ensilado. Para uma rápida estabilização do pH é indispensável que o material tenha quantidade de açúcares prontamente fermentáveis presentes no material ensilado. Se a concentração de carboidratos solúveis for adequada, as condições são mais favoráveis para o estabelecimento e crescimento de bactérias do gênero *Lactobacilo*, produtoras do ácido láctico, que é o desejado (Guim, 2002).

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Estação Experimental de Itambé, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situado sob as coordenadas 07°25'00" de latitude (S) e 35°06'00" de longitude (SWGr) do município de Itambé, na microrregião fisiográfica da Mata Seca de Pernambuco, a 190 m de altitude, com precipitação anual média de 1200 mm e temperatura anual média de 25°C (INMET, 2013). A precipitação pluviométrica da estação experimental (IPA) no município de Itambé-PE durante o período experimental está apresentada na Figura 1. O solo da área de estudo foi classificado, de acordo com Embrapa (2006), como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO, com horizonte A proeminente de textura média/argilosa, fase florestal tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine, 2001).

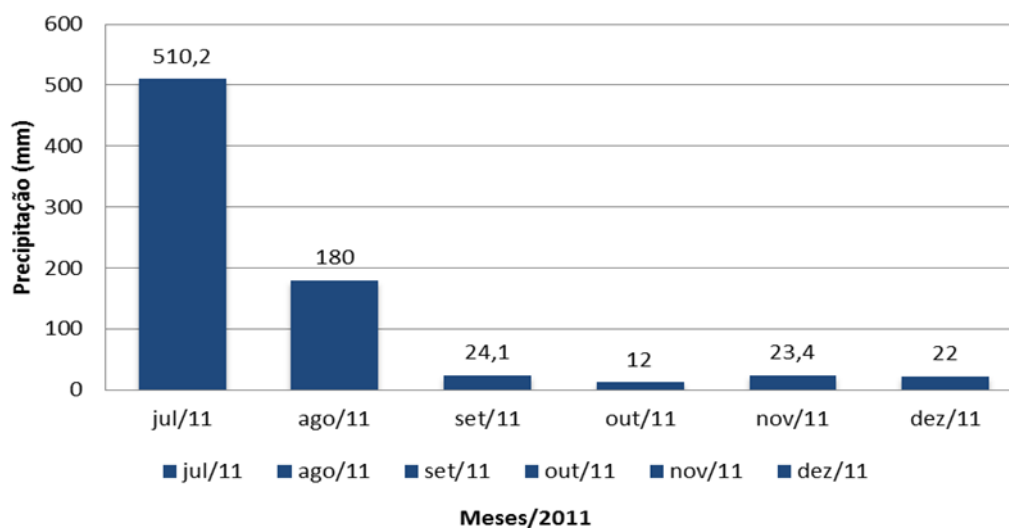


Figura 1 - Precipitação (mm) durante o período experimental com base nos dados obtidos pela Agência Pernambucana de águas e clima (2013) no município de Itambé-PE.

Estabelecimento dos genótipos, colheita e análises

A área experimental foi arada e gradada, sendo a adubação realizada conforme a análise do solo. Utilizou-se de uma área de 4600 m², divididos em quatro blocos de 1150m² cada, sendo os diferentes genótipos de *Pennisetum purpureum* Schum implantados em janeiro de 2011, utilizando-se colmos fracionados. Foram avaliados dois genótipos de *Pennisetum purpureum* Schum. de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37) e dois de porte alto (Elefante B. e IRI 381).

Após 60 dias do plantio, em 2011, foi realizado o corte de uniformização e em seguida os genótipos foram colhidos em diferentes idades de corte (30, 60 e 90 dias). Na ocasião da colheita, foi estimada a produção de matéria seca, sendo utilizado quadro de amostragem (0,5m²) e a planta cortada rente ao solo.

A forragem colhida foi triturada em máquina forrageira, resultando partículas de tamanho entre 2,0 a 5,0 cm. Foram retiradas amostras para determinação da composição química do material antes da ensilagem. O teor da seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), lignina (LIG) foram realizadas por metodologia de Silva & Queiroz (2006). Em todas as amostras de forragens foram determinados ainda Carboidratos Solúveis em Água (CSA), segundo metodologia de Yemm & Willis (1954) modificada por Bezerra Neto & Barreto (2011) e Capacidade Tampão, segundo Playne e McDonald (1966).

Para avaliação do Coeficiente de Fermentação das forragens empregou-se metodologia descrita por Oude Elferink et al. (2000) que considera três variáveis: concentrações de carboidratos solúveis, capacidade tampão e teor de matéria seca,

conforme a equação $CF = MS + 8 \times CSA/CT$, em que CF = coeficiente de fermentação; MS = matéria seca; CSA = carboidratos solúveis em água e CT = capacidade tampão.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sob delineamento em blocos ao acaso e esquema de parcelas subdivididas, de modo que o efeito do genótipo foi alocado nas parcelas e a idade de corte nas subparcelas, com quatro repetições e as médias comparadas pelo teste de SNK (5%).

Elaboração da silagem

As silagens foram confeccionadas em silos experimentais de tubos de PVC, com 50 cm de altura e 0,15 cm de diâmetro. Os materiais de cada genótipo foram compactados manualmente com auxílio de um soquete de madeira e os silos foram vedados com tampas de PVC dotadas de válvula tipo Bunsen para escape dos gases. Para a vedação do fundo dos silos também foram utilizadas tampas de PVC. Antes do preenchimento, os silos foram pesados e foi adicionado ao fundo do silo aproximadamente 1,5 kg de areia lavada acondicionada em saco de tecido de algodão para posterior quantificação dos efluentes. Imediatamente após a vedação, os silos foram pesados e mantidos em temperatura ambiente até abertura, que ocorreu seis meses após a confecção das silagens. A densidade da massa ensilada foi determinada pela relação existente entre o peso líquido das silagens e o volume interno dos silos experimentais, de modo que foi garantida densidade média de 315; 292 e 217 kg de massa/m³ nos silos que receberam os genótipos com 30, 60 e 90 dias de crescimento, respectivamente.

Composição química bromatológica da silagem

No momento de abertura, dos silos, foi feita a mensuração da temperatura das silagens, bem como a retirada e pesagem das partes impróprias das silagens oriundas da parte superior e inferior do silo. Foram colhidas amostras das silagens, para determinação da composição química, de modo que uma porção foi submetida à estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas para a pré-secagem e outra foi destinada a extração do fluido da silagem, com auxílio de prensa hidráulica. Os extratos das silagens obtidos foram acondicionados em potes plásticos, imediatamente mensurado o pH com uso de potenciômetro e armazenados em freezer para posterior análise do nitrogênio amoniacal, segundo metodologia de Preston (1986).

As amostras pré-seca das silagens foram moídas em moinho estacionário “Thomas-Wiley”, passando por peneira de 1 mm para posterior determinação dos teores de MS, MO, PB, EE, FDN, FDA, NIDN, NIDA, LIG e HEMI (Silva & Queiroz, 2006), além de Carboidratos solúveis residuais (CSAr), segundo metodologia de Yemm & Willis (1954) modificada por Bezerra Neto & Barreto (2011).

As perdas por gases e efluentes foram mensuradas seguindo a metodologia descrita por Santos et al. (2006), empregando-se as seguintes equações, respectivamente: $G = (PC_i - PC_f) / (MFi \times MS_i) \times 100$ e $E = [(PV_f - TS) - (PV_i - TS)] / MFi \times 100$; onde G= perda por gases (%MS), PC_i = peso do silo cheio no fechamento (kg); PC_f = peso do silo cheio na abertura (kg); MFi = massa de forragem no fechamento (kg) e MS_i = teor de matéria seca da forragem no fechamento; E= perdas por efluentes (kg/tonelada de silagem), PV_f = peso do silo vazio com areia na abertura (kg); TS = tara do silo; PV_i = peso do silo vazio com areia no fechamento (kg); TS = tara do silo e MFi = massa de forragem no fechamento (kg).

Para a obtenção do índice de recuperação da matéria seca seguiu-se a metodologia descrita Jobim et al. (2007): $RMS = 100 - [(M_{Fab} \times MS_{Sab}) / (M_{Ffe} \times MS_{Sfe})] \times 100$; onde RMS= taxa de recuperação de matéria seca (%); M_{Fab} = massa de forragem na abertura; MS_{Sab} =teor de MS na abertura; M_{Ffe} =massa de forragem no fechamento; MS_{Sfe} =teor de MS da forragem no fechamento.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcela subdividida, de modo que o efeito do genótipo foi alocado nas parcelas e a idade nas subparcelas, com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância empregando-se o programa estatístico ASSISTAT 7,6 beta (Silva, 2013), e as médias foram comparadas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Degradação ruminal.

Para avaliar a cinética de degradação, as amostras das silagens que estavam armazenadas em freezer foram descongeladas, sendo retiradas três amostras para a confecção dos sacos da degradabilidade. As amostras foram levadas à estufa com ventilação forçada a 55°C por 72h, moídas passando por peneira de crivo de 2 mm. A confecção dos sacos de náilon foi realizada no Laboratório de forragicultura do Departamento de Zootecnia da UFRPE sendo identificados e pesados vazios em balança analítica. Em cada saco colocou-se a amostra de (1,5g). As dimensões do saco foram 7x 4 cm com porosidade de 40 micras, obedecendo a relação de 28,6 mg de amostra por cm^2 . O ensaio de degradabilidade que foi realizado no Departamento de Zootecnia da UFRPE.

Para o ensaio de degradabilidade utilizou-se, três ovinos dotados de fístula permanente no rúmen, com aproximadamente 50 kg, os quais foram alojados em baias individuais recebendo alimento duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, composta por

feno de Tifton, água e mistura mineral, à vontade, além de 0,15 kg de concentrado formulado para atender exigências de manutenção de acordo com NRC (2007). O período experimental foi de 26 dias, sendo quatorze dias para adaptação alimentar e doze para incubação das amostras no rúmen. Os tempos de incubação foram de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96h, com duas repetições por tempo e animal.

A fração solúvel (tempo zero) foi obtida submergindo duas bolsas contendo cada material, incubadas em água a 39°C durante uma hora e, posteriormente, lavada como os demais tempos.

Após a remoção dos sacos do interior do rúmen, estes foram imediatamente imersos em baldes contendo água, lavados em água corrente para a retirada do excesso de material do rúmen visando à paralisação da atividade microbiana, sendo, então, congelados para uma posterior avaliação. Para as avaliações, os sacos foram descongelados e lavados em água corrente, esse processo foi repetido até que a água de lavagem se mostrasse limpa. Em seguida, os sacos foram colocados em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72h e as amostras foram pesadas em balança analítica de acordo com metodologia descrita por Silva & Queiroz (2006). O desaparecimento da MS foi calculado pela diferença de pesagens dos sacos antes e após a incubação, com base na matéria seca.

Os dados do desaparecimento foram ajustados pelo modelo proposto por Orskov & McDonald (1979) para expressar a degradabilidade dos alimentos: $p = a + b(1 - e^{-ct})$, em que “p” é a degradabilidade potencial, “a” é a fração solúvel, “b” é a fração potencialmente degradada e, “c” a taxa constante de degradação da fração “b”. Os parâmetros não-lineares “a”, “b” e “c” foram estimados por meio do software Naway Program, desenvolvido pelo Rowett Research Institute.

Resultados e Discussão

Produção e Composição química dos genótipos

Para produção de matéria seca, observou-se interação entre os fatores genótipo e idade de corte (Tabela 1). Registrou-se menor produtividade para todos os genótipos aos 30 dias de crescimento, como é de se esperar pelo menor crescimento da planta. A partir dos 60 dias, que é considerada por diversos autores como a idade ideal para colheita do capim para ensilagem, os genótipos de porte alto (Elefante B. e IRI 381) passaram a apresentar maiores ($P < 0,05$) produções em relação aos de porte baixo.

Tabela 1 – Produção de massa de forragem (tonMS/ha) dos genótipos de Capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em diferentes idades de corte.

Genótipos	Idades(dias)		
	30	60	90
Mott	2,51 aA	8,62 bA	10,85 bA
Taiwan 2.37	1,78 aB	7,95 bAB	11,53 bA
Elefante B.	5,90 aC	16,26 abB	27,57 aA
IRI 381	3,61 aC	16,98 abB	28,08 aA

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade. CV = 38,19%

A definição do intervalo de corte ideal para cada forrageira e sistema de produção, permite associar a produção satisfatória à boa qualidade da forragem (Santana et al., 1994). O estágio de crescimento em que a planta é colhida influi no rendimento das forrageiras, que aumenta com o intervalo de cortes (Woodard & Prine, 1991; Dervin e Tyrone, 1992; Ruggieri et al., 1995).

Para a composição química da forragem antes da ensilagem registrou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre genótipo e idades de corte apenas para os teores de matéria orgânica, proteína bruta, lignina e carboidratos solúveis em água (Tabela 2). Os teores de MS, como esperado, aumentaram a medida que a idade de corte avançou

(Tabela 2). Considerando que o teor de MS ideal para ensilagem é estimado entre 30 e 35% (Van Soest, 1994; Borges et al., 1997; Pesce et al., 2000) para evitar perdas por efluentes e fermentações indesejáveis, verifica-se que mesmo aos 90 dias de crescimentos os genótipos não atingiram teor de matéria seca adequada para a ensilagem. Por outro lado, percebe-se que o genótipo IRI 381, de porte alto, apresentou maiores teores de MS, mas é oportuno destacar que o teor de MS do genótipo Taiwan 2.37, de porte baixo, não diferiu daqueles de maior porte.

O processo de seleção para o aumento do teor de MS do *Pennisetum purpureum* sp. pode ser bastante útil ao processo de ensilagem dessa gramínea, uma vez que na idade de corte entre 50 e 70 dias de crescimento, o teor de MS está entre 20 e 25%, abaixo do recomendado para ensilagem.

Os valores de FDN foram crescentes com o avanço da idade de corte que certamente pode ser explicado pela incorporação de compostos fibrosos na estrutura da planta. Para a percentagem de fibra em detergente ácido a média geral foi de 39,41% para os genótipos, semelhantes aos 39,41% de FDA que Leão et al. (2012) obtiveram trabalhando com combinações genômicas oriundas do cruzamento entre capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e milheto (*Pennisetum glaucum*). A proporção de FDN de uma forragem é importante não só para a avaliação de sua composição química, mas também pelo fato de a FDN estar relacionada com consumo máximo de matéria seca (Mertens, 1994). Carvalho et al.(2008) e Santos et al.(2008) encontraram em forragens de capim elefante, colhidos aos 50 dias de idade, valores de 67,5 a 67,48% para FDN e 43,5; 49,11% de FDA, respectivamente.

|

CAMPOS, D. O. CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE ...

Tabela 2 - Efeito do genótipo de *Pennisetum purpureum* Schum e idade de corte sobre a composição química da forragem antes da ensilagem.

Variáveis	Efeito genótipo (G)				Efeito idade (I)			(P)			CV(%)	
	MOTT	T.2.37	EB	IRI	30	60	90	G	I	GxI	G	I
MS(%)	16,43b	18,64ab	17,53ab	19,86a	12,83c	17,24b	24,28a	*	**	ns	11,30	11,91
MO(%)	87,41b	88,99a	88,28ab	89,57a	87,47b	88,0b	90,21a	**	**	**	1,28	1,19
PB(%MS)	12,02	11,51	11,14	9,88	13,07a	11,28b	9,06c	ns	**	*	19,84	20,74
EE(%MS)	2,26	2,45	2,27	1,96	2,61a	2,24ab	1,86b	ns	*	ns	22,49	28,35
FDN(%MS)	65,52	67,49	68,09	68,41	65,49b	66,92b	69,72a	ns	**	ns	5,99	5,39
FDA(%MS)	38,30	39,36	39,23	40,95	38,80	39,04	40,54	ns	ns	ns	9,05	11,18
LIG(%MS)	4,98	5,09	4,67	4,94	4,71b	5,26a	4,80b	ns	*	**	9,64	10,24
HEMI(%MS)	27,21	28,13	28,86	27,46	26,69	27,88	29,18	ns	ns	ns	12,99	14,69
NIDA(%NT)	0,23a	0,18 a	0,20 a	0,18 a	0,19 a	0,19 a	0,23 a	ns	ns	ns	34,52	43,88
NIDN(%NT)	0,54 a	0,53 a	0,63 a	0,61a	0,52 a	0,59 a	0,64 a	ns	ns	ns	48,72	45,64
CSA(%MS)	3,42	2,39	3,99	3,37	2,07c	3,08b	4,72a	ns	**	*	40,72	33,22

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha, no mesmo fator, diferem pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade. MS(Matéria seca), PB(Proteína bruta), EE(Extrato etéreo), FDN (Fibra em detergente neutro), FDA(Fibra em detergente ácido), LIG(Lignina), HEMI(Hemicelulose), NIDN(Nitrogênio insolúvel em detergente neutro), CSA(Carboidratos solúveis em água).

O desdobramento da interação ($P < 0,005$) entre genótipo e idade de corte para os teores de Matéria orgânica, de Proteína e de Lignina está apresentado na Tabela 3. O aumento da idade proporciona às gramíneas tropicais processo acelerado de diferenciação morfológica, caracterizado pelo aumento dos tecidos de sustentação presentes na região do caule e redução nos tecidos relacionados ao conteúdo celular podendo explicar o aumento dos teores de MO, segundo Nelson & Moser (1994).

O desdobramento da interação entre o efeito genótipo e idade de corte (Tabela 3) mostrou que os genótipos de porte baixo não apresentaram diferença significativa para o teor de PB em função da idade de corte, provavelmente pela maior relação folha/colmo que apresentam. No entanto, para aquelas de porte alto, nota-se que o avançar da idade interferiu negativamente sobre o teor de proteína, em especial para o genótipo EB. O declínio na concentração de proteína com o avançar da maturidade ocorre devido à diminuição das proteínas nas folhas e nos colmos, bem como porque os colmos, com suas menores concentrações de proteína, perfazem a maior porção da planta em forragens mais maduras (Buxton, 1996).

Tabela 3 – Composição química dos genótipos de capim-elefante em função das diferentes idades de corte.

Genótipos	Idades de corte (dias)		
	30	60	90
Matéria orgânica (%)			
Mott	87,37 abA	87,54 b A	87,32 bA
Taiwan 2.37	88,74 aB	87,81 bB	90,41 aA
Elefante.B	86,37 bB	86,98 bB	91,48 aA
IRI 381	87,41 abC	89,66 aB	91,64 aA
Proteína Bruta (%)			
Mott	13,03 aA	12,91 aA	10,12 aA
Taiwan 2.37	13,53 aA	10,23 abA	10,78 aA
Elefante.B	11,55 aA	13,97 aA	7,89 aB
IRI 381	14,15 aA	8,02 bB	7,45 aB
Lignina (%)			
Mott	4,19bB	5,18 abA	5,57 aA
Taiwan 2.37	4,91 abB	5,77 aA	4,58 bcB
Elefante.B	4,55 abB	5,44 abA	4,02 cB
IRI 381	5,17 aA	4,64 bA	5,02 abA

CAMPOS, D. O. CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE ...

Valores na linha/coluna, seguidos de letras maiúsculas/minúsculas distintas, diferem pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

O genótipo Mott aos 30 dias foi o que apresentou a menor concentração de lignina (Tabela 3), possivelmente por ser o genótipo com maior presença de folhas.

A forragem representa um papel importante na indústria animal mundial, sendo a fibra (parece celular) um dos componentes energéticos da dieta dos ruminantes, embora apenas 50% sejam digestivo e, portanto, utilizável (Hatfield et al., 1999). Com o desenvolvimento da planta, assim que o alongamento celular cessa se dá o início do processo de lignificação, que se inicia pelos vértices da célula, prosseguindo através da lamela média/parede primária para a parede celular secundária (Wilson, 1994). Segundo Van Soest (1994), pode ocorrer uma variação no processo de lignificação nas plantas devido à resposta ao estresse ambiental e nutrição.

Verificou-se (Tabela 4) o efeito significativo para a interação idade versus genótipos quanto a capacidade tampão (CT). Os valores da capacidade tampão foram mais altos aos 30 dias para os genótipos, possivelmente devido a maior porcentagem de PB existente nesta idade. De acordo com Woolford (1984), os valores altos possivelmente ocorrem pelo maior teor de PB, visto que as proteínas fazem parte dos constituintes tamponantes da planta. O elevado teor de umidade na idade de maior valor nutritivo visto aos 30 dias de crescimento, e a alta capacidade tampão são fatores que inibem o adequado processo fermentativo, dificultando a obtenção de silagens de boa qualidade (McDonald et al., 1991).

Tabela 4 – Valores médios da capacidade tampão, coeficiente de fermentação e carboidratos solúveis em água dos genótipos *Pennisetum purpureum* Schum. em função das diferentes idades de corte.

Genótipos	Idades (dias)		
	30	60	90
Capacidade tampão (CT)			
Mott	29,79aA	26,15bAB	25,14aB
Taiwan 2.37	32,23aA	25,30bB	22,17aB
Elefante B.	33,86aA	30,40aA	23,46aB
IRI 381	31,08aA	18,54cB	18,21bB
Carboidratos solúveis em água (CSA)			
Mott	2,86aA	3,14aA	4,26bA
Taiwan 2.37	1,30aA	2,79aA	3,08bA
Elefante B.	1,71aC	3,47aB	6,78aA
IRI 381	2,42aB	2,94aB	4,77bA
Coeficiente de fermentação (CF)			
Mott	12,39aC	15,99bB	22,29cA
Taiwan 2.37	13,04aC	17,70bB	27,57abA
Elefante B.	12,63aC	17,96bB	25,84bA
IRI 381	13,16aC	22,12aB	28,14aA

Valores na linha/coluna, seguidos de letras maiúsculas/minúsculas distintas, diferem pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

A capacidade tampão de uma forragem consiste em sua capacidade de resistir às variações de pH (Avila et al., 2006). Quantitativamente, os ácidos mais importantes que ocorrem em gramíneas são o málico, o cítrico e o quinico, destacando-se o ácido oxálico como o mais importante para as gramíneas tropicais (McDonald et al., 1991). Estes ácidos agem de forma tamponante, que impede a queda do pH da massa ensilada, eles estão presentes em maiores quantidades nas gramíneas tropicais pelo fato das mesmas apresentarem o ciclo alternativo da fotossíntese de Hatch e Slack, das plantas do grupo C4 (Vilela, 2000).

No que se refere aos carboidratos solúveis em água, tem sido enfatizado que as gramíneas tropicais possuem teores baixos (Catchpoole & Henzel, 1971) os quais

seriam insuficientes para confecção de silagens lácticas. Estes valores devem ser superiores a 16% na matéria seca ou maior que 4% na matéria verde.

Os carboidratos são importantes na nutrição de ruminantes, pois representam a principal fonte de energia para os microrganismos ruminais e para o animal (Mertens, 1994). Cerca de 70 a 90% dos carboidratos consumidos em sistemas extensivos são oriundos dos constituintes da parede celular (Lacerda et al., 2004). Estes valores dependem da idade de corte da forrageira, mas também do ambiente que também pode interferir nestes valores (Santos et al., 2001). Pode-se considerar como baixos os valores de CSA do presente estudo, mesmo que tenha sido registrado aumento nas suas concentrações para os genótipos de porte alto. Fato que refletiu negativamente para as estimativas dos coeficientes de fermentação dos genótipos (Tabela 4). Porém, Santos et al. (2013) ao avaliarem os mesmos genótipos Mott, Taiwan A 146 2.37 e Elefante B aos 56 dias de crescimento encontraram valores na ordem de 4,1; 10,6 e 13,8% na MS, respectivamente, portanto, superiores ao do presente estudo.

Os coeficientes de fermentação (CF) calculados para os capins foram inferiores ao indicado na literatura (Weissbach & Honig, 1996, citados por Oude Elferink et al., 2000). Os autores mencionam que forragens com teores insuficientes de carboidratos fermentescíveis ou com baixa porcentagem de matéria seca apresentam baixo coeficiente de fermentação (menor que 35). Fato que pode levar ao insucesso no processo de conservação mediante a fermentação, pois os carboidratos solúveis em água representam o principal substrato para bactérias ácido-láticas produzirem os ácidos, reduzindo o pH e conservando o material ensilado (Bolsen, 1995).

Os dados referentes à composição química e densidade das silagens dos genótipos de *Pennisetum purpureum* Schum em diferentes idades são apresentados na Tabela 5. Ao se verificar a porcentagem de MS da forragem dos genótipos (Tabela 2)

percebe-se que foi menor em relação a composição da silagem (Tabela 5). Segundo Woolford (1984), materiais muito úmidos são facilmente compactados, o que resulta em uma barreira física, que dificulta o escoamento do efluente, o mesmo comenta que materiais mais secos, geralmente de idade mais avançada e advindos de cortes mais longos apresentam dificuldade na compactação da massa ensilada, porém permitem o melhor escape do efluente.

As silagens confeccionadas com o genótipo IRI foram as que apresentaram os maiores teores de MO (Tabela 5). Percebe-se que o avançar da idade proporcionou silagens com maiores concentrações de MO, que vem como reflexo do mesmo comportamento dos genótipos antes da ensilagem.

O nitrogênio amoniacal (N-NH₃), o valor de pH, e os ácidos orgânicos são considerados indicadores de qualidade da silagem. A acidez é considerada um fator importante na conservação da silagem. Ela atua inibindo ou controlando o desenvolvimento de micro-organismos prejudiciais, como as bactérias do gênero *Clostridium*, sensíveis à pH abaixo de 4 (Whittenbury et al., 1967). Valores de pH elevado indicam perda de nutrientes, principalmente, proteínas resultando em material menos palatável e de odor desagradável (Faria, 1966).

Os níveis de nitrogênio amoniacal altos têm sido associados a um forte desdobramento de aminoácidos, resultando em silagem de baixa qualidade. Segundo McDonald & Whittenbury (1973), existe uma relação linear entre o teor de nitrogênio amoniacal e pH da silagem, tendo como valor crítico de pH de 4,2, quando o limite para o teor de nitrogênio amoniacal seria de 11%. No presente estudo, as silagens confeccionadas com o genótipo Taiwan 2.37 foram as que apresentaram os menores (P<0,05) valores de N-NH₃, que pode ser reflexo dos menores teores de MS associados a mais baixa capacidade tampão apresentados por este genótipo. Por outro lado, quanto

maior a idade dos genótipos no momento da ensilagem, menores ($P < 0,05$) foram as concentrações de N-NH₃ das silagens. Fato que vem como reflexo do aumento da MS (Tabela 2) dos genótipos com o avançar da idade, que contribui sobremaneira para o processo fermentativo, reduzindo de forma significativa a proteólise.

CAMPOS, D. O. CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE ...

Tabela 5 – Efeito do genótipo e idade de corte sobre a composição química e densidade das silagens de *Pennisetum purpureum* Schum

Variáveis	Efeito Genótipos(G)				Efeito Idades (I)			(P)			CV(%)	
	MOTT	T.2.37	EB	IRI	30	60	90	G	I	GxI	G	I
MS(%)	18,86c	23,82a	21,32b	22,77ab	18,09b	19,76b	27,27a	**	**	ns	6,34	11,59
MO(%MS)	86,76c	87,96ab	87,34 bc	88,38 ^a	84,80c	88,06b	89,97a	**	**	ns	0,89	1,55
PB(%MS)	10,33ab	11,17a	8,91c	10,04b	12,83a	9,78b	7,73c	**	**	*	9,44	9,61
EE(%MS)	2,71c	4,11a	2,65c	3,47b	4,25a	3,04b	2,40c	**	**	ns	17,65	20,13
FDN(%MS)	63,23	61,28	66,77	65,47	58,20c	65,18b	69,18a	ns	**	ns	6,89	5,18
DA(%MS)	37,06b	35,70c	39,18a	39,12a	34,15c	38,82b	40,33a	**	**	**	2,05	3,73
HEMI(%MS)	26,17	25,57	27,59	26,35a	24,05c	26,36b	28,85a	ns	**	ns	16,52	11,41
LIG(%MS)	5,05a	4,58ab	4,32b	4,66ab	5,09a	4,48b	4,39b	*	**	**	10,27	12,06
NIDN(%NT)	1,04 a	0,57 b	1,01 a	0,61b	0,84	0,82	0,76	**	ns	ns	21,33	27,70
NIDA(%NT)	0,83 a	0,50 b	0,76 a	0,53 b	0,65	0,61	0,70	**	ns	ns	26,82	21,57
N-NH3(%N _{total})	13,06 ab	9,23 b	15,09 a	16,26 a	19,43 a	12,86 b	7,94 c	*	**	ns	37,59	43,73
pH	4,40	4,60	4,83	4,75	4,73	4,77	4,43	ns	ns	ns	10,39	11,07
T°C	29,04b	28,58c	30,33a	28,00d	28,62b	29,03 ^a	29,31a	**	**	**	1,18	1,47
D (kg massa/m ³)	291.53	276.06	271.25	261.58	315.17 a	292.81 b	217.34 c	ns	**	ns	9,45	7,11

As médias seguidas pela mesma letra, dentro do mesmo fator, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade.

O efeito genótipo não proporcionou alteração significativa os valores de densidade das silagens, no entanto, quanto menor a idade do genótipo no momento da ensilagem maior ($P < 0,05$) foi a densidade impressa as silagens (Tabela 5). É importante ressaltar que todas as silagens atingiram valores de densidade dentro da amplitude recomendada por Holmes & Muck (1999), que mencionam o valor de limite mínimo de 225 kgMS/m^3 .

Ao se desdobrar o efeito da interação dos efeitos genótipo x idade de corte sobre os teores de PB das silagens (Tabela 6) nota-se que o comportamento apresentado pelos genótipos antes da ensilagem se repetiu, de modo as silagens confeccionadas com genótipos mais velhos apresentaram menores ($P < 0,05$) teores de PB, bem como aquelas de genótipos de porte alto também apresentaram menores ($P < 0,05$) concentrações de proteína.

Para a fibra em detergente ácido os maiores teores foram para as silagens confeccionadas com os genótipos de porte alto (Tabela 6) podendo ser explicado pela menor relação folha/colmo mencionada anteriormente.

A presença da lignina tem sido considerada a maior barreira química para digestão das forragens. Admite-se que, nas plantas imaturas, o menor grau de condensação da lignina compromete menos a digestão dos tecidos. Entretanto, a maturação fisiológica do vegetal possibilita a formação de complexos de elevado peso molecular, os quais envolvem a hemicelulose e a celulose. Sua associação com a hemicelulose impede a ação das enzimas que atuam na degradação dos carboidratos, já que dificulta tanto o acesso quanto o adequado acoplamento ao substrato (carboidrato).

Tabela 6 - Composição química e temperatura de silagens confeccionadas com genótipos de *Pennisetum purpureum* em função das diferentes idades de corte.

Genótipos	Idades (dias)		
	30	60	90
Proteína Bruta (PB)			
Mott	12,19 bA	10,61 aB	8,18 aC
Taiwan 2.37	14,08 aA	11,17 aB	8,25 aC
Elefante B.	11,05 bA	8,48 bB	7,21 aB
IRI 381	14,02 aA	8,84 bB	7,28 aC
Fibra em detergente ácido (FDA)			
Mott	33,42 bB	38,98 aA	38,78 cA
Taiwan 2.37	33,93 bB	35,43 bB	37,74 cA
Elefante B.	36,07 aB	40,36 aA	41,11 bA
IRI 381	33,18 bC	40,49 aB	43,68 aA
Lignina(LIG)			
Mott	4,93 bcA	5,37 aA	4,86 aA
Taiwan 2.37	5,27 abA	3,40 bB	5,06 aA
Elefante B.	4,18 cB	5,18 aA	3,61 bB
IRI 381	5,97 aA	3,98 bB	4,03 bB
Temperatura (T°)			
Mott	28,0 cC	29,1 bB	30,0 aA
Taiwan 2.37	29,0 bA	28,5 cA	28,2 cA
Elefante B.	30,5 aA	30,3 aA	30,1 aA
IRI 381	27,0 dC	28,1 cB	28,8 bA

Médias na linha/coluna, seguidos de letras maiúsculas/minúsculas distintas, diferem pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

As silagens dos genótipos Taiwan 2.37 e IRI 381 foram as que registraram as menores ($P < 0,05$) temperaturas especialmente quando confeccionadas aos 60 e 90 dias de idade de corte, no entanto, o efeito idade dentro de cada genótipo principalmente para Taiwan e Elefante B não proporcionou alterações significativas nas temperaturas das silagens. Segundo Van Soest (1994) as condições de umidade e temperatura acima de 55°C são favoráveis à ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos aminas dos aminoácidos, resultando-se em compostos denominados produtos da reação de Maillard e nenhuma das silagens do presente estudo apresentaram temperaturas nesta magnitude. Fato que pode ser confirmado pelos baixos valores de NIDA registrados pelas silagens dos diferentes genótipos (Tabela 5).

Os valores (Tabela 7) referentes à Recuperação da matéria seca (RMS), Perdas por gases (PG) e Produção de efluentes (PE) são importantes para avaliar a qualidade de fermentação da forragem ensilada. Perdas podem ser, na maioria das vezes, subestimadas em relação à situação de campo devido ao maior controle no ambiente do silo de laboratório.

O percentual de recuperação da matéria seca não diferiu entre os genótipos, mas em função das idades diferentes houve diferença significativa. De acordo com Muck (1996), a predominância de bactérias lácticas homofermentativas, como *Lactobacillus plantarum*, resulta na produção de ácido láctico a partir de açúcares, sem formação de metabólitos secundários, reduzindo-se assim as perdas de MS na forma de gás.

As perdas gasosas é um tipo de medida que segundo McDonald et al. (1991), não depende apenas dos microrganismos envolvidos, mas também dos substratos fermentescíveis, ou seja, do manejo adequado no momento da ensilagem como por exemplo da compactação e menor teor de umidade do material ensilado, ocorrendo assim por consequência, fermentação menos extensa e com menores perdas (Ribeiro, 2009).

CAMPOS, D. O. CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE ...

Tabela 7 - Valores médios de Recuperação de matéria seca (RMS), Perdas totais de matéria seca (PMS), Perda por gases (PG) e Produção de efluentes (PE) em silagens de genótipos de *Pennisetum sp.*

Variáveis	Genótipos(G)				Idades (I)			(P)			CV(%)	
	Mott	T. 2.37	EB.	IRI 381	30	60	90	G	I	GxI	G	I
RMS (%MS)	85,91	87,18	86,17	87,08	80,59b	84,06b	95,11a	ns	**	ns	7,39	5,97
PG (%MS)	6,62	6,83	7,58	9,59	10,76a	7,19b	5,01b	ns	**	ns	47,73	49,69
PE (kg/ton de MV)	67,03	63,79	70,04	67,63	90,87a	96,79a	13,71b	ns	**	*	12,03	14,28

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Registrou-se interação significativa entre os fatores para expressar a produção de efluentes (Tabela 8). Merece destaque a menor ($P < 0,05$) produção de efluente das silagens confeccionadas com o genótipo Taiwan 2.37 aos 30 dias de crescimento. Estes resultados corroboram com a hipótese de que este genótipo apresenta teores de umidade mais baixos, especialmente quando jovens.

Tabela 8– Produção de efluentes (Kg/ton de MV) em silagens confeccionadas com genótipos de *Pennisetum* em função das diferentes idades de corte.

Genótipos	Idades (dias)		
	30	60	90
Mott	87,78 abA	97,80 aA	15,50 aB
Taiwan 2.37	80,19 bB	102,42 aA	8,76 aC
Elefante B.	101,70 aA	86,73 aB	21,70 aC
IRI 381	93,80 abA	100,21 aA	8,88 aB

Valores na linha/coluna, seguidos de letras maiúsculas/minúsculas distintas, diferem pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Com exceção dos carboidratos solúveis e, possivelmente, da proteína verdadeira, a maior parte dos componentes do efluente aumenta com o tempo, especialmente os produtos da fermentação, como o ácido lático e o ácido acético. As perdas de carboidratos solúveis, particularmente de silagens muito úmidas, podem ser significativas; e o esgotamento deste substrato prontamente fermentável poderá alterar o padrão de fermentação da silagem, inclusive por restringir a extensão da fermentação (McDonald, et al., 1991).

Degradação ruminal

Os resultados da avaliação da cinética de degradação apontaram interação significativa ($P < 0,05$) para a todas as variáveis avaliadas, exceto para a taxa de degradação da fração “c”, a qual foi reduzindo ($P < 0,05$) a medida aumentava a idade de corte (3,7; 3,0 e 2,9 %/hora). No entanto, para efeito de genótipo não foi registrada diferença significativa para a taxa de degradação da fração “b”.

O desdobramento da interação dos efeitos genótipo x idade de corte estão apontados na Tabela 9.

Tabela 9: Valores médios dos parâmetros da cinética de degradação de silagens de genótipos de *Pennisetum purpureum* Schum em função de diferentes idades de corte.

Genótipos	Idades (dias)		
	30	60	90
Fração "a" (%)			
Mott	24,94 abA	18,54 bB	18,33 bB
Taiwan 2.37	25,25 aA	21,50 aB	20,56 aB
Elefante B.	23,48 bA	17,52 bB	15,28 cC
IRI 381	24,06 abA	17,70 bB	14,50 cC
Fração "b" (%)			
Mott	39,21 abA	36,76 aA	38,52 aA
Taiwan 2.37	44,06 aA	41,02 aA	31,78 bcB
Elefante B.	36,80 bA	36,33 aA	34,24 abA
IRI 381	45,07 aA	39,90 aA	28,36 cB
Degradabilidade potencial (%)			
Mott	64,15 abA	55,03 bB	56,85 aB
Taiwan 2.37	69,31 aA	62,54 aB	52,34 abC
Elefante B.	60,28 bA	54,15 bB	49,52 bB
IRI 381	69,13 aA	57,61 abB	42,86 cC
Fração Não Degradável (%)			
Mott	35,85 abB	44,69 aA	43,15 cA
Taiwan 2.37	30,69 bC	37,46 bB	47,66 bcA
Elefante B.	39,72 aB	45,85 aA	50,48 bA
IRI 381	30,87 bC	42,39 abB	57,14 aA
Degradabilidade efetiva 2%/hora			
Mott	49,25 bA	40,46 bB	37,95 abC
Taiwan 2.37	55,87 aA	47,50 aB	39,79 aC
Elefante B.	47,76 bA	39,41 bB	36,52 bC
IRI 381	50,11 bA	40,75 bB	31,98 cC
Degradabilidade efetiva 5%/hora			
Mott	54,73 bA	50,47 bA	49,83 aA
Taiwan 2.37	65,10 aA	57,86 aB	43,86 bcC
Elefante B.	52,92 bA	50,30 bA	47,79 abA
IRI 381	61,34 aA	54,07 abB	39,54 cC
Degradabilidade efetiva 8%/hora			
Mott	40,45 bA	32,25 bB	29,64 bC
Taiwan 2.37	46,30 aA	38,36 aB	32,64 aC
Elefante B.	39,60 bA	31,18 bB	28,83 bC
IRI 381	40,33 bA	31,87 bB	25,67 cC

Valores na linha/coluna, seguidos de letras maiúsculas/minúsculas distintas, diferem pelo teste Tukey (5%)

Segundo Campos (2002), o avanço da maturidade dos tecidos vegetais de plantas forrageiras leva a uma redução na digestibilidade da matéria seca, que é uma consequência deste desenvolvimento. Esta redução pode ser observada mais

intensamente em gramíneas tropicais o que interfere decisivamente na sua utilização como alimento para ruminantes.

As silagens confeccionadas com o genótipo Taiwan 2.37 aos 60 dias de idade de corte foram as que registraram os maiores ($P < 0,05$) valores de degradabilidade potencial e efetiva da MS, em todas as taxas de passagem avaliadas. Segundo Sampaio et al. (1995), forragens com altos valores de DP apresentam tendência a ter maior digestibilidade.

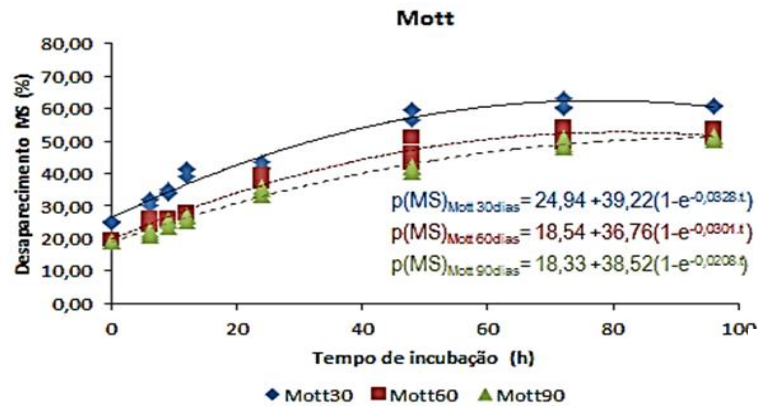
Considerando a fração não degradável, percebe-se que as silagens de todos os genótipos avaliados tiveram a degradabilidade reduzida em função do aumento da idade de corte. Rodrigues et al. (2004) sugeriram que a elevada proporção de carboidratos da parede celular e o teor de lignina da forragem são a principal causa da menor degradabilidade. Desta forma, o elevado teor de lignina dos capins aos 90 dias provavelmente tenha sido o responsável pelos menores valores das degradabilidades efetiva para 2, 5 e 8%/hora da taxa estimada de passagem das partículas no rúmen. De acordo com Campos (2002), o capim-elefante é uma gramínea tropical de via fotossintética C4, o que lhe confere elevada capacidade de assimilação de energia solar e, portanto, maior acumulação de matéria seca. Essa rápida acumulação de MS aliada à maturidade do capim afeta acentuadamente seu valor nutritivo.

As gramíneas tropicais, embora apresentem alta produtividade, quando comparadas àquelas de clima temperado, acumulam ao longo do ciclo de crescimento elevada proporção de parede celular que, nutricionalmente, denominamos de fibra em detergente neutro. Essa fração apresenta, de modo geral, lenta e incompleta digestão, ocupa espaço no trato gastrintestinal (Mertens, 1996) e é a principal responsável pela

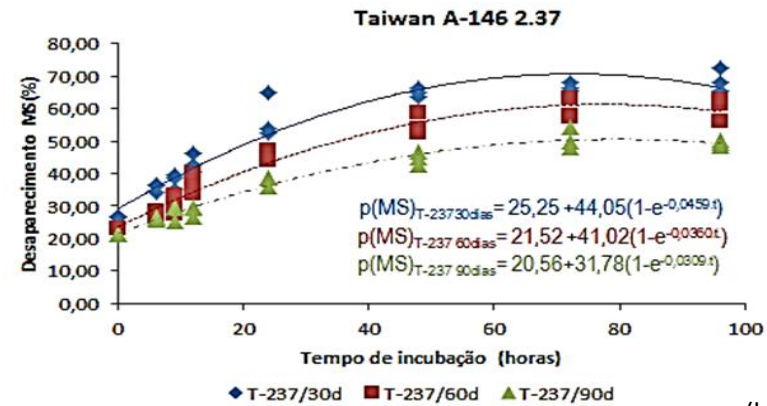
variação na digestão dos alimentos tropicais, além de exercer efeito marcante sobre o consumo de alimentos (Van Soest, 1994; Mertens, 1996).

Os carboidratos fibrosos (CF = FDN) são os principais componentes dos volumosos tropicais tais como a silagem de capim-elefante, e que apresentam lenta e incompleta digestão no trato gastrointestinal dos ruminantes (Mertens, 1996). Assim pode-se sugerir que esses compostos são os grandes responsáveis pela baixa digestibilidade dos alimentos, como menciona Van Soest (1994). Por isso, o conhecimento das frações que compõem a FDN (D e I) é fundamental, pois se pode presumir que a fração não degradável (I) tenha considerável efeito sobre a indigestibilidade dos alimentos. Conceito que pode ser aplicado na tentativa de explicar a variação entre alimentos quando na avaliação de degradabilidade da MS (a + b), pois a FDN representa a maior proporção da MS dos alimentos estudados e exerce, provavelmente, elevado efeito sobre a digestão ruminal (Cabral et al., 2005). Seguindo este raciocínio, pode-se explicar a menor fração não degradável apresentada nas silagens de Taiwan 2.37, uma vez que silagens apresentaram os valores numéricos de FDN mais baixos que as silagens dos demais genótipos (Tabela 5).

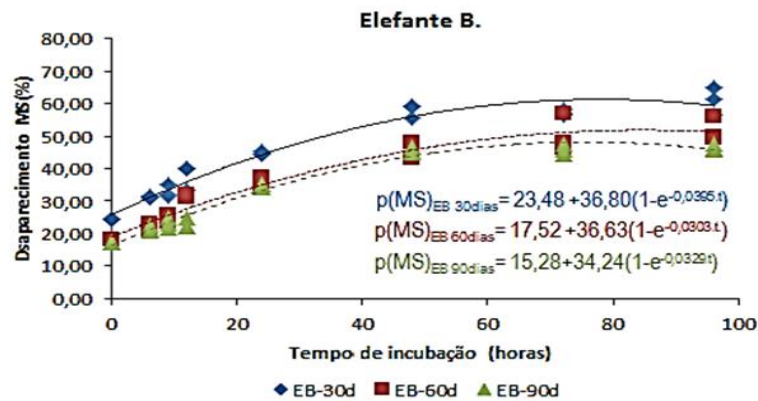
A cinética de degradação da Matéria Seca (MS) das silagens em estudo pode ser observada na Figura 2. Fica evidente o melhor comportamento de degradação das silagens do genótipo Taiwan 2.37, que pode ser atribuída aos valores mais elevados da fração solúvel e potencialmente degradável que as demais silagens. Provavelmente, estes resultados derivam do menor ($P < 0,05$) percentual de constituintes da parede celular que estas silagens apresentaram (Tabela 5).



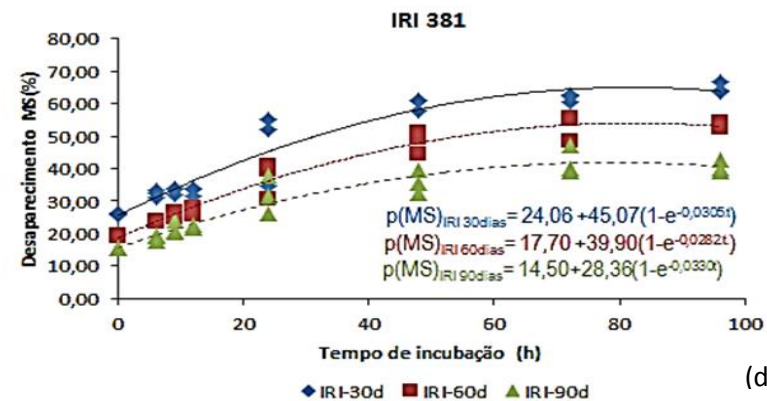
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2 – Cinética de degradação da Matéria seca (MS) de silagens confeccionadas com genótipos de *Pennisetum purpureum* Schum. aos 30, 60 e 90 dias de crescimento após o corte de uniformização: (a) Mott; (b) Taiwan A 146 2.37, (c) Elefante B e (d) IRI 381.

É conveniente destacar que nas primeiras horas de incubação das amostras no rúmen (até 2 horas) as silagens confeccionadas com os genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan 2,37) e as de porte alto (Elefante B e IRI) mostraram comportamento desaparecimento da MS bastante semelhante, variando de 20 a 30% para o primeiro grupo e de 15 a 25% para o segundo. Essa semelhança no início da degradação entre as silagens pode ser descrita, de acordo com Swinen et al. (2004), como fase lag time, que é a fase anterior ao início da degradação ruminal, onde tem início a colonização microbiana, mas não ao ponto de causar quebra no material incubado. No decorrer da degradação, a fração fibrosa fica exposta e à medida que isto ocorre, o alimento tem maior tempo de exposição ao ambiente ruminal, podendo favorecer o ataque microbiano e conseqüentemente aumentar o desaparecimento da MS , que pode ter acontecido com as silagens do genótipo Taiwan 2.37.

Conclusões

Os genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37) sofrem influencia menos acentuada da idade sobre a composição química, no entanto registram menor produção de massa de forragem por área.

Entre as silagens, quando confeccionadas sem uso de aditivos ou prática de emurhecimento, destacam-se as confeccionadas com o genótipo Taiwan 2.37 pela menor proteólise e cinética de degradação da matéria seca.

Referências bibliográficas

- ANDRADE, S. J. T.; MELOTTI, L.. Inoculantes bacterianos na ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpurem*, Schum). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. [online]. 2003, vol.40, suppl.3, p. 219-223.
- AVILA, C.L. S.; PINTO, J.C.; TAVARES, V.B; SANTOS, I.P.A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira Zootecnia** [online]. 2006, vol.35, n.3, pp. 648-654. ISSN 1806-9290.
- BALSALOBRE, M. A. A.; NÚSSIO, L. G.; MARTHA Jr.; G. B. Controle de Perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais...Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 890-911.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. 2011. *Methods for Chemical Analysis in Plants*. Imprensa Universitária da UFRPE, Recife, PE, Brasil.
- BOLSEN, K.K. Silage: basic principles. In: BARNES, R.F.; MILLER, D.A.; NELSON, C.J. (Eds.) *Forages*. 5.ed. Ames: Iowa State University, 1995. p.163-176.
- BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.49, p.441-452, 1997.
- BUXTON, D.R. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. **Animal Feed Science and Technology**, v.59, n.1, p.37-49, 1996.
- CABRAL, L. S. et al. Degradabilidade in situ da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2005, vol.40, n.8, pp. 777-781. ISSN 0100-204X.
- CAMPOS, F. P.; LANNA, D. P. D.; MAX LÁZARO VIEIRA BOSE, M. V. B.; BOIN, C.; SARMENTO, P. Degradabilidade do capim-elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método in vitro/gás. *Scientia Agricola*, v.59, n.2, p.217-225, abr/jun. 2002
- CARVALHO, G. G. P.; GARCIA R.; PIRES, A. J. V.; DETMANN, E.; PEREIRA, O. G.; FERNANDES, F. E. P. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante emurhecido ou com diferentes níveis de farelo de cacau. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.8, p.1347-1354, 2008.
- CARVALHO, J.L.H. A mandioca: raízes e parte aérea na alimentação animal. Circular técnica. C.P.A.C. Embrapa, Planaltina, n.30, p.1-36. 1985.
- CATCHPOOLE, V. R.; HENZELL, E. F. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstr.*, 41: 213-21. 1971.

CAMPOS, D. O. CARACTERIZAÇÃO DA FORRAGEM E DA SILAGEM DE ...

CORRÊA, L. A; POTT, E. B. Silagem de capim. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2, 2001, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2001. p. 339-362.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R. G. de A. Curva de crescimento e composição química de *Paspalum atratum* Bra-009610 em Rondônia. In: ZOOTEC, 2004, Brasília. Anais... Brasília: ABZ/AZOO, 2004.p 1-4. 1 CD ROM.

DERVIN, D.G., TYRONE, C.C. Características de crescimento del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). Revista Agronômica, v.9, n.1, p.25-34, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

FREITAS, E.V.; LIRA, M.A.; DUBEUX JR., J.C.B. et al. Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados sob pastejo na Zona da Mata de Pernambuco. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, v.26, n.2, p.251-257, 2004.

FREITAS, E.V. Caracterização de pastos, consumo e desempenho de vacas em pastagens de *Pennisetum* sp., 2008, 88f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

GONZALEZ, D.A.; MENEZES, M. O capim-elefante (elephant grass). Zootecnia, Nova Odessa, v.70, n.4, p.229-260, 1979.

GUIM, A. Produção e avaliação de silagem. In: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS NATIVAS, 3., 2002. Anais... Areia: UFPB, 2002. CD-ROM

GUPTA, V.P. Fodder improvement in *Pennisetum*. Forage Research, Madison, v.1, p.54-60, 1975.

HATFIELD, R.D.; RALPH, J.; GRABBER, J.H. Celi wall structural foundations: molecular basis for improving forage digestibilities. **Crop Sci.**, 39:27-37. 1999.

HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Factors affecting bunker silo densities. Madison: University of Wisconsin, 1999, 7p.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em Jan, 2013. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>

JACOMINE, P.K.T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.19-46

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.101-119, 2007.

LACERDA, P.D., Malafaia, P., Vieira, R.A.M., Henrique, D.S., Van Der Made, I.E. e Farta, A.R.G. 2004. Variação anual da composição bromatológica de duas forrageiras cultivadas nas baixadas litorâneas do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Ciência Rural*, 34: 523-529.

LADEIRA, M.M.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Cinética ruminal do feno de *Stylosanthes guianensis*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.53, n.2, p.1-8, 2001.

LAVEZZO, W., SILVEIRA, A.C., GONÇALVES, D.A. et al. Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Roxo. I. Efeito da idade ao 1º corte sobre a composição bromatológica e teores de macro e micro elementos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 16, Curitiba, 1979. Anais... Curitiba: SBZ, 1979b, p.409.

LAVEZZO, W. Ensilagem do capim elefante. In: Simpósio sobre manejo de pastagem, 11, 1993, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ, 1993. P.169-275.

LEAO, F.F., CANCELLIER, L.L.; PEREIRA, A.V.; et al. Produção forrageira e composição bromatológica de combinações genômicas de capim-elefante e milheto. *Rev. Ciênc. Agron.* [online]. 2012, vol.43, n.2, pp. 368-375. ISSN 1806-6690.

LIMA, M.L.M. Primeiro curso de tecnologia de produção de silagem de gramínea tropical. Aditivos bacterianos enzimáticos. USP, ESALQ, Piracicaba, 2000, p.26.

LOURES, D. R. S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. A; CECON, P. R.; SOUZA, A. L. de. Características do Efluente e Composição Químico-Bromatológica da Silagem de Capim-Elefante sob Diferentes Níveis de Compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003 (Supl. 2)

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Perdas por efluente e gases em silagens de capim Tanzânia sob os efeitos do teor de matéria seca, tamanho de partícula e do uso de aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. Anais... São Paulo: SBZ, 2004. CD-ROM. Forragicultura. FOR-133.

McDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. J. E. 1991. The biochemistry of silage. 2ª ed. Chalcombe Publications. Great Britain. 340 p.

McDONALD, P.; WHITTENBURY, R. The ensilage process. *Chemistry and Biochemistry of Herbage*, New York, 3(28): 33-60, 1973.

MELLO, A.C.L. de; LIRA, M. de A.; LIMA, G.S. de; BATISTA, A.M.V. Relação folha/colmo e digestibilidade “in situ” de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, BOTUCATU, 1998. Anais... Botucatu:SBZ, 1998. P.239-241.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: Fahey, G.C. Jr.; Collins, M.; Mertens, D.R. et al. (Eds.) Forage quality, evaluation and utilization. Madison: 1994. p.450-493.

MERTENS, D.R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Wisconsin, USA. Wisconsin, [s.ed.], 1996. Proceedings. p.81-92.

MORAIS, R.F. de; SOUZA, B.J. de; LEITE, J.M.; SOARES, J.H. de B.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, p.133-140, 2009.

MOREIRA, J.F.C.; RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C. Concentrados protéicos para bovinos. 1. Digestibilidade in situ da matéria seca e da proteína bruta. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.55, p.315-323, 2003.

MUCK, R. Silage inoculation. In: CONFERENCE WITH DAIRY AND INDUSTRIES, 1996, Madison. Proceedings... Dairy Forage Research Center, 1996. p. 43-51.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of small ruminants. 2007, 362p.

NELSON, C.J.; MOSER, L.E. Forage quality, evaluation, and utilization. Madison: Library of Congress, 1994. p.112-134.

OLIVEIRA, C. F. Avaliação sob pastejo de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e seus híbridos com milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) na Zona da Mata de Pernambuco. 1999. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1999.

ORSKOV, E. R. & McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal Agricultural Science. Cambridge. 1979.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C. et al. Silage fermentation processes and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, 1999, Rome. Silage making in the tropics with emphasis on smallholders. Proceedings... Rome: FAO, 2000. p.17-30.

PESCE, D.M.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. Porcentagem, perda e digestibilidade in vitro da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia, v.52, n.3, p.250-255, 2000.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and silage. Journal Science of Food and Agriculture, 17:264-268, 1966.

PRESTON, T. R. Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines. A practical manual for research workers. Rome: FAO, 1986, p154.

QUEIROZ FILHO, J.L.; SILVA, D.S.; NASCIMENTO, I.S. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar roxo em diferentes idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.1, p.69-74, 2000.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. Valor nutritivo de plantas forrageiras. Jaboticabal: [s.n.], 1993. 26 p.

REZENDE, A.V.; EVANGELISTA, A.R.; BARCELOS, A.F.; SIQUEIRA, G.R.; SANTOS, R.V.; MAZO, M.S. Efeito da mistura da planta de girassol (*Helianthus annuus* L.) durante a ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no valor nutritivo da silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.5, p.1938-1943, 2002.

RIBEIRO, José Leonardo et al. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. *Revista Brasileira Zootecnia* [online]. 2009, vol.38, n.2, pp. 230-239. ISSN 1806-9290.

RUGGIERI, A.C., FAVORETTO, V., MALHEIROS, E.B. Efeito de níveis de nitrogênio e regime de corte na distribuição, na composição bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da matéria seca da *Brachiaria brizanta* (Hochst) Stapf cv. Marandu. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.24, n.1, p.20-30, 1995.

RUGGIERI, A.C.; TONANI, F.L.; ANDRADE, P.; SILVEIRA, A.C. Efeito do emurhecimento e da adição de fubá na degradabilidade in situ da silagem de alfafa (*Medicago sativa* L.). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.53, p.94-99, 2001.

SAMPAIO, I.B.M.; PIKE, D.J. OWEN, E. Optimal design for studying dry matter degradation in the rumen. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 47, n. 3, p. 373-383, 1995.

SANTANA, J.R., PEREIRA, J.M. e RUIZ, M.A.M. 1994. Avaliação de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), no sudoeste da Bahia. II - Agrossistema de Itapetinga. *Revista Brasileira Zootecnia.*, 23: 507-517.

SANTOS, E.A., SILVA, D.S. e QUEIROZ FILHO, J.L. 2001. Composição química do capim elefante cv. Roxo cortado em diferentes alturas. **Revista Brasileira Zootecnia**, 30: 18-23.

SANTOS, E.D.; ZANINE, A.M.; OLIVEIRA, J.S. Produção de Silagem de Gramíneas Tropicais. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 11, p. 1-22, 2006.

SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Formação e manejo de capineiras de capim-elefante. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, 2008. 23p. (Documentos, 33).

SANTOS, R.J.C.; LIRA, M.A.; GUIM, A.;. Elephant grass clones for silage production. **Scientia Agricola**. (Piracicaba, Braz.) [online]. 2013, vol.70, n.1, pp. 6-11. ISSN 0103-9016.

SCHANK, S.C. Vegetative and sexual propagation of elephant grass. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM ELEFANTE, 2., 1994, Coronel Pacheco. **Anais**. Coronel Pacheco : Embrapa-CNPGL, 1994. p 57-71.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 235p.

SILVA, M.A; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F., DUBEUX JUNIOR, J.C.B., FREITAS E.V. de, ARAÚJO G.G.L.. Rendimento forrageiro e valor nutritivo de clones de *Pennisetum* sob corte, na zona da mata seca Archivos de Zootecnia, vol. 60, núm. 229, marzo, 2011, pp. 63-74, Universidad de Córdoba – España.

SILVA, F. de A. S. e. ASSISTAT Versão 7.6 beta (2013) - DEAG-CTRN-UFCG Homepage <http://www.assistat.com>. Acesso em 30/03/2013.

SILVEIRA, A. C. Técnicas para produção de silagens In: Simpósio sobre Manejo de Pastagens, 2º Piracicaba, ESALQ, 1975. Anais. P. 156-180.

SOBRINHO, F.S.; LÉDO, F.J.S.; PEREIRA, A.V.; OLIVEIRA, J.S. Avaliação do potencial de propagação por sementes de capim-elefante hexaplóide. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.974-977, 2008.

TEIXEIRA, F. A.; VELOSO, C. M.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; NASCIMENTO, P. V. N.; CARVALHO, G. G. P. Degradação ruminal da silagem de capim-elefante aditivado com cana-de-açúcar e farelo de cacau. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 3, p. 948-954, 2008.

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

VELOSO, C.M.; RODRIGUEZ, N.M.; SAMPAIO, I.B.M.; GONÇALVES, L.C.; MOURÃO, G.B. pH e amônia ruminais, relação folhas:hastes e degradabilidade ruminal da fibra de forrageiras tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.871-879, 2000.

VILELA, H., BARBOSA, F.A., RODRIGUEZ, N., CASLE, C. Efeito do emurhecimento do Capim Elefante sobre a qualidade da silagem. Matsuda, São Sebastião do Paraíso/MG, 2000. 12p.

WEISSBACH, F. and HONIG, H. 1996. On anticipation and control of the run of fermentation in silage making from extensively grown forages. *Landbauforschung Voßkenrode 1*: 1017 [in German, English summary].

WHITTENBURY, R.; McDONALD, P.; BRYAN-JONES, D. J. A short review of some biochemical and microbiological aspects of silage. **J. Sci. Fod and Agric.**, 18:441-44, 1967.

WILSON, J.R. 1994. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *J. Agric. Sci.*, 122:173-182.

WOODARD, K.R., PRINE, G.M. Forage yield and nutritive value of elephantgrass as affected by harvest frequency and genotype. *Agron. J.*, v.83, n.3, p.541-6, 1991.

WOOLFORD, M.K. *The silage fermentation*. New York: Marcel Dekker, 1984. 322 and 350p.

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal* 57: 508–514.