



**PERFIL DE FERMENTAÇÃO DAS SILAGENS  
DE CAPIM-TANZÂNIA COM ADITIVOS**

**CARLA LUIZA DA SILVA ÁVILA**

**2002**



54102

MFN046905

CARLA LUIZA DA SILVA ÁVILA

**PERFIL DE FERMENTAÇÃO DAS SILAGENS DE CAPIM-TANZÂNIA  
COM ADITIVOS**

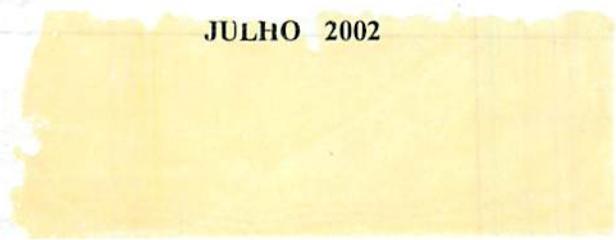
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Forragicultura e Pastagem, para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**

Prof. José Cardoso Pinto

LAVRAS

JULHO 2002



Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA

Ávila, Carla Luiza da Silva

Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos / Carla  
Luiza da Silva Ávila. -- Lavras : UFLA, 2002.

83 p. : il.

Orientador: José Cardoso Pinto.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Silagem. 2. Capim tanzânia. 3. Fermentação. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD-632.2

-636.08552

**CARLA LUIZA DA SILVA ÁVILA**

**PERFIL DE FERMENTAÇÃO DAS SILAGENS DE CAPIM- TANZÂNIA  
COM ADITIVOS**

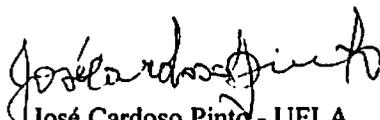
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Forragicultura e Pastagem, para obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 18 de julho de 2002

Antônio Ricardo Evangelista - DZO/UFLA

Augusto Ramalho de Moraes - DEX/UFLA

Henrique César Pereira Figueiredo - DMV/UFLA

  
José Cardoso Pinto - UFLA  
(Orientador)

**LAVRAS  
MINAS GERAIS -BRASIL**

Aos meus pais, Lindeberg Naves da Silva e  
Ana Luiza de Carvalho Silva, pelo amor,  
exemplo de vida e dedicação.

**DEDICO**

Ao meu marido Luciano pelo apoio e compreensão

À minha filha Ana Luiza pela alegria que sempre trouxe

Aos meus irmãos Ana, Marta, Cristina e Antônio Carlos pela  
convivência, amizade e incentivo durante toda a minha vida

Aos meus sobrinhos Bruno, Guilherme e Mariana

Aos meus cunhados Elí e Gilson

**OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

**A DEUS pela minha família e pela oportunidade de crescimento e aprendizado;**

**À Universidade Federal de Lavras pela formação profissional;**

**Ao professor José Cardoso Pinto pela orientação, ensinamentos e amizade;**

**Aos professores Antônio Ricardo Evangelista, Augusto Ramalho de Moraes e Henrique César Pereira Figueiredo pelas valiosas sugestões, atenção e amizade;**

**Ao aluno de graduação e amigo Valdir pela importante ajuda na condução de todo o experimento;**

**Ao professor José Cleto e aos funcionários do Laboratório de Pesquisa Animal, Márcio, Suelba e José Virgílio, e em especial à laboratorista Eliana pela grande ajuda na realização das análises laboratoriais;**

**Aos secretários da Pós-graduação Keila, Carlos e Pedro;**

**A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia pelo auxílio no momento da ensilagem;**

**Aos meus colegas Ana Cristina, Ívina, Lourenia, Edinéia, Afrânio, Jorge, Eleuza, Thiago, entre outros, pela convivência;**

**A todos os colegas do NEFOR pela convivência e aprendizado;**

**Ao colega Denismar pela ajuda na realização das análises estatísticas;**

**Ao professor José Eduardo Brasil e pelos funcionários do Laboratório de Cultura de Tecidos e aos funcionários do Laboratório de Ciência dos alimentos pelo empréstimo de equipamentos;**

**Aos funcionários do Laboratório de Nutrição da Universidade Federal de Minas Gerais e ao aluno de mestrado Agenor Neto pelos auxílios nas análises de Carboidratos Solúveis;**

**A toda a minha família, em especial à tia Nilzinha, e ao meu primo Jéferson;**

**A todos os amigos que sempre me apoiaram;**

**Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado;**

**E a todos aqueles de direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 O capim-tanzânia.....	3
2.2 O Processo da ensilagem .....	6
2.2.1 Matéria seca, carboidratos solúveis e poder tampão .....	6
2.2.2 pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos.....	10
2.2.3 Carboidratos estruturais.....	12
2.2.4 Aditivos na ensilagem .....	13
2.3 Polpa cítrica.....	15
2.4 Farelo de trigo .....	16
2.5 Fubá de milho.....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
3.1 Localização e Clima .....	19
3.2 Área experimental e colheita da forragem.....	19
3.3 Preparo da silagem e formação dos tratamentos .....	20
3.4 Avaliação do perfil de fermentação.....	21
3.5 Análises químicas.....	22
3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas .....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
4.1 Composição química da forragem do capim-tanzânia e dos aditivos utilizados na ensilagem .....	25
4.2 Teores de matéria seca (MS) das silagens de capim-tanzânia.....	26
4.3 Teores de proteína bruta (PB) na MS das silagens de capim-tanzânia.....	30
4.4 Teores de FDN, FDA e hemicelulose na MS das silagens de capim-tanzânia .....	34
4.5 Valores de pH e teores de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH <sub>3</sub> (% N total)] das silagens de capim-tanzânia .....	45

4.6 Poder tampão da forragem, concentração de carboidratos solúveis (CHOsol) do capim-tanzânia com aditivos antes e após a ensilagem e relação carboidratos solúveis:poder tampão (CHOsol:PT).....	56
4.7 Considerações gerais .....	64
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE SIGLAS

**CHOsol:** Carboidratos solúveis.

**CHOsol:PT:** Relação entre carboidratos solúveis e poder tampão

**CV:** Coeficiente de variação

**FDA:** Fibra em detergente ácido.

**FDN:** Fibra em detergente neutro

**FV:** Fator de variação

**GL:** Graus de liberdade.

**HEM:** Hemicelulose.

**MS:** Matéria seca.

**N-NH<sub>3</sub>(%Ntotal):** Teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total.

**PB:** Proteína bruta.

**QM:** Quadrado médio

## RESUMO

ÁVILA, Carla Luiza da Silva. Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos. Lavras: UFLA, 2002, 83p.(Dissertação- Mestrado em Zootecnia)<sup>1</sup>

Em geral, gramíneas forrageiras colhidas em estágio de desenvolvimento mais jovem apresentam baixos teores de MS e CHOsol, o que prejudica o processo de ensilagem, exigindo a adoção de procedimentos que modifiquem este quadro, como a utilização de aditivos. Este trabalho objetivou conhecer o perfil de fermentação das silagens do capim-tanzânia com aditivos e, dentre estes, determinar qual deles e em que dose conferem as melhores qualidades à silagem produzida. O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da UFLA, utilizando o capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia I) estabelecido em um Latossolo Roxo Argiloso e colhido com 60-65 dias de crescimento. A forragem foi ensilada em silos experimentais de PVC, adaptados com válvula tipo Bunsen, com capacidade para aproximadamente 3 kg cada. Os tratamentos constituíram-se de três aditivos (polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho), em quatro doses (3, 6, 9 e 12%) mais uma testemunha, sem aditivos, e 8 tempos de abertura dos silos (0, 1, 2, 3, 7, 14, 28 e 56 dias). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, constituindo um esquema fatorial com tratamento adicional [(3 x 4) + 1] x 8 com 3 repetições. Todos os aditivos utilizados reduziram os teores de FDN, FDA e HEM, porém o fubá de milho foi o mais eficiente neste sentido. Somente o farelo de trigo foi eficiente em aumentar o teor de PB e foi o aditivo que mais elevou o teor de MS da forragem ensilada, apesar dos outros aditivos também terem colaborado para isto. À medida que se aumentaram os níveis de adição dos aditivos, houve redução do pH das silagens, sem diferenças significativas entre aditivos e níveis de adição. Os teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) foram influenciados pela aplicação dos aditivos; porém, mesmo sem a sua aplicação, esses teores foram baixos, não prejudicando a qualidade da silagem. A polpa cítrica foi a que mais contribuiu para aumentar o teor de CHOsol da forragem e para reduzir o seu poder tampão. Com relação ao padrão de fermentação, observaram-se variações nos teores dos carboidratos estruturais e estas ocorreram mais efetivamente nos primeiros 7 dias de fermentação; a HEM foi a responsável por estas variações. O pH estabilizou-se rapidamente nas silagens com aditivos. Os CHOsol foram totalmente utilizados até

---

<sup>1</sup> Comitê orientador: José Cardoso Pinto (Orientador); Antônio Ricardo Evangelista; Augusto Ramalho de Moraes; Henrique César Pereira Figueiredo.

aproximadamente 35 dias de fermentação e, apesar da baixa concentração, proporcionaram uma silagem de qualidade satisfatória. O uso de aditivos melhora o perfil de fermentação do capim-tanzânia, sendo que, no geral, o fubá de milho foi o mais eficiente. Apesar de as silagens sem aditivos terem apresentado bom aspecto de conservação, seu uso é recomendado para prevenir perdas nos silos.

## ABSTRACT

ÁVILA, Carla Luiza da Silva. **Profile of fermentation of Tanzaniagrass silage with additives.** Lavras: UFLA, 2002, 83p. (Dissertation - Master Animal Science)<sup>1</sup>

In general, forage grasses harvested at younger developmental stage present poor contents of DM and CHOsol, which harms the ensiling process, demanding the adoption of procedures which modify this picture such as the use of additives. This work aimed to know the profile of fermentation of Tanzania grass silages with additives and out of those, to determine which of them and at what dose confers the best qualities to the silage produced. The experiment was conducted in the dependencies of the Animal Science Department of the UFLA by utilizing Tanzania grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania I) established in a Clayey Red Dusky Latosol and harvested at 60-65 days of growth. The forage was ensiled in experimental PVC silos, fitted with type Bunsen valves with a capacity of about 3 kg each. The treatments consisted of three additives (citrus pulp, wheat meal and corn meal) in four doses (3, 6, 9 and 12%) plus one check without additives and 8 times of silo opening (0, 1, 2, 3, 7, 14, 28 and 56 days). The experimental design utilized was that of randomized blocks, building up a factorial scheme with an additional treatment [(3x4) + 1] x 8 with 3 replicates. All the additives utilized reduced the contents of NDF, ADF and HEM but corn meal was the most efficient in this sense. Only wheat meal was efficient in increasing CP content and was the additive which raised the DM content of the ensiled forage the most, despite the other additives also having collaborated with that. As the levels of addition of the additives was raised, there was a reduction of pH of the silages without significant differences among additives and addition levels. The contents of N-NH<sub>3</sub> (% total N) were influenced by the application of additives, but even without their application, those contents were low, not impairing the silage quality. Citrus pulp was the one which contributed the most to increase the content of CHOsol of the forage and to reduce its buffer power. As regards the fermentation standard, variations in the structural carbohydrate contents were found and these occurred most effectively on the first 7 days' fermentation and HEM was responsible for those variations. Values of pH stabilized fast in the silages with additives. The CHOsol were completely utilized till about 35 days' fermentation and in spite of the concentration being low, they provided a satisfactory quality silage. Use of

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: José Cardoso Pinto (Adviser), Antonio Ricardo Evangelista; Augusto Ramalho de Moraes and Henrique César Pereira Figueiredo.

additives improves the fermentation profile of Tanzania grass, being that , in general, corn meal was the most efficient. In spite of the silages without additives having presented a good conservation aspect, its use is recommended to prevent losses in silos.

## 1 INTRODUÇÃO

A variação na disponibilidade de forragem durante o ano, associada à necessidade de utilização de alimentos de menor custo para ruminantes, tem contribuído para aumentar a procura por novas alternativas de plantas forrageiras para serem ensiladas. Um grande número de cultivares da espécie *Panicum maximum* Jacq. foi disponibilizado comercialmente por diversos órgãos de pesquisa do Brasil. Dentre eles, vêm ganhando destaque os cultivares Tanzânia e Mombaça em razão de suas altas produções de massa verde, compondo expressiva área de pastagens no Brasil. Os sistemas de pastejo rotacionados são os mais indicados para o estabelecimento do manejo de *P. maximum*, principalmente por causa de suas características de perfilhamento e alta produtividade.

Uma das principais dificuldades da exploração intensiva de pastagens, por meio de pastejo rotacionado, na maior parte do território brasileiro é a necessidade de ajuste da lotação das pastagens em decorrência das variações climáticas de temperatura e luminosidade ou da simples oscilação sazonal de umidade que criam, durante o ano, uma estação de alta e outra de baixa disponibilidade qualitativa e quantitativa de forragem, chegando a produzir 80% da produção total na época das águas. Cecato et al. (1996) obtiveram produção de MS do capim-tanzânia, por corte, de 7.141 kg/ha no verão e de 2.711 kg/ha no inverno.

Para reduzir as perdas de forragem e o acúmulo de resíduo pós-pastejo, que prejudicam a qualidade da dieta do animal e da rebrota da planta, uma alternativa seria conservar parte e/ou o excesso da forragem produzida no período de maior crescimento das forrageiras na forma de silagem. Para se obter silagem de gramíneas forrageiras perenes tropicais de boa qualidade nutricional,

estas devem ser colhidas em idades mais jovens (60 a 70 dias ou menos). Entretanto, geralmente neste estágio de desenvolvimento as forrageiras apresentam baixos teores de MS, o que, associado aos baixos teores de carboidratos solúveis das gramíneas tropicais, pode prejudicar o processo de fermentação, comprometendo a qualidade final da silagem.

O processo de fermentação é muito complexo, envolvendo variações químicas e microbiológicas na massa ensilada, podendo resultar em uma silagem de boa ou de má qualidade. Para que se possa intervir no processo, fornecendo condições para uma boa fermentação, é preciso que se conheça o perfil de fermentação para cada planta utilizada.

O interesse em conservar forragem de gramíneas do gênero *Panicum* vem aumentando, porém ainda são escassos os trabalhos com dados sobre a sua conservação na forma de silagem.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil de fermentação da silagem do capim-tanzânia adicionada de doses crescentes de diferentes aditivos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O capim-tanzânia

A espécie *Panicum maximum* Jacq. é originária da África e foi provavelmente introduzida no Brasil no fim do século XVIII, através da importação de escravos africanos, nas camas usadas por eles nos navios que os traziam para cá. Primeiramente, a espécie estabeleceu-se naturalmente nos lugares em que esses navios eram descarregados, depois, o vento, os pássaros, os próprios escravos e outras pessoas se encarregavam, sem que tenha sido esse o seu propósito, de sua disseminação pelo país (Aronovich, 1995).

O gênero *Panicum* inclui espécies de hábito de crescimento cespitoso, estolonífero ou rizomatoso; plantas tolerantes e sensíveis ao encharcamento; ecótipos que exigem fertilidade elevada do solo e outros tolerantes ao alumínio; espécies de ciclo precoce, médio e tardio; variedades de reprodução apomítica e outras sexuadas; plantas glabras e pilosas; aquelas com folhas finas, médias e largas, etc. (Corsi, 1988). Seu habitat abrange altitudes desde o nível do mar até 1.800 m (Jank, 1995). Segundo Aronovich (1995), a espécie, representada primordialmente pelo capim-colonião, teve grande expansão na primeira metade do século, ocupando uma área superior a seis milhões de hectares no Brasil; no entanto, essa área foi diminuindo devido a problemas de manejo e de fertilidade do solo.

No início do século XX, várias introduções foram efetuadas por diversas instituições de pesquisa do País. Entretanto, estas introduções limitaram-se, na maioria das vezes, aos cultivares australianos como, por exemplo, Gatton e Hamil, que não persistiram devido à baixa adaptabilidade e/ou à baixa produção de sementes. Posteriormente, foram identificados outros cultivares do tipo morfológico do Colonião, Guiné e Sempre Verde. Os cultivares Vencedor,

Centenário, Centauro e Aruana foram os primeiros cultivares lançados, resultantes de trabalhos de melhoramento genético e/ou seleção realizados no Brasil. Mais recentemente, a EMBRAPA Gado de Corte, em conjunto com diversas instituições, lançou os cultivares Tanzânia I e Mombaça, em 1990 e 1993, respectivamente, sendo ambos resultantes da seleção direta do germoplasma do ORSTOM ( Institut Français de Recherche Scientifique pour le Developpement en Cooperation) (Jank, 1995).

O capim-tanzânia é uma planta cespitosa com altura média de 1,3 m e folhas decumbentes com largura média de 2,6 cm. Lâminas e bainhas são glabras, sem cerosidade. Os colmos são levemente arroxeados. As inflorescências são do tipo panícula, com ramificações primárias longas e secundárias longas apenas na base. As espiguetas são arroxeadas, glabras e uniformemente distribuídas. O verticilo é glabro (Savidan et al., 1990). Na avaliação de 156 acessos de *Panicum*, Jank et al. (1994) obtiveram, para o capim-tanzânia, uma produção de 133 t/ha/ano de massa verde e uma produção de MS de 33 t/ha, com 80% de folhas e 12,7% e 9% de proteína bruta com base na MS nas folhas e nos colmos, respectivamente.

Barbosa et al. (1997 ), avaliando de três ecotipos de *P.maximum*, observaram que os capins T 21, Mombaça e Tanzânia I apresentaram teores de nutrientes semelhantes nas folhas; no entanto, o capim-tanzânia apresentou maior teor de PB no caule que os demais. Segundo esses autores, o capim-tanzânia apresentou a seguinte composição química: 12,3 e 6,2% de PB; 72,9 e 80% de FDN; 38,2 e 42,6% de FDA; 23,5 e 20,7% de N na FDN e 4,5 e 7,1% de N na FDA, nas folhas e caules, respectivamente. Dentre os cultivares e acessos de *P. maximum*, Aruana, Centenário, Colônia, K8, K249, Mombaça, Tanzânia I e Tobiatã, os capins Centenário, K8, Mombaça, Tanzânia I e Tobiatã apresentaram maior produção de MS, tanto no período chuvoso quanto no seco. No entanto, avaliando altura de corte, neste mesmo estudo os autores

observaram maior produtividade para o capim-tanzânia nos cortes mais baixos, no período chuvoso, sendo de 16.566 e 12.273 kg/ha de MS quando cortado aos 20 e aos 40 cm, respectivamente, mostrando que esta gramínea pode ser manejada mais baixo (Cecato et al., 2000). O capim-tanzânia se destacou dos capins braquiarião (*Brachiara brizantha* cv. Marandu) e setária (*Setaria anceps* cv. Kazungula) por apresentar maior produção de MS, maior percentagem de lâminas foliares e menor elevação do meristema apical em função das idades de corte (14, 28 e 35 dias) (Gerdes et al., 1998).

Devido ao alto potencial de produção de massa verde do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), muito esforço tem sido feito no sentido de aprimorar práticas relacionadas à ensilagem do mesmo. Todavia, no contexto atual persiste a utilização do excedente das pastagens tropicais como potencial para a ensilagem. Neste sentido, as espécies e cultivares dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* se destacam pela ampla distribuição nacional e bom potencial produtivo distribuído sazonalmente (Balsalobre et al., 2001). Segundo Santos (1997), os capins Tanzânia I e Mombaça são os cultivares de *Panicum* mais utilizados em confecção de silagens, chegando a atingir taxas de acúmulo de MS da ordem de 150 a 200 kg/ha/dia. Coan (2001) observou um aumento significativo na produção de MS dos capins Tanzânia e Mombaça com a idade, sendo de 5.680 e 12.019 kg/ha as produções encontradas para o capim-tanzânia colhido aos 45 e 60 dias, respectivamente, e de 5.187 e 9.914 kg/ha as produções encontradas para o capim-mombaça, também colhido aos 45 e 60 dias de crescimento, respectivamente.

## 2.2 O Processo da ensilagem

### 2.2.1 Matéria seca, carboidratos solúveis e poder tampão

Silagem é o alimento volumoso produzido pela fermentação da massa verde por bactérias ácido-láticas presentes na mesma. A preservação depende, basicamente, de dois fatores: pH baixo para inibir as bactérias do gênero *Clostridium* e outros microrganismos anaeróbicos detrimenares e condições anaeróbicas para prevenir o crescimento de microrganismos de deterioração aeróbica como leveduras e fungos filamentosos (Muck, 2001). Qualidade da silagem não é um termo geralmente usado para designar o seu valor nutritivo, mas, sim, a extensão pela qual o processo fermentativo da silagem tenha ocorrido (Lavezzo, 1994). Uma boa silagem é conseguida colhendo-se a cultura no estágio adequado, minimizando a ação de enzimas vegetais indesejáveis e microrganismos epífitos e incentivando a dominância de bactérias ácido-láticas durante o processo de fermentação (Bolsen, 1995).

Para se ter uma silagem de gramínea perene de qualidade média, a planta deve ser colhida em estágio de desenvolvimento mais jovem (60-70 dias) (Bergamaschine et al., 1998). De um modo geral, plantas colhidas entre 60 e 70 dias apresentaram alto teor de umidade, associado a um alto poder tampão, e baixos teores de carboidratos solúveis (Machado Filho & Muhlback, 1986). O teor de umidade determina os problemas potenciais que podem ser encontrados no processo de ensilagem. Segundo Muck (2001), o teor de MS deve variar de 30 a 50%, sendo que, em silagens com teor menor que 30%, as perdas por efluente e fermentação por clostrídios são significativas, e com teores maiores que 50%, ocorrem danos por calor e deterioração devido à dificuldade de compactação.

Em silagem, a contaminação por clostrídios ocorre principalmente pelo solo, visto que a contagem de clostrídios em material vegetal fresco é geralmente muito baixa (McDonald, 1981). Segundo Bolsen (1995), o crescimento de clostrídios é raro em culturas ensiladas com teores de umidade menores que 65% (teores de MS superiores a 35%), em silagens com teor de umidade de 70% ou mais (menos de 30% de MS), a única prática capaz de prevenir o crescimento dos clostrídeos é o abaixamento do pH a valores menores que 4,6. O pH crítico para inibir o crescimento clostridial varia com o tipo de cultura e com o seu teor de MS. À medida que aumenta o teor de MS, aumenta o pH crítico, sendo que, para um mesmo teor de MS, esse valor de pH é sempre mais baixo para as gramíneas do que para as leguminosas (Muck, 2001). A capacidade tampão também assume um papel importante nesse processo. Quanto mais alta a capacidade tampão, mais ácido deverá ser produzido para baixar o pH a um nível crítico para inibição dos clostrídios (McDonald, 1981).

O teor de carboidratos solúveis das plantas forrageiras por ocasião da ensilagem é um outro fator fundamental para que os processos fermentativos se desenvolvam de maneira eficiente (Vilela, 1997). Os principais carboidratos solúveis presentes em culturas forrageiras são frutose, glicose, sacarose e frutanas, sendo que estes dois últimos são rapidamente hidrolisados a seus monômeros no momento da colheita (Woolford, 1984). As bactérias ácido-láticas são os mais importantes microrganismos para a preservação da silagem, fermentando açúcares a ácido lático. Os açúcares são o principal substrato para as bactérias ácido-láticas produzirem os ácidos, conseqüentemente reduzindo o pH e preservando o material ensilado (Bolsen, 1995).

O poder tampão de uma forragem representa sua capacidade de resistir às variações de pH. A maior parte das propriedades tamponantes das forragens podem ser atribuídas aos ânions (sais ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), com somente 10 a 20% resultantes da ação de proteínas

vegetais. Quantitativamente, os ácidos mais importantes que ocorrem em gramíneas são o málico, o cítrico e o quínico, sendo que o ácido oxálico é o mais importante para as gramíneas tropicais (McDonald, 1981). A razão entre carboidratos solúveis e poder tampão é de fundamental importância no processo da ensilagem. Quando essa razão diminui, um aumento mínimo no teor de MS é requerido para evitar fermentações indesejáveis no interior do silo (Vilela, 1997). Avaliando duas idades de corte (45 e 60 dias), Coan (2001) observou um aumento com a idade nos teores de MS, carboidratos solúveis e capacidade tampão de 28,4 para 31,3%, 8,62 para 8,95% na MS e de 14,64 para 15,44 emg de HCl/100g de MS para o capim-tanzânia e de 24,24 para 25,10%, 12,38 para 12,43% na MS e de 8,12 para 20,94 emg de HCl/100g de MS para o capim-mombaça, respectivamente. O autor concluiu que os capins Tanzânia e Mombaça apresentaram condições favoráveis à ensilagem nas duas idades, no que se refere à MS, carboidratos solúveis e capacidade tampão. A capacidade tampão encontrada para o capim-guiné (*Panicum maximum* Jacq. var. *maximum*) colhido nos estádios vegetativo, início do florescimento e florescimento foi de 48,8; 35,9 e 28,9 Emg de NaOH/100 g de MS, respectivamente. Esses valores, associados a um baixo teor de MS (13,2; 19,4 e 26,1%) e a um baixo teor de carboidratos solúveis (7,5; 9,2 e 26,8 g/kg de massa verde), resultaram em um silagem de baixa qualidade, demonstrada pelos altos valores de pH (5,17; 4,52 e 5,67) e nitrogênio amoniacal (30,6; 16,2 e 20,4%) (Imura et al. 2001). Segundo o autor, o tamanho da partícula (4 cm) e a baixa compactação da forragem no silo (1kg/2l) também contribuíram para reduzir a qualidade da fermentação.

A ensilagem de plantas que apresentam teor de MS inferior a 21%, carboidratos solúveis inferiores a 2,2% na massa verde e baixa relação entre carboidratos solúveis e poder tampão apresenta riscos de fermentações secundárias maiores, tornando-se imprescindível o uso de recursos que, de alguma forma, modifiquem estas condições (Weibback et al., 1974 e Wilkinson

et al.,1982, citados por Vilela, 1997). Catchpoole & Henzel (1971) recomendam teores de carboidratos solúveis entre 13 a 15%. Quanto maior for o teor de carboidratos solúveis, mais ácido será formado e, portanto, mais rápida e intensa será a acidificação.

Segundo McDonald (1981), os teores de carboidratos solúveis das gramíneas são influenciados pela espécie, cultivar, estágio de crescimento, variações diárias, clima e níveis de fertilização. O teor de carboidratos solúveis é reduzido com a redução da intensidade luminosa e também com a aplicação de fertilizantes nitrogenados. Em geral, as espécies de clima tropical apresentam teores mais baixos de carboidratos solúveis do que as de clima temperado. Catchpoole & Henzel (1971) encontraram, em gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais, as seguintes concentrações de carboidratos solúveis, em g/kg de MS: *Setaria sphacelata* cv. Nandi (45-61); *Chloris gayana* cv. Samford (30-35); *Paspalum dilatatum* (27-34); *Desmodium intortum* cv. Greenleaf (25) e *Lotononis bainesii* (99).

Bergamaschine et al. (1998) registraram teores de carboidratos solúveis e de MS em capim-tanzânia, colhido aos 60 dias, iguais a 3,07% e 21,55%, sem aditivos, e 3,10% e 26,72%, com 10% de resíduo de milho, respectivamente. Forragens frescas de capim-elefante nas idades de 56, 70 e 84 dias apresentaram teores de carboidratos solúveis de 8,7; 10,98 e 12,63%, respectivamente (Narciso Sobrinho, 1998). Esse autor concluiu que o murchamento pode ser dispensado quando o capim-elefante apresentar teor de MS igual ou superior a 21,20%.

### 2.2.2 pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos

Com relação aos parâmetros de avaliação do processo fermentativo, o índice de pH, os ácidos orgânicos e o nitrogênio amoniacal são os mais utilizados. Uma boa silagem deve ter um pH na faixa de 3,8 a 4,2 (Ruiz, 1992; Lavezzo, 1994). Uma redução de 4,63 para 4,2 no pH da silagem do capim-tanzânia foi alcançada com a adição de 10% de resíduo de milho, por Bergamaschine et al. (1998). Entretanto, silagens com um pH acima deste valor mostraram-se de boa qualidade. Corrêa & Cordeiro (2000), adicionando 6 a 8% de polpa cítrica, produziram silagens de boa qualidade, mesmo estando estas com um pH de 4,4, portanto, acima do recomendado. Em silagens de sorgo tratadas com uréia e/ou sulfito de sódio, houve uma elevação no valor do pH para acima de 4,2, porém estas apresentaram coloração e textura características de uma boa silagem (Pires et al., 1998).

Mcpherson & Violanti (1966), citados por Andrade (1995), afirmam que mais importante que o pH final é a rapidez com que este é reduzido na massa ensilada. A queda rápida do pH reduz a atividade proteolítica das enzimas, conseqüentemente poupando as proteínas (Bolsen, 1995). Na avaliação do perfil de fermentação de silagens de seis genótipos de milho, Antunes et al. (2000) observaram que, para todos os genótipos, o pH estabilizou-se com cinco dias de fermentação. Já para os três cultivares de milheto, CMS 01, CMS 02 e BN 02, avaliados por Araújo et al. (2000), a estabilização do pH ocorreu após 14 dias de fermentação. Nos dois experimentos citados anteriormente não se observou tendência de estabilização dos valores de  $N-NH_3$ (% N-total) até o dia da abertura dos silos (56 dias). No entanto, ambas as silagens foram classificadas como de boa qualidade porque apresentaram um baixo teor de nitrogênio amoniacal final, em torno de 9% e 5%, como (% N-Total) total para as silagens de milheto e de milho, respectivamente.

Os ácidos orgânicos geralmente determinados são os ácidos láctico, acético, propiônico e butírico. Estes ácidos, principalmente o ácido láctico, protege o nitrato do ataque dos clostrídios. Já a presença de ácido butírico é indicadora do crescimento dos mesmos (Ruiz, 1992). O ácido láctico é um ácido muito mais forte que o ácido acético e reduz o pH mais rapidamente. Altos teores de ácido acético podem reduzir o consumo da silagem por bovinos de corte e leite (Bolsen, 1995), porém alguns autores reconhecem a importância do ácido acético na conservação de silagens de capim-elefante, como Andrade (1995). Para McDonald (1981), uma concentração mínima de 3% de ácido láctico é indicativo de silagem de boa qualidade.

A amônia ( $\text{NH}_3$ ) também constitui um indicador de qualidade da silagem. A amônia pode ser produzida pela hidrólise de proteínas pelas proteases vegetais e também pelos clostrídios, que podem causar fermentação secundária, degradando aminoácidos a aminas e amônia (Bolsen, 1995). Com exceção das plantas que contêm componentes que inibem a proteólise, a quantidade desta durante a ensilagem de muitas leguminosas e gramíneas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$  é razoavelmente explicada pelo nitrogênio total e pelo teor de MS da cultura, aumentando com a elevação do teor de nitrogênio total e diminuindo com o aumento do teor de MS (Muck, 2001).

As enzimas vegetais desempenham um papel fundamental na proteólise, que é mais intensa quando as plantas são submetidas ao murchamento, porém o processo continua quando a forragem é ensilada (McDonald, 1981). Mcpherson (1952), em um estudo com suco de gramíneas, concluiu que um pH de 4,3 paralisou a proteólise no processo de ensilagem. Todavia, Tracey (1948), citado por McDonald (1981), em um estudo com tabaco, observou que a atividade proteolítica decrescia a um pH na faixa de 4,0 a 4,3 sem, contudo, paralisar totalmente o processo.

Para Silveira (1975), o teor de N-NH<sub>3</sub> (% N total) de uma silagem não deve ser superior a 12%. Bergamaschine et al. (1998) reduziram o nitrogênio amoniacal produzido durante a ensilagem do capim-tanzânia de 26,98% do N total, sem aditivo, para 16,67%, com a adição de 10% de resíduo de milho. Não houve diferenças significativas entre os valores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) das silagens dos capins Tanzânia I e Mombaça colhidos nas idades de 45 e 60 dias e submetidos ou não ao tratamento com inoculante enzimático-bacteriano, com média de 6,25% e 7,84%, respectivamente para as duas gramíneas (Coan, 2001).

Andrade (1995) encontrou valores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) médios, em silagens de capim-elefante cortado aos 62 dias, de 39,67; 35,72 e 21,60%, com adição de 8% de sacharina, farelo de trigo e rolão de milho, respectivamente.

### **2.2.3 Carboidratos estruturais**

Os carboidratos estruturais têm uma importância muito pequena no processo de fermentação da silagem; no entanto, a hemicelulose pode ter uma participação mínima, agindo como um reservatório de açúcares fermentáveis. Entende-se por hemicelulose um grupo de substâncias em que se incluem os polímeros de pentoses ( xilose, ribose, etc.) e certos polímeros de hexoses e ácidos urônicos, sendo, em geral, menos resistente ao tratamento químico e mais digerível que a celulose, porém menos que os carboidratos solúveis e amido (Silva, 1990). Segundo Moser (1980), citado por Pereira et al. (2001), através da hidrólise química ou pela ação de enzimas da própria planta, 20% da hemicelulose podem ser hidrolizados em açúcares de cinco ou seis carbonos que serão utilizados posteriormente por bactérias acéticas ou lácticas. Borges et al. (1999) observaram uma diferença significativa no teor de hemicelulose entre os períodos de fermentação (7, 14, 28 e 56 dias) das silagens de sorgo, sugerindo a

hidrólise desse componente estrutural e que uma pequena parte dos carboidratos fermentados provém desta fração.

Condições aeróbicas prolongadas na fase inicial de ensilagem provocam um aumento da temperatura na massa ensilada. Essa temperatura excessiva (42 a 44 °C) pode resultar em reações de Maillard. Nestas reações, açúcares e aminoácidos livres são transformados em polímeros de baixa digestibilidade, que serão medidos como FDA e N insolúvel em detergente ácido (Bolsen, 1995).

#### 2.2.4 Aditivos na ensilagem

O problema do excesso de umidade da forragem para a ensilagem, quando a planta tem alto valor nutritivo, tem merecido a atenção de muitos pesquisadores. O teor de umidade de uma planta forrageira pode ser reduzido pelo emurchecimento e pela inclusão de aditivos com teores elevados de MS ou, ainda, atrasando-se o momento do seu corte, o que é nutricionalmente desaconselhável (Vilela, 1997). À medida que aumenta o intervalo de corte, eleva-se o rendimento de MS por hectare, porém as plantas de maior idade fisiológica apresentam aumento na proporção de hastes e isto reduz o valor nutritivo da forragem, provocando uma redução no teor de carboidratos solúveis. Barbosa et al. (1985) observaram decréscimos nos coeficientes de digestibilidade da PB e da fibra bruta (FB) com o aumento da maturação da forragem para fenos de capim-colônia ceifado nas idades de 42, 56 e 70 dias. Narciso Sobrinho (1998) observou um aumento nos teores de MS e FDN e uma queda nos teores de PB e poder tampão do capim-elefante em função do avanço da idade. Um entrave para a prática do emurchecimento seria a necessidade de máquinas específicas para o recolhimento do material parcialmente emurchecido e a dependência de condições climáticas favoráveis para tal (Faria, 1986).

Aditivos de silagem têm sido desenvolvidos para reduzir os riscos do processo de ensilagem, reduzindo as perdas de MS, melhorando a qualidade higiênica da silagem, limitando as fermentações secundárias, melhorando a estabilidade aeróbica e aumentando o valor nutritivo da silagem produzida (Henderson, 1993). Segundo Corrêa (2001), os aditivos podem ser divididos em três categorias principais: estimulantes da fermentação (tais como enzimas e inoculantes bacterianos); inibidores de fermentação (tais como ácidos orgânicos e inorgânicos) e substratos ou fontes de nutrientes (tais como melaço, polpa cítrica, cama de frango, etc.). Estes últimos podem agir também como estimulantes de fermentação, absorventes ou fontes de nutrientes.

Aditivos ricos em carboidratos são recomendados com a finalidade de estimular as fermentações nos silos (Vilela, 1997). A adição de 6-8% de polpa cítrica melhorou a qualidade da silagem do capim-tanzânia cortado aos 55 dias, apresentando as seguintes características: 20 a 22% e 24% de MS; 5,8 a 7,0% e 7% de PB; 4,4 a 4,7 e 4,4 de pH; 11,0 a 19,0% e 10,8% de nitrogênio amoniacal em relação ao N total e 46,50 e 51,0% de digestibilidade in vitro da MS, para as silagens sem e com a adição da polpa cítrica, respectivamente (Corrêa & Cordeiro, 2000).

Aguiar et al. (2000) estudaram os efeitos da adição de polpa cítrica (0, 5 e 10%) e tamanhos de partícula sobre as perdas de MS em silagens de capim-tanzânia colhido aos 60 dias de idade. Os diferentes tamanhos de partícula não alteraram quantitativamente as perdas totais de MS; no entanto, a adição de polpa cítrica reduziu as perdas por efluente e as perdas totais, sendo que os menores tamanhos apresentaram maior necessidade de adição de polpa cítrica para reduzir as perdas por efluentes. Bergamaschine et al. (1998), estudando os efeitos da adição de resíduo de milho na qualidade da silagem do capim-tanzânia, observaram que a adição de 10% de resíduo de milho proporcionou uma silagem de melhor qualidade.

### 2.3 Polpa cítrica

A polpa cítrica peletizada é obtida por meio do tratamento de resíduos sólidos e líquidos remanescentes da extração do suco de laranjas. Entre esses resíduos estão cascas, sementes e polpas de laranjas. Esta polpa equivale a 50% do peso de cada fruta e tem uma umidade de aproximadamente 82%, podendo chegar a 12% de umidade após passar pelo processo de industrialização. Possui aproximadamente 5,5 a 6,2% de PB, 11 a 12% de FB e 1,75 a 1,80% de energia líquida (ABECITRUS, 2002). A polpa cítrica é um alimento muito importante na alimentação de ruminantes por ser concentrado e de alta digestibilidade, mas apresenta algumas dificuldades como o seu preço, que é regulado pela cotação externa. A produção é quase totalmente exportada e há situações em que o produtor não dispõe de condições para armazená-la e mantê-la seca por três a quatro meses (Franco et al., 2000).

A polpa cítrica apresenta um grande potencial para ser utilizada como aditivo na silagem por apresentar um alto teor de MS e de carboidratos solúveis, que são os principais substratos para bactérias ácido-láticas. Entretanto, uma característica importante da polpa cítrica é o seu alto teor de pectina, em torno de 25% na MS (Peres, 1997). A pectina é um polissacarídeo estrutural presente nas plantas, contendo arabinose, galactose e ácido galacturônico. No rúmen, a pectina é digerida, originando ácidos graxos voláteis através da ação da enzima poligalacturonidase (catalisa a hidrólise de ligações 1-4 glicosídicas da substância péctica, formando o ácido galacturônico) (Teixeira, 1997). Apesar de fazer parte da parede celular, normalmente este composto é incluído entre os carboidratos não estruturais, como os açúcares e o amido por ser solúvel em solução de detergente neutro.

Existe pouca informação sobre o papel da pectina no processo de fermentação da silagem. Seu destino durante a ensilagem difere dos carboidratos

não estruturais. Bem-Ghedalia et al. (1991), estudando a adição de pedúnculo de algodão na silagem de alfafa, observaram uma recuperação de aproximadamente 90% da pectina, concluindo que este polissacarídeo não é fermentado por bactérias ácido-láticas, sendo então preservado para a fermentação direta pelos microrganismos do rúmen.

Na maioria dos trabalhos revisados, a adição da polpa cítrica melhorou a qualidade da silagem. Peres (1997) concluiu que a adição de polpa de citrus à silagem de capim-elefante com 72 dias de crescimento, além de proporcionar melhorias no processo fermentativo, em face dos baixos valores de pH, nitrogênio amoniacal e ácido butírico determinados, também foi benéfica ao aproveitamento da silagem pelos animais, observando valores crescentes de digestibilidade da MS e de nutrientes digestíveis totais com o aumento dos níveis de polpa cítrica.

## **2.4 Farelo de trigo**

O grão de trigo, ao ser processado, separa-se em três partes principais: a mais externa, conhecida como farelo; depois a farinha e, por último, o germe (Abrams, 1965, citado por Deschamps, 1986). Apresenta, em média, 16% de PB, 4,5% de gordura, em torno de 10% de FB e 67% de nutrientes digestíveis totais. Sua proteína é de melhor qualidade que a do milho e a do grão do trigo, além de ser um alimento rico em P comparativamente à classe que pertence, porém pobre em Ca (Andrigheto et al., 1982).

O farelo de trigo é um bom suplemento energético-protéico para bovinos de leite e de corte, tendo boa aceitação pelos animais. Na silagem, o farelo de trigo funciona tanto como aditivo absorvente, diminuindo o excesso de umidade, quanto nutritivo, devido ao seu alto teor de PB. Andrade (1995), estudando a adição de farelo de trigo nas doses de 0, 8, 16 e 24% à silagem de capim-elefante

colhido aos 62 dias de idade, observou um aumento nos teores de MS e de PB de 13,5 a 30,46% e de 8,9 a 14,97%, respectivamente. Aumento no teor de PB também foi observado por Lima (1992) ao adicionar 6% de farelo de trigo às silagens mistas de capim-elefante cv. Cameroon e soja; por outro lado, não foi observado efeito na qualidade da silagem, medida através do pH e do teor de nitrogênio amoniacal. A adição do farelo de trigo também elevou o consumo de MS da silagem de capim-elefante, por ovinos de aproximadamente 50kg de peso vivo, de 34,19 para 46,42g/UTM (Lima, 1992) e de 38,93 para 64,59 gMS/kg<sup>0,75</sup> (Andrade, 1995).

Cheng et al. (2001), estudando a adição de farelo de trigo e fubá de milho à silagem de capim-napier, observaram que ambos provocaram aumento no teor de MS e PB e redução nos teores de FDN e de FDA. O farelo de trigo foi mais eficiente que o fubá de milho em aumentar os teores de carboidratos solúveis e de ácido lático. Os autores concluíram que do capim-napier pode ser produzida uma boa silagem sem nenhum aditivo. Porém, de acordo com a qualidade das silagens e os preços dos aditivos, foi sugerido que a adição de farelo de trigo seria a melhor escolha.

## **2.5 Fubá de milho**

O fubá de milho é obtido através da moagem do grão de milho, sendo este um dos cereais mais utilizados na alimentação animal, principalmente por ser um alimento energético. Seu endosperma abrange cerca de 3/4 do grão e é constituído, principalmente, de amido, apresentando menos de 10% de PB e apenas traços de minerais e gordura. O tegumento e a ponta do grão são também constituídos praticamente de carboidratos, mas com menor teor de amido e cerca de 15% de FB (Andrigueto et al.,1982). A moagem do milho melhora o aproveitamento de seus nutrientes. Segundo Morrison (1966), se as vacas forem

alimentadas com grãos inteiros, 18 a 35% deles poderão deixar de ser mastigados e passarão pelo tubo digestivo com apenas ligeira modificação.

A adição de fubá de milho à silagem de capim-elefante resultou em um aumento no teor de carboidratos solúveis e na digestibilidade "in vitro" da MS (DIVMS), contudo não teve maior efeito sobre o processo de fermentação da silagem (Condé, 1970). Herling (1998) observou um aumento no teor de MS de 15,83 para 20,60% e redução no poder tampão da forragem de capim-elefante de 26,53 para 19,42 e.mg de HCl/100g de MS com a adição de 5% de fubá de milho. A silagem também apresentou maior teor de MS (18,13 e 22,35%); maior teor de PB (8,4 e 9,06%); menor pH (4,43 e 4,01) e maior DIVMS (50,74 e 60,76%), sendo que os valores citados correspondem às silagens sem e com aditivos, respectivamente. A inclusão dos aditivos fubá de milho e sacharina nas doses de 5, 10 e 15% à silagem de coastcros, com 7 e 9 semanas de rebrota, apesar de reduzir os teores de FDN das silagens, não apresentou efeito benéfico nas características fermentativas com o aumento do poder tampão e dos teores de nitrogênio amoniacal (Lima et al., 2001). No entanto, Evangelista et al. (2000) observaram melhoras nas características fermentativas da silagem de coastcros colhido com 5 semanas de rebrota e adicionado dos mesmos aditivos e nas mesmas doses. Segundo Vilela (1998), os resultados de pesquisa com a utilização de fubá de milho têm sido, muitas vezes, inconsistentes, pois o amido, a principal fonte de carboidrato deste aditivo, não é aproveitado de maneira eficiente pelas bactérias lácticas, embora esse aditivo possa favorecer, indiretamente, a fermentação pela redução no teor de umidade da forragem ensilada.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Localização e Clima

O experimento com capim-tanzânia foi desenvolvido em área experimental pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – MG, em um Latossolo Roxo Argiloso cuja análise apresentou os seguintes valores: pH (em água) - 4,8; matéria orgânica - 3,6 dag/kg; P (Mehlich I) - 4,0 mg/dm<sup>3</sup>; K (Mehlich I)-20 mg/dm<sup>3</sup>; Ca - 2,7 cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg - 0,5 cmolc/dm<sup>3</sup>; H+A1 - 4,5 cmolc/dm<sup>3</sup>; S.B. - 3,3 cmolc/dm<sup>3</sup>; T - 7,8 cmolc/dm<sup>3</sup> e V - 41,9%.

A Estação Climatológica Municipal de Lavras, MG está situada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, Estado de Minas Gerais, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMER), encontra-se na latitude de 21°14' S, longitude de 45°00 W e altitude de 918,84 m (Brasil,1992). Segundo classificação internacional de Köppen, o clima é do tipo Cwa, subtropical com verão quente e inverno seco, caracterizado por um total de 23,4 mm de chuvas no mês mais seco e 295,8 mm no mês mais chuvoso, precipitação total anual de 1.529,7 mm e temperaturas médias máxima e mínima iguais a 22,1 e 15,8°C, respectivamente.

### 3.2 Área experimental e colheita da forragem

Utilizou-se uma área de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv Tanzânia I) estabelecida em 28/10/1997. Com base na análise química do solo, foi feita a correção da acidez em novembro de 2000, após um corte de limpeza, aplicando-se 1,4 t/ha de calcário dolomítico com PRNT 100% para elevar a saturação por bases para 60%. Em dezembro de 2000 foi feito um corte de

uniformização com roçadeira costal a uma altura de aproximadamente 20 cm do nível do solo, seguido da adubação de correção, aplicando-se 200 kg/ha de N, 50kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg/ha de K<sub>2</sub>O, conforme recomendado pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). Em fevereiro de 2001, 60-65 dias após o corte de uniformização, a forragem foi colhida com roçadeira costal e picada em picadeira estacionária, proporcionando partículas 10 a 30 mm para a produção da silagem. As condições climáticas no período de produção da forragem e nos dias da colheita estão apresentadas na Tabela 1.

**TABELA 1.** Valores médios das temperaturas máximas (T max), mínimas (T min) e médias (T med) de precipitação (Prec.) e de umidade relativa do ar (UR) no período de produção da forragem e nos dias de colheita

Mês	Temperatura			Prec. (mm)	UR (%)
	max	Min	med		
Out/2000	30,4	17,2	23,0	25,2	61,0
Nov/2000	26,9	17,0	21,1	239,2	76,0
Dez/2000	28,2	18,0	22,2	233,8	78,0
Jan/2001	29,4	18,5	23,0	147,5	72,0
Fev/2001	31,0	18,4	24,5	46,0	69,0
Mar/2001	28,,1	17,9	22,6	146,4	75,0

### 3.3 Preparo da silagem e formação dos tratamentos

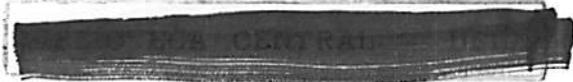
A forragem picada foi levada para um galpão no qual foi confeccionada a silagem. Para tanto, foram utilizados silos de PVC com diâmetro de 10 cm e altura de 40 cm, adaptados com válvula tipo Bunsen, com capacidade para



aproximadamente 2,5 a 3 kg de silagem, sendo então utilizada uma densidade de compactação dos silos de aproximadamente 1500 a 1900 kg de forragem por m<sup>3</sup>. Os tratamentos foram constituídos pelas combinações existentes entre os diferentes tipos de aditivos (polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho) com as diversas doses (3, 6, 9 e 12%), além de um tratamento testemunha sem aditivo. Os aditivos foram pesados anteriormente e misturados à forragem no momento da ensilagem. Foram retiradas amostras da forragem fresca, sem e com aditivos, das quais uma parte foi encaminhada para o freezer e a outra para a estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, moída e armazenada para análises posteriores. A forragem foi compactada manualmente nos silos, com barra de ferro, os quais foram armazenados com a válvula voltada para baixo (para que o efluente que viesse a ser produzido pudesse ser eliminado), em temperatura ambiente e sob a proteção da luz solar e chuvas.

### **3.4 Avaliação do perfil de fermentação**

Para a avaliação do perfil de fermentação das silagens, os silos foram abertos com 0, 1, 2, 3, 7, 14, 28 e 56 dias de fermentação e de cada silo foram retiradas duas amostras, tomando-se o cuidado de desprezar as extremidades da silagem no silo. Destas amostras, uma foi pesada e seca em estufa de ventilação forçada a 65°C e a outra foi colocada em sacos plásticos devidamente identificados e congelados. No momento da abertura de cada silo foi retirada uma amostra de 10 g de silagem para se proceder a leitura do pH, através de um potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2.



### 3.5 Análises químicas

As análises da forragem fresca, dos aditivos e das silagens foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO-UFLA.

As amostras secas foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 30 mesh, e armazenadas em potes plásticos devidamente identificados e encaminhados ao laboratório para a determinação dos teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), conforme os métodos recomendados pela AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo as técnicas descritas por Silva (1990), e o teor de hemicelulose pela diferença entre FDN e FDA.

O teor de carboidratos solúveis foi determinado conforme Bailey (1997), modificado por Valadares Filho (1981). O princípio do método consiste na extração dos carboidratos com solução alcoólica a 80%, reação com solução ácida preparada com antrona e posterior leitura em Espectrofotômetro utilizando solução de glicose para o preparo da curva padrão.

Das amostras congeladas foi extraído o suco, com prensa hidráulica, para a determinação do teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total  $[N-NH_3(\%N_{total})]$  (AOAC, 1980).

O poder tampão foi determinado utilizando amostras congeladas de acordo com a técnica descrita por Playne & McDonald (1966). Para tanto, pesaram-se de 15 a 20 g do material fresco e maçerou-se esta amostra em liquidificador com 250 ml de água destilada. O maçerado foi titulado primeiramente para pH 3,0, com HCl 0,1N para liberar bicarbonatos e  $CO_2$ , e então titulado para pH 6,0 com NaOH 0,1N. A capacidade tampão foi expressa como equivalente miligrama (e.mg) de ácidos requeridos para mudar o pH de 4,0 para 6,0 por 100 g de matéria seca, após correção para o valor da titulação de 250 ml de água.

A relação carboidratos solúveis:poder tampão foi determinada somente para a forragem antes da ensilagem (tempo 0) e esta foi calculada dividindo-se o teor de carboidratos solúveis pelo poder tampão da mesma.

### 3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial com tratamento adicional do tipo  $[(3 \times 4) + 1] \times 8$ , sendo três aditivos, quatro doses de cada aditivo e oito tempos de abertura dos silos após a ensilagem. Os dados foram analisados estatisticamente pelos procedimentos de análise de variância, através do programa SISVAR (Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados), (Ferreira, 2000), de acordo com o seguinte esquema de variância:

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>
Tratamentos	103
Bloco	2
Contraste (tratamentos x testemunha)	1
Trat. Testemunha	7
Aditivo	2
Níveis	3
Tempo	7
Aditivos x Níveis	6
Aditivos x Tempo	14
Níveis x Tempo	21
Aditivos x níveis x Tempo	42
Erro	206
<b>Total</b>	<b>311</b>

Quando os tratamentos foram significativos, foi feita a comparação múltipla quando os dados eram de natureza qualitativa, utilizando-se o teste de Tukey, como no caso dos tipos de aditivos, ou estudo usando regressão quando os dados eram de natureza quantitativa, como no caso dos níveis de adição e dos tempos de abertura dos silos. Para os tempos de abertura dos silos, devido ao tipo de comportamento, usou-se modelos mais complexos, com graus superiores a três, visto que os mais simples não foram hábeis em representar os fenômenos estudados. As porcentagens de redução dos parâmetros avaliados com o aumento dos níveis dos aditivos foram calculadas utilizando-se a equação de regressão ou seja, multiplicando-se o valor de b (inclinação da reta) pela diferença entre o nível de adição final e o inicial (12% - 3%).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Composição química da forragem do capim-tanzânia e dos aditivos utilizados na ensilagem

A composição química do capim-tanzânia com 60-65 dias de idade apresentada na Tabela 2 caracteriza um volumoso de boa qualidade. O teor de PB na MS do capim-tanzânia foi mais baixo que o registrado por Aguiar et al. (2001) (13,66%) para o capim-tanzânia colhido com 60 dias, enquanto os teores FDN e FDA foram próximos dos encontrados por Barbosa et al. (1997).

Os teores de MS e de CHOsol. capim-tanzânia no presente estudo foram mais baixos que os encontrados por Coan (2001) para o capim-tanzânia com 60 dias de idade, iguais a 31,30% de MS e de 89,50 g/kg de MS de CHOsol para a mesma gramínea.

Quanto ao teor de PB, observou-se, para a polpa cítrica, um valor semelhante ao encontrado por Evangelista et al. (1999) (7,2%) e superior ao registrado pela ABECITROS (2000) (5,5 a 6,2%). Pedreira et al. (2001) determinaram, para a polpa cítrica, a seguinte composição química: MS=85,8%, FDN=29,92%, FDA=23,10% e PB= 6,64%. O aditivo fubá de milho apresentou um teor de PB um pouco mais elevado do que o valor encontrado para a polpa cítrica e semelhante ao encontrado por Evangelista et al. (2001), de 8,0%. Pereira (1995) encontrou, para o grão de milho moído, a seguinte composição química: 88,23% de MS; 9,76% de PB; 18,06% de FDN e 1,62% de CHOsol com base na MS.

O farelo de trigo apresentou um teor de PB mais alto que os demais aditivos utilizados e semelhante aos valores relatados por outros autores (Lima et al., 2000; Andrade, 1995 e Andriguetto, 1982).

Os teores de MS encontrados para a polpa cítrica, farelo de trigo e para o fubá de milho foram levemente superiores aos valores encontrados por Lima et al. (2000), iguais a 86% e 87%, respectivamente, para a polpa cítrica e para o farelo de trigo; e por Evangelista et al. (2000), 87,8%, para o fubá de milho.

**TABELA 2.** Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e carboidratos solúveis (CHOsol.) na MS do capim-tanzânia e dos aditivos antes da ensilagem

<b>Alimento</b>	<b>MS(%)</b>	<b>PB (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>HEM (%)</b>	<b>CHOsol. (g/kg)</b>
Capim-tanzânia	25,54	9,1	78,25	44,80	33,45	25,68
Polpa cítrica	88,54	7,2	28,38	22,76	5,62	—
Farelo de trigo	88,09	16,4	43,91	10,73	33,18	—
Fubá de milho	89,33	8,7	16,63	3,62	13,01	—

#### 4.2 Teores de matéria seca (MS) das silagens de capim-tanzânia

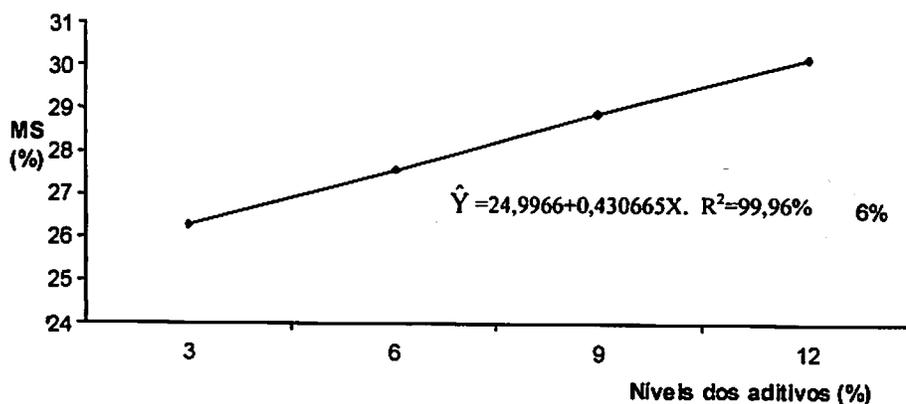
Foram encontradas diferenças significativas entre os aditivos e os níveis de adição ( $P < 0,01$ ) e entre os tempos de abertura dos silos ( $P < 0,05$ ) (TABELA 1A). As adições de polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho aumentaram significativamente ( $P < 0,01$ ) os teores de MS das silagens de capim-tanzânia. Comparando as médias dos três aditivos, verificou-se maior valor para o farelo de trigo (29,14%), seguido pelo fubá de milho (28,05%) e pela polpa cítrica (27,48%), sendo que os dois últimos não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3).

**TABELA 3.** Teores de matéria seca (MS) das silagens de capim-tanzânia com polpa cítrica, fubá de milho e farelo de trigo

Aditivo	MS (%)
Polpa cítrica	27,48b
Fubá de milho	28,05b
Farelo de trigo	29,14a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não foi verificada interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre os fatores estudados (TABELA 1A). Os aditivos mostraram o mesmo comportamento, de modo que com o aumento dos níveis de adição de 3% para 12% houve um incremento linear significativo ( $P < 0,01$ ) dos teores de MS das silagens de 26,8% para 30,16%, como pode ser observado na Figura 1.



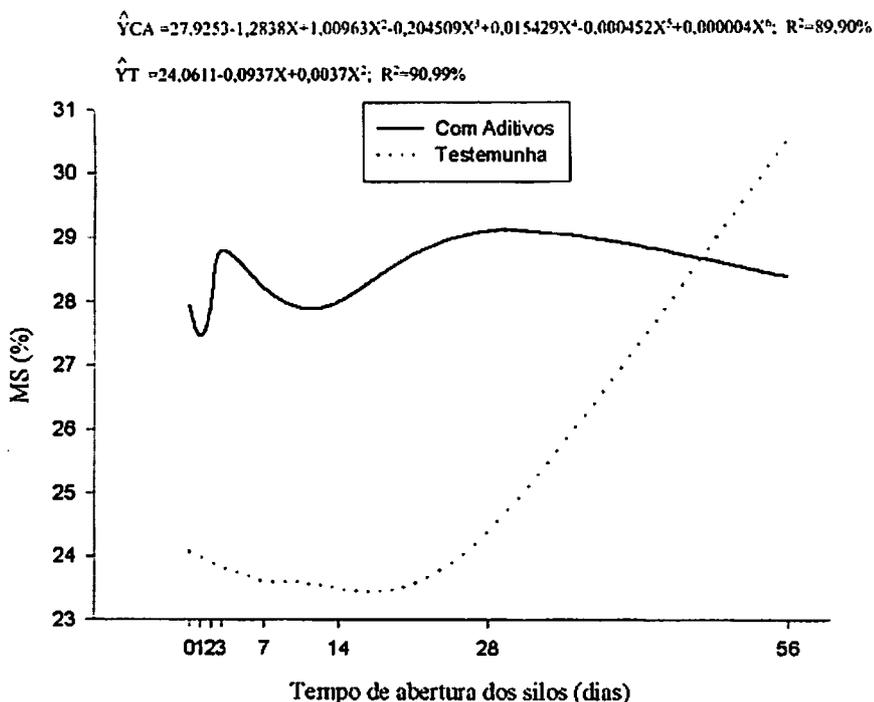
**FIGURA 1.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de matéria seca (MS) das silagens de capim-tanzânia em função dos níveis de adição dos aditivos.

Andrade (1995) observou um aumento linear nos teores de MS no capim-elefante 'Guaçu' (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Guaçu) com 62 dias de idade (média da forragem e da silagem), de 12,9% para 23,89%, quando adicionado de doses crescentes de farelo de trigo de 0 a 16%.

Com relação ao padrão de fermentação da MS, detectaram-se diferenças significativas entre os tempos de abertura dos silos ( $P < 0,05$ ). As interações aditivos x tempo, níveis x tempo e aditivos x níveis x tempo não foram significativas ( $P > 0,05$ ) (TABELA 1A), evidenciando que todos os tratamentos com aditivos apresentaram um comportamento semelhante, porém diferente da testemunha (sem aditivos) (Figura 2).

Os teores médios de MS das silagens de capim-tanzânia com aditivos sofreram pequenas variações durante a fermentação e estas foram mais intensas nos primeiros 14 dias. Comparando-se o teor de MS inicial da forragem, no tempo 0, e o teor final de MS da silagem, com 56 dias de fermentação, observou-se uma elevação de 27,92% para 28,36% (média dos tratamentos com aditivos) (Figura 2).

Um aumento no teor de MS das silagens, em relação à forragem original, pode ser verificado, na prática, quando os silos são providos de dispositivos para a eliminação do efluente, o que elimina parte da umidade da massa ensilada. Andrade (1995) observou um aumento de 20,97% para 22,04% no teor de MS das silagens de capim-elefante 'Guaçu' com 62 dias de idade, em relação à forragem original.



**FIGURA 2.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de matéria seca (MS) das silagens de capim-tanzânia (média dos tratamentos) com aditivos (CA) e da testemunha (T) em função dos tempos de abertura dos silos.

Para a testemunha, o teor de MS da forragem original foi mais baixo (24,06%), mantendo-se praticamente estável até aproximadamente 28 dias; a partir daí houve um aumento significativo, elevando-se para 30,56% aos 56 dias de fermentação (Figura 2). Verificou-se, para a testemunha, que o aumento no teor de MS com a fermentação foi maior (6,5%) que para as silagens com aditivos (0,44%). Isto pode ser explicado pelo efeito absorvente dos aditivos utilizados ou decorrente de erros de amostragem nos silos, pois as amostras representando os tempos de abertura não foram retiradas do mesmo silo. Além

disso, mesmo que do tempo 28 para 56 tenham transcorrido 28 dias de fermentação, não havia um tempo intermediário que pudesse eliminar algum erro que possa ter ocorrido.

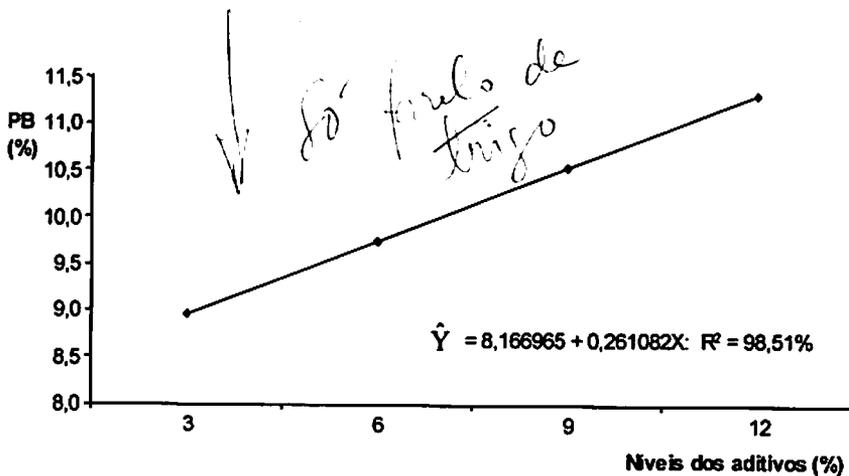
Coan (2001) obteve concentrações semelhantes de MS das forragens dos capins Tanzânia e Mombaça em diferentes idades e suas silagens. Os valores foram iguais a 28,4%; 31,3% e 24,24%; 25,1% de MS para o capins Tanzânia e Mombaça com 45 e 60 dias de idade, respectivamente, e de 27,26%; 31,23% e 24,0%; 24,8% para as silagens correspondentes, sem inoculantes. O autor constatou que neste experimento não houve perdas significativas de MS com a fermentação.

Ao se comparar o teor de MS da silagem final (após 56 dias de fermentação) deste estudo, observou-se que o valor 30,56% da silagem de capim-tanzânia com 60-65 dias de idade, sem aditivos, foi praticamente igual ao encontrado por Coan (2001) para silagens da mesma gramínea e na mesma idade (31,23%). No entanto, no presente trabalho esses teores de MS indicaram perda de água por efluente durante a fermentação, pois foram mais altos que o da forragem original (24,06%) e também mais altos que o teor de MS médio das silagens com aditivos (28,36%), o qual foi praticamente constante durante a fermentação (Figura 2).

#### **4.3 Teores de proteína bruta (PB) na MS das silagens de capim-tanzânia**

Com relação ao teor de PB, verificou-se diferença significativa entre os aditivos, níveis e tempos de abertura dos silos e somente a interação aditivos x níveis foi significativa ( $P < 0,01$ ). Os resumos das análises de variância estão apresentados na TABELA 1A. O desdobramento da interação aditivos x níveis, analisando-se os níveis de adição dentro de cada aditivo, foi significativo ( $P < 0,01$ ) somente para o farelo de trigo, não se observando diferença

significativa ( $P>0,05$ ) entre os níveis de adição para os aditivos polpa cítrica e fubá de milho (TABELA 2A). Para o aditivo farelo de trigo foi observado um aumento linear significativo ( $P<0,01$ ) no teor de PB de 8,9% para 11,3% à medida que se elevaram os níveis de adição de 3% para 12% (Figura 3). Isto é explicado pelo alto teor de PB do farelo de trigo (16,4%) em relação ao capim-tanzânia (9,1%), enquanto os aditivos polpa cítrica e fubá de milho possuíam teores de PB de 7,2% e 8,7%, respectivamente, valores próximos daquele do capim-tanzânia.



**FIGURA 3.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de proteína bruta (PB) na MS das silagens de capim-tanzânia com doses crescentes de farelo de trigo.

Bergamaschine et al. (1998) registraram aumentos significativos nos teores de MS e de PB quando se aumentou a quantidade de resíduo de milho de 0 para 10% na ensilagem de capim-tanzânia com 60 dias de idade. O teor de MS elevou-se de 21,09% para 22,15% e o de PB, de 4,56% para 8,27%. A adição de

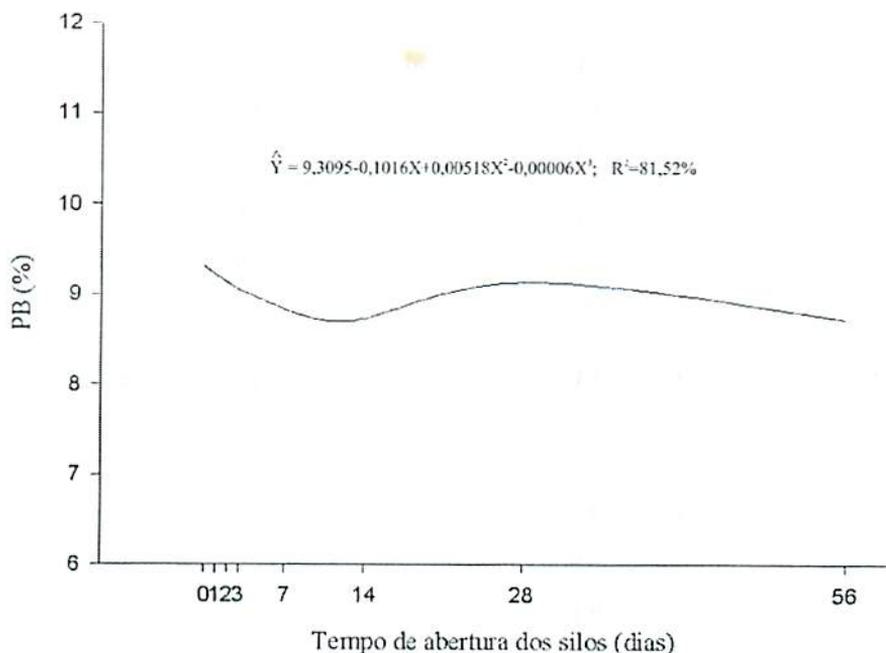
15% de farelo de trigo à silagem de coastcross com 5 semanas de rebrota resultou em um acréscimo de 48,08% no seu teor protéico (Lima et al., 2000).

A adição de 5% de fubá de milho à forragem de capim-elefante aumentou em 4,77% o teor de MS da silagem, porém não causou aumento significativo no teor de PB, sendo estes de 8,4% e 9,06%, sem e com aditivo, respectivamente (Herling, 1998).

Evangelista et al. (1999), estudando a adição de 4% de polpa cítrica à silagem de estrela roxa com 45 dias de crescimento, observaram que os maiores teores de PB foram registrados para as silagens sem polpa cítrica (13,5%, em média), em relação às silagens adicionadas de polpa cítrica (12,8%, em média).

Os aditivos polpa cítrica e fubá de milho não devem ser usados na ensilagem com o intuito de aumentar o teor protéico devido ao baixo teor de PB dos mesmos, podendo, dependendo da forragem utilizada, causar uma redução no teor de PB da silagem. Sua ação, no entanto, foi benéfica para melhorar as características de fermentação, aumentando os teores de MS e contribuindo para a redução do pH e dos teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total), como será visto mais adiante.

Houve diferença significativa entre os tempos de abertura dos silos (TABELA 1A). As transformações que ocorreram em PB das silagens com aditivos, ao longo da fermentação, seguiram um mesmo padrão, como pode ser verificado na Figura 4. Comparando-se os teores inicial de PB da forragem e o final da silagem, com 56 dias de fermentação observou-se uma pequena redução de 9,3% para 8,7% (Figura 4). Por outro lado, os teores de PB da testemunha nos diferentes dias de abertura dos silos não diferiram ( $P>0,05$ ), com teor médio de 8,9% aos 56 dias de fermentação.



**FIGURA 4.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de proteína bruta (PB) das silagens de capim-tanzânia com aditivos em função dos tempos de abertura dos silos

Apesar de a adição de farelo de trigo ter contribuído para elevar o teor de PB das silagens, quando se compararam os teores médios dos tratamentos (exceto a testemunha), ao se analisar o teor de PB da silagem final, o teor médio dos tratamentos foi muito próximo ao da testemunha, que não sofreu variação com a fermentação.

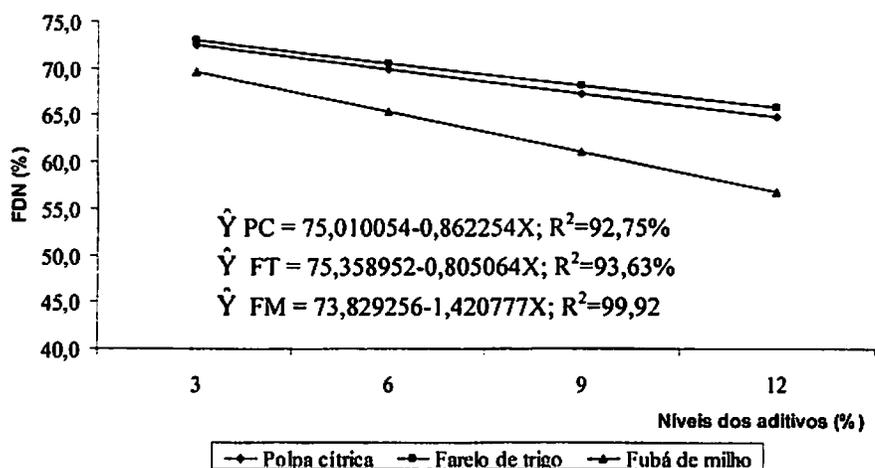
Os teores de PB encontrados neste experimento para as silagens com aditivos (média dos tratamentos) foram mais baixos que os encontrados por Coan (2001) para silagens de capim-tanzânia com 45 dias (11,03% e 12,20%) e

com 60 dias (10,01% e 10,51%) de idade, sendo estes valores referentes às silagens com e sem inoculante enzimo-bacteriano. A adição de 6-8% de polpa cítrica peletizada à silagem de capim-tanzânia com 55 dias de idade praticamente não alterou os teores de PB, iguais a 5,8-7,0% e 7,0%, respectivamente, para as silagens sem e com adição de polpa cítrica. Para os teores de MS e a DIVMS, foram observados pequenos aumentos, de 20-22% para 24% e de 46-50% para 51%, respectivamente ( Corrêa & Cordeiro, 2000 ).

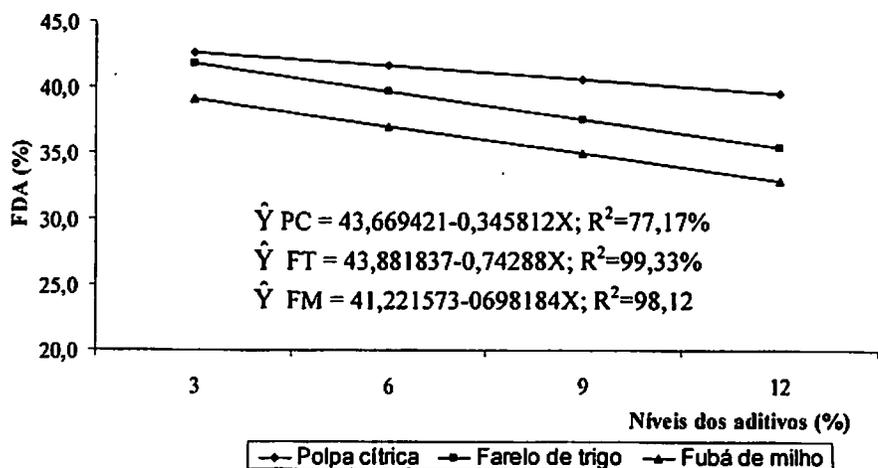
#### **4.4 Teores de FDN, FDA e hemicelulose na MS das silagens de capim-tanzânia**

Observou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) da adição de polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho nos teores de FDN, FDA e HEM da silagem de capim-tanzânia. Os resumos das análises de variância para os teores de FDN, FDA e HEM estão apresentados na TABELA 3A.

Para os teores de FDN, FDA e HEM houve interação significativa entre os diferentes aditivos e os níveis de adição correspondentes (TABELA 4A). Foi observada redução linear significativa nos teores de FDN ( $P < 0,01$ ) e FDA ( $P < 0,05$ ) à medida que se aumentaram os níveis dos aditivos, como pode ser observado nas Figuras 5 e 6, respectivamente.



**FIGURA 5.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de FDN na MS das silagens de capim-tanzânia em função dos níveis dos aditivos polpa cítrica (PC), farelo de trigo (FT) e fubá de milho (FM).

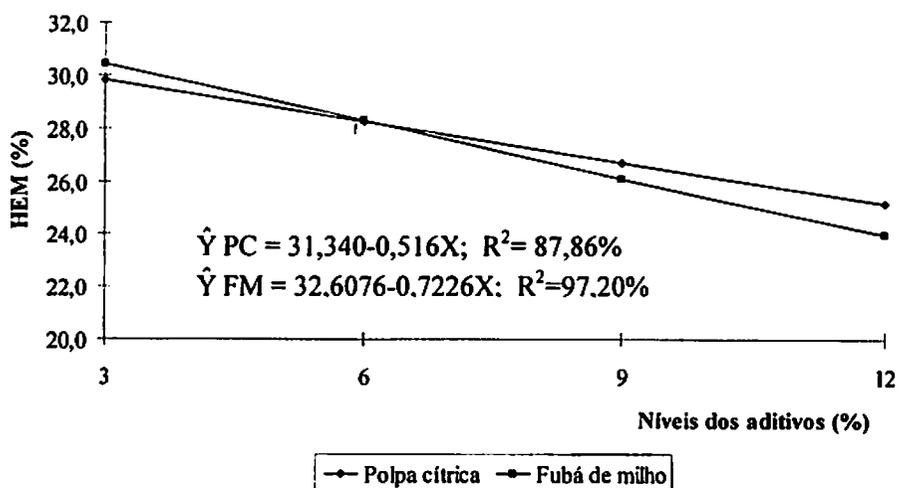


**FIGURA 6.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de FDA na MS das silagens de capim-tanzânia em função dos níveis dos aditivos polpa cítrica (PC), farelo de trigo (FT) e fubá de milho (FM).

Tanto para os teores de FDN quanto para os de FDA, o aditivo fubá de milho foi o mais eficiente na redução dos mesmos. À medida que se aumentaram os níveis de adição de 3 para 12%, foi observada uma redução de 12,78% nos teores de FDN quando se utilizou o fubá de milho; de 7,76% quando se utilizou a polpa cítrica e de 7,24% quando se utilizou o farelo de trigo. Nota-se que estes dois últimos aditivos mostraram um comportamento semelhante. Essa redução nos teores de FDN das silagens com o aumento dos níveis dos aditivos é explicada pelo teor de FDN na MS dos aditivos que é para todos os aditivos utilizados mais baixo que o teor de FDN na MS do capim-tanzânia (78,25%) (Tabela 2).

Semelhante ao que ocorreu com os valores de FDN, também os de FDA na MS da silagem do capim-tanzânia reduziram com o aumento dos níveis de adição, sendo as reduções de 6,28% para o fubá de milho; 6,33% para o farelo de trigo e 3,11% para a polpa cítrica (Figura 6). Embora a redução nos teores de FDA tenha ocorrido em proporções muito próximas para o farelo de trigo e para o fubá de milho, os teores de FDA foram sempre mais baixos quando se utilizou o fubá de milho (Figura 6). Para a FDA, o aditivo farelo de trigo foi mais eficiente que a polpa cítrica na sua redução, por causa do mais alto teor de HEM (33,18%) do farelo de trigo em relação à polpa cítrica (5,62%), o que faz com que o farelo de trigo tenha um teor de FDA mais baixo (Tabela 2).

Para os teores de HEM, houve interação significativa entre aditivos e níveis de adição ( $P < 0,01$ ) (TABELA 4A). Observou-se uma redução linear significativa dos teores de (HEM) das silagens de capim-tanzânia de 4,65% e de 5,59% com o aumento dos níveis de polpa cítrica e fubá de milho, respectivamente, de 3 para 12% (Figura 7). Já o aumento dos níveis de adição de farelo de trigo não alterou significativamente os teores de HEM das silagens (TABELA 4A), pois o valor 33,18% é praticamente igual a 33,45% de HEM na MS do capim-tanzânia (Tabela 2).



**FIGURA 7.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de HEM na MS das silagens de capim-tanzânia em função dos níveis dos aditivos polpa cítrica (PC) e fubá de milho (FM).

Lima et al. (2000) observaram redução significativa nos teores de FDN na MS das silagens de coastcross, com cinco semanas de idade da rebrota, de 72% para 62,3% e 61,2% quando se elevaram as participações do farelo de trigo e da polpa cítrica, respectivamente, de 0 para 15%.

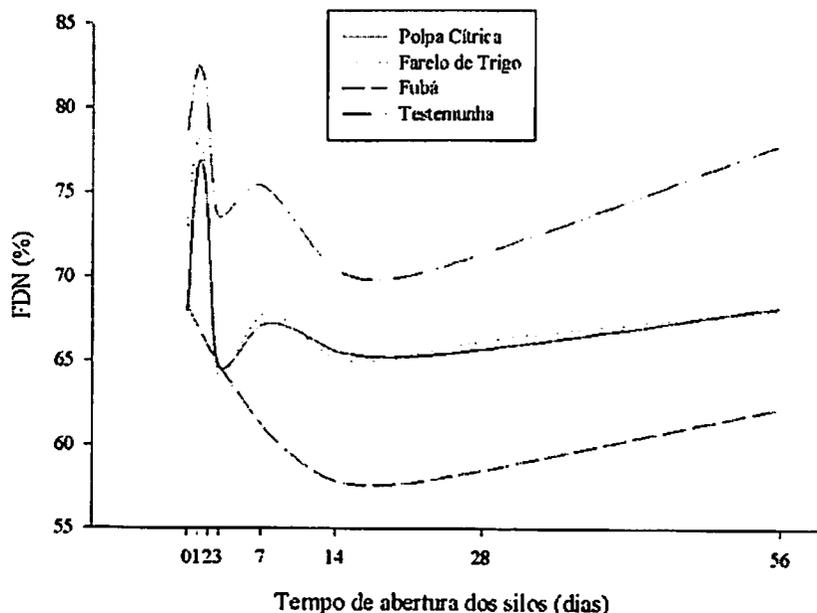
A adição de 10% de polpa cítrica reduziu os teores de FDN na MS das silagens de Tifton 85, com 45 dias de idade da rebrota, de 79,1 para 72% sem pré-emurchecimento e de 78,5 para 76% nas silagens com pré-emurchecimento por 6 horas, não alterando os teores de FDA das silagens (Pedreira et al 2001). Evangelista et al. (2000) observaram redução nos teores de FDN na MS das silagens de coastcross, com cinco semanas de idade da rebrota, de 71 para 56% quando se elevou a participação do fubá de milho de 0 para 15%.

Com relação ao padrão de fermentação, os teores de FDN, FDA e HEM variaram durante a fermentação. Para os teores de FDN com base na MS das silagens de capim-tanzânia, somente a interação aditivo x tempo foi significativa ( $P < 0,01$ ), sendo que as interações níveis de adição x tempo e aditivos x níveis x tempo não foram significativas ( $P > 0,05$ ) (TABELA 3A). Para os três aditivos utilizados, foram observadas variações significativas ( $P < 0,01$ ) nos teores de FDN com o decorrer da fermentação (TABELA 5A); no entanto, cada aditivo seguiu um comportamento diferente como pode ser observado na Figura 8.

Comparando os teores inicial e final de FDN, pode-se observar que com o decorrer do tempo de fermentação houve pequena redução nos seus valores para os três aditivos, sendo essa redução maior para o fubá de milho (6,07%), seguido pelo farelo de trigo (4,65%), e reduções muito pequenas para o aditivo polpa cítrica (0,16%) e para a testemunha (0,97%) (Figura 8).

Com um dia de fermentação foram observados aumentos nos teores de FDN de 8,67% e 5,6% na MS das silagens de capim-tanzânia quando se utilizaram os aditivos polpa cítrica e farelo de trigo, respectivamente, e aumento de 3,80% para a testemunha, voltando a reduzir com 3 dias. Com 7 dias ocorreu novo aumento, caindo novamente até os 14 dias. A partir daí, notou-se um pequeno aumento gradativo até os 56 dias.

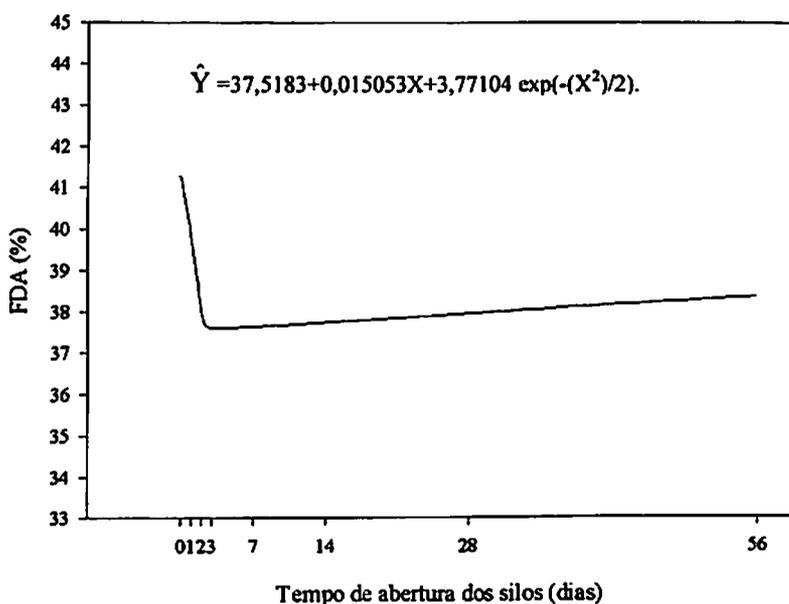
$$\begin{aligned} \hat{Y}_{PC} &= 67,9653 + 18,6918X - 12,1850X^2 + 2,3346X^3 - 0,17249X^4 + 0,005011X^5 - 0,000047X^6; R^2 = 97,42\% \\ \hat{Y}_{FT} &= 72,6099 + 14,6485X - 11,0879X^2 + 2,20967X^3 - 0,16589X^4 + 0,004855X^5 - 0,000045X^6; R^2 = 99,03\% \\ \hat{Y}_{FM} &= 68,2710 - 1,3284X - 0,048052X^2 - 0,000469X^3; R^2 = 95,79\% \\ \hat{Y}_T &= 78,64101 + 9,6676X - 7,1891X^2 + 1,4267X^3 - 0,10719X^4 + 0,00314X^5 - 0,00003X^6; R^2 = 95,96 \end{aligned}$$



**FIGURA 8.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação do teores de FDN na MS das silagens de capim-tanzânia com polpa cítrica (PC), farelo de trigo (FT), fubá de milho (FM) e testemunha (T) em função dos tempos de abertura dos silos.

Esses aumentos provavelmente decorreram das perdas de componentes solúveis por efluentes, pois os silos dispunham de válvulas de escape para gases e, como os silos ficaram dispostos com a válvula voltada para baixo, estas serviram também como válvulas para eliminação dos efluentes produzidos durante a fermentação.

Houve diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) nos teores de FDA na MS das silagens de capim-tanzânia entre os tempos de abertura dos silos, porém nenhuma interação foi significativa ( $P > 0,05$ ) (TABELA 3A). Foi observado o mesmo comportamento para os três aditivos e em todos os níveis com o transcorrer da fermentação, com uma redução média de 7,07% nos teores de FDA das silagens (Figura 9).



**FIGURA 9.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores médios de FDA na MS das silagens de capim-tanzânia em função dos tempos de abertura dos silos.

Para a testemunha, não foi observada variação significativa nos teores de FDA na MS das silagens do capim-tanzânia em função dos tempos de abertura dos silos. O teor de FDA da silagem final (42,62%) foi maior que o teor médio das silagens com aditivos (38,16%).

Pedreira et al. (2001) atribuíram a redução no teor de FDN da silagem de Tifton 85 à hidrólise da HEM, acarretada pelos decréscimos nos valores de pH. Por outro lado, observou-se aumento da fração FDA, o que, segundo os autores, foi devido ao efeito de concentração, uma vez que reduzindo o teor de FDN, observa-se um aumento na fração que não foi alterada pelo processo fermentativo, já que os dados são expressos em termos percentuais.

Pereira et al. (2001) detectaram pequenas variações nos valores de FDN e FDA durante a fermentação de seis híbridos de girassol; no entanto, essas variações não seguiram um padrão lógico de modificações, sendo que o teor de HEM permaneceu constante da vedação até os 56 dias de ensilagem.

As interações aditivos x tempo e níveis x tempo, com relação aos teores de HEM, foram significativas ( $P < 0,05$ ) (TABELA 3A). Para os três aditivos utilizados, verificaram-se diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) nos teores de HEM com o decorrer da fermentação (TABELA 5A); porém, para cada aditivo observou-se um comportamento diferente. Da mesma forma, os desdobramentos da interação níveis x tempo, analisando-se os tempos dentro de cada nível, também foram significativos para todos os níveis (TABELA 6A).

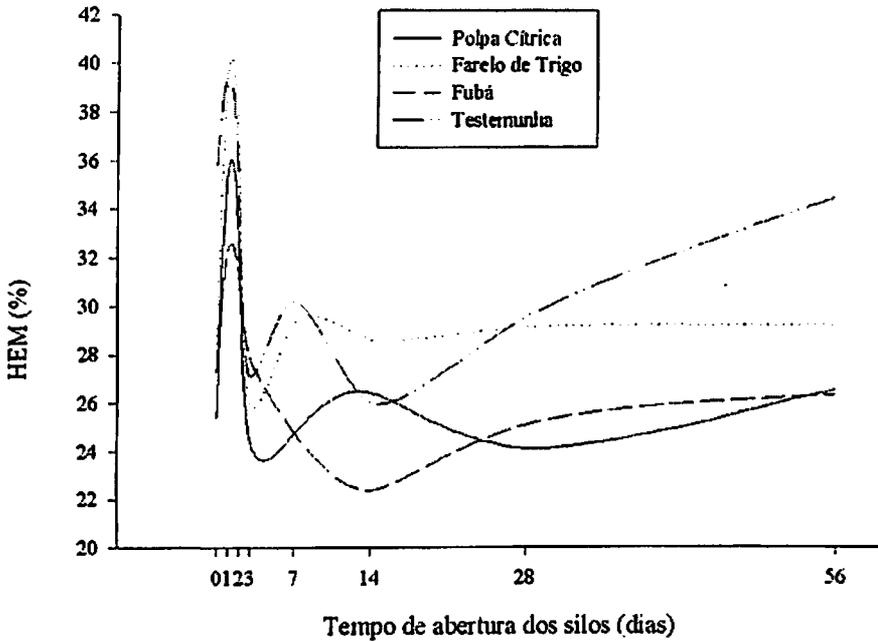
O padrão de fermentação da HEM mostrou um comportamento semelhante ao da FDN. De acordo com as Figuras 10 e 11, observou-se um aumento significativo nos teores de HEM com um dia de fermentação, de 10,25%, 11,64% e 5,0% para a polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho, respectivamente em todos os níveis de adição e a partir daí observou-se um decréscimo desta variável com o decorrer da fermentação (Figura 10).

$$\hat{Y}_{PC} = 25.4004 + 20.8154X - 12.7742X^2 + 2.2860X^3 - 0.17398X^4 + 0.005020X^5 - 0.000046X^6; R^2 = 99.79\%$$

$$\hat{Y}_{FT} = 28.1701 + 24.2054X - 15.2519X^2 + 2.8985X^3 - 0.21343X^4 + 0.006190X^5 - 0.000057X^6; R^2 = 99.90\%$$

$$\hat{Y}_{FM} = 27.3036 + 9.6894X - 5.5605X^2 + 0.9933X^3 - 0.070996X^4 + 0.002030X^5 - 0.000019X^6; R^2 = 96.36\%$$

$$\hat{Y}_T = 3.4977 + 5.8904X - 2.5559X^2 + 0.230506X^3; R^2 = 79.98\%$$



**FIGURA 10.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de HEM das silagens de capim-tanzânia com polpa cítrica (PC), farelo de trigo (FT), fubá de milho (FM) e da testemunha (T) em função dos tempos de abertura dos silos.

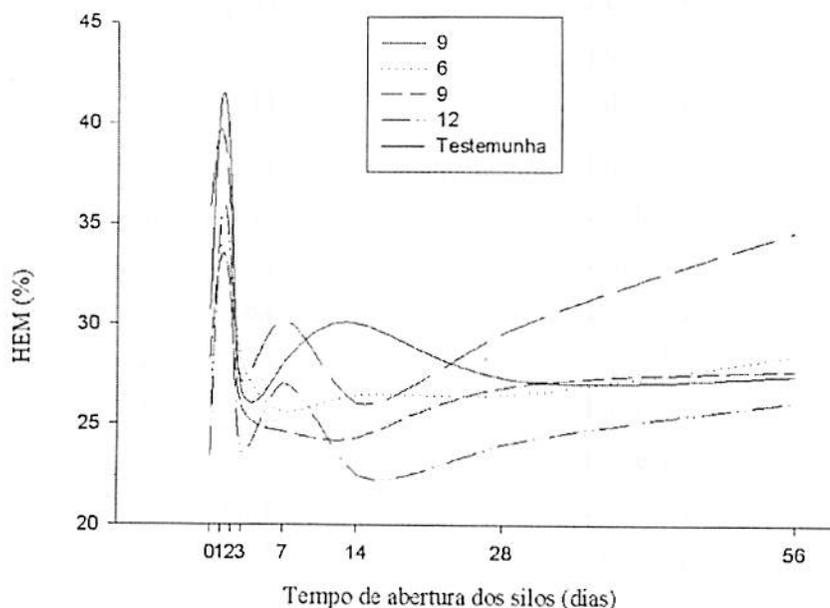
$$\hat{Y}_{3\%} = 30,6842 + 22,5261X - 14,5942X^2 + 2,7723X^3 - 0,203577X^4 + 0,005893X^5 - 0,000055X^6; R^2 = 99,89\%$$

$$\hat{Y}_{6\%} = 25,4782 + 15,5722X - 8,5698X^2 + 1,5258X^3 - 0,108766X^4 + 0,003104X^5 - 0,000029X^6; R^2 = 97,37\%$$

$$\hat{Y}_{9\%} = 28,2812 + 11,0535X - 7,2067X^2 + 1,3553X^3 - 0,099013X^4 + 0,002859X^5 - 0,000026X^6; R^2 = 82,93$$

$$\hat{Y}_{12\%} = 23,3883 + 23,7952X - 14,4114X^2 + 2,7170X^3 - 0,1998X^4 + 0,005798X^5 - 0,000054X^6; R^2 = 99,71$$

$$\hat{Y}_T = 33,4977 + 5,8904X - 2,5559X^2 + 0,230506X^3; R^2 = 79,98\%$$



**FIGURA 11.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de HEM na MS das silagens de capim-tanzânia nos níveis de adição 3%, 6%, 9% e 12% dos diferentes aditivos e da testemunha (T) em função dos tempos de abertura dos silos.

Analisando-se as Figuras 8, 10 e 11, notou-se que os teores de FDN e HEM mostraram comportamento semelhante, ou seja, um aumento dos mesmos com um dia de fermentação, caindo até 2 ou 3 dias, e ainda uma pequena variação até os 7 dias de fermentação. A partir de 14 dias, verifica-se uma tendência de estabilização e/ou leve aumento dos componentes estruturais até os 56 dias.



Nos primeiros 7 dias de fermentação, foram observadas maiores variações nos teores de FDN e HEM, pois é neste período que a fermentação é mais intensa. Para a FDA, não foram observadas estas variações porque a HEM é o carboidrato estrutural mais passível de ser utilizado pelas bactérias como substrato para a fermentação, sendo ela a responsável pelas variações nos teores de FDN, já que é calculada pela diferença entre FDN e FDA.

Segundo Woolford (1984), carboidratos estruturais têm pouca importância na fermentação; porém, a HEM pode atuar como uma reserva de açúcares fermentáveis através da sua hidrólise. O autor cita que a hidrólise da HEM inicialmente é feita pelas enzimas vegetais e esta atividade é gradualmente substituída pela hidrólise ácida. Crestana et al. (2001) observaram uma correlação positiva entre a HEM e os valores de pH, com uma redução do pH à medida que se reduziu o teor de HEM. Os autores concluíram que a HEM contribuiu efetivamente como substrato para a fermentação da silagem de capim-tanzânia com 60 dias de idade.

Os teores de FDN, FDA e HEM determinados na MS da silagem de capim-tanzânia sem aditivos foram, respectivamente, iguais a 77,67%, 42,62% e 35,05%. O teor de FDN está próximo ao encontrado por Coan (2001), que foi de 77,98%; por outro lado o teor de FDA foi mais baixo e o de HEM mais alto que os valores 49,47% e 28,51%, respectivamente, encontrados por este autor.

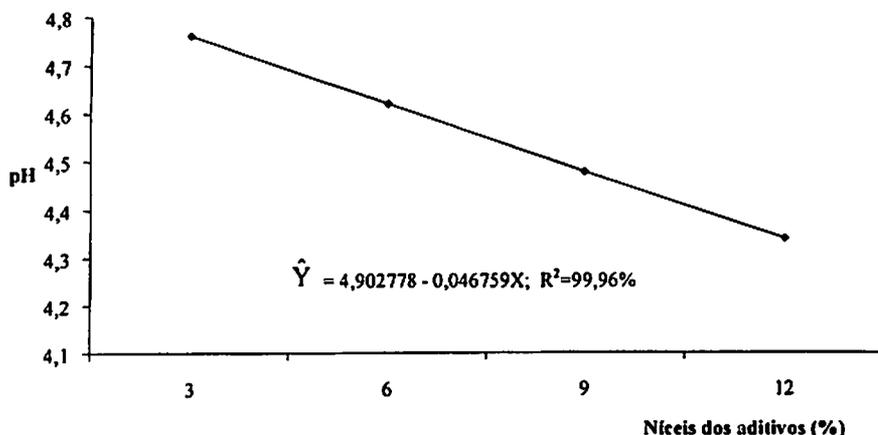
Comparando os teores médios de FDN das silagens obtidas quando adicionadas de fubá de milho, farelo de trigo e polpa cítrica, observa-se que quando se utilizou o fubá de milho, o teor de FDN foi mais baixo (62,19%), sendo que, para as silagens adicionadas de polpa cítrica, aquele valor foi igual a 68,13%, muito próximo do apresentado pelas silagens adicionadas de farelo de trigo (67,96%) (Figura 4). Contudo, para qualquer um dos três aditivos

utilizados, o teor médio de FDN da silagem final (56 dias) foi mais baixo que o teor de FDN da testemunha (77,67%) (Figura 7).

Bergamaschine et al. (1998) observaram redução nos teores de FDN e de FDA das silagens de capim-tanzânia com 60 dias à medida que se aumentaram os níveis de adição de resíduo de milho de 0 para 10%, registrando valores médios de FDN de 73,71%; 61,31% e 64,06% e de FDA de 50,07%; 44,07% e 40,33%, respectivamente, para as doses 0, 5 e 10%.

#### **4.5 Valores de pH e teores de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH<sub>3</sub> (% N total)] das silagens de capim-tanzânia**

A adições de polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho ao capim-tanzânia resultaram em silagens com valores de pH mais baixos. Somente foram significativas ( $P < 0,01$ ) as diferenças entre os níveis de adição e entre os tempos de abertura dos silos. Os resumos das análises de variância estão apresentados na TABELA 7A. Os três aditivos utilizados não se diferenciaram estatisticamente; sendo assim, eles mostraram o mesmo comportamento, reduzindo linearmente o pH ( $P < 0,01$ ) de 4,76 para 3,34 à medida que se aumentou o nível de adição de 3% para 12%, respectivamente. Esta redução pode ser descrita por uma equação de regressão linear conforme Figura 12, na qual se espera uma redução de 0,047 no pH para cada nível do aditivo que se adicionar às silagens.

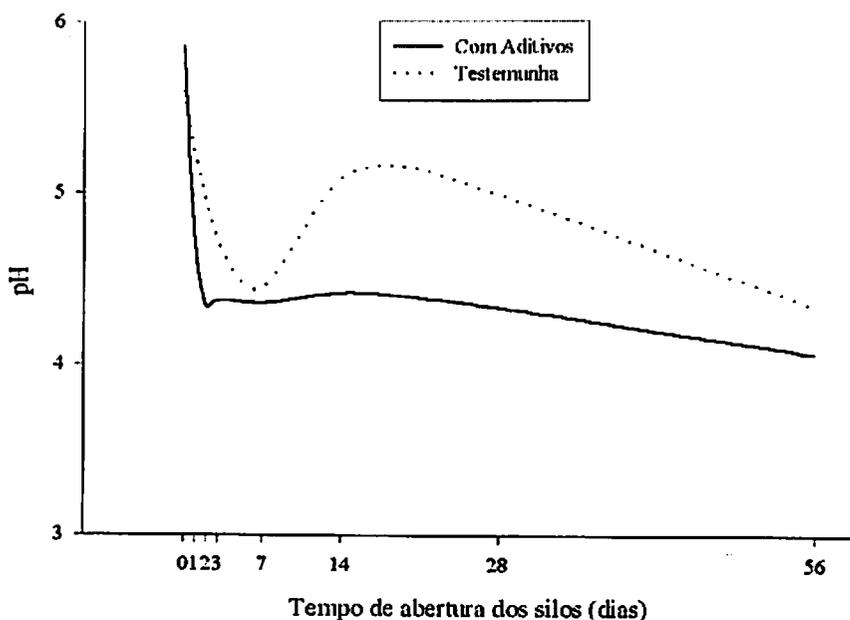


**FIGURA 12.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos valores de pH das silagens de capim-tanzânia em função dos níveis de adição dos aditivos.

Houve variação significativa dos valores de pH entre os tempos de abertura dos silos ( $P < 0,01$ ) tanto para as silagens com aditivos quanto para a testemunha (sem aditivos) (Figura 13). Pela Figura 13 pode-se observar que o pH da silagem sem aditivos reduziu lentamente de 5,59 para 4,45, com 7 dias de fermentação; dos 7 para 14 dias, observou-se um pequeno aumento no pH voltando a cair novamente até os 56 dias, resultando em uma silagem com um pH de 4,33.

$$\hat{Y}_{CA} = 5,8467 - 1,7172X + 0,664456X^2 - 0,10498X^3 + 0,007128X^4 - 0,000199X^5 + 0,000002X^6; R^2 = 99,48\%$$

$$\hat{Y}_T = 5,594 - 0,4157X + 0,04646X^2 - 0,00161X^3 + 0,00002X^4; R^2 = 99,96\%$$



**FIGURA 13.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos valores de pH das silagens de capim-tanzânia com aditivos (CA) e da testemunha (T) em função dos tempos de abertura dos silos.

Com relação às silagens com aditivos, houve diferença significativa nos valores de pH entre os tempos de abertura dos silos. As interações aditivos x tempo, níveis x tempo e aditivos x níveis x tempo não foram significativas (TABELA 7A); sendo assim, para qualquer um dos três aditivos utilizados e em qualquer nível de adição, as variações nos valores de pH com o decorrer da fermentação mostraram o mesmo comportamento, porém diferente da testemunha (sem aditivos) (Figura 13). O pH caiu rapidamente de 5,85 para 4,7

com um dia de fermentação e para 4,3 no segundo dia de abertura dos silos (Figura 13). A partir daí, observou-se uma estabilização do pH até 28 dias de fermentação, quando voltou a cair novamente, resultando em uma silagem com um pH de 4,05 aos 56 dias.

Comparando os valores de pH das silagens sem aditivos (4,33) e com aditivos (valor médio dos tratamentos de 4,05) (Figura 13), constata-se a eficiência dos aditivos na redução do pH. Segundo Woolford (1984), o pH final não pode ser tomado isoladamente como um bom critério para avaliação das fermentações, pois a inibição de fermentações secundárias depende mais da velocidade de abaixamento do mesmo, da concentração iônica e da umidade do meio do que do pH final do produto. Neste sentido, os aditivos também mostraram sua eficiência, com o pH estabilizando-se com aproximadamente 2 dias de fermentação, sendo que, para as silagens sem aditivos, o pH não se estabilizou rapidamente, sofrendo variações até os 28 dias de fermentação e a partir daí, o pH tendeu a diminuir lentamente até os 56 dias, como pode ser observado na Figura 13.

Um pequeno aumento no pH foi observado para a silagem sem aditivos com um pico aos 14 dias (Figura 13) e neste mesmo período também ocorreu um aumento no teor de nitrogênio amoniacal (Figura 17), o que é uma das causas do aumento do pH da silagem (Figura 13). Segundo Woolford (1984), inicialmente, clostrídios que utilizam açúcares e ácido lático proliferam e produzem ácido butírico, liberando dióxido de carbono, havendo, assim, um aumento no pH. Com isso, as condições são favoráveis a ploriferação de clostrídios proteolíticos, que são menos tolerantes à acidez que os sacarolíticos, resultando na formação de aminas, amidas e amônia de proteínas e aminoácidos e, conseqüentemente, causando aumento adicional no pH.

Ainda, segundo Woolford (1984), o pH ideal resultante de uma boa fermentação deve ser menor que 4,2; porém, mesmo as silagens sem aditivos, com pH de 4,33, mostraram bom aspecto de conservação. Pedreira et al. (2001), ensilando Tifton 85 submetido ao emurchecimento e à adição de polpa cítrica, encontraram valores de pH acima da faixa recomendada, variando de 4,9 a 5,6. Apesar destes valores, os autores concluíram que as silagens exibiram baixa proteólise, provavelmente em função da redução da atividade clostrídica, resultando na preservação das proteínas. Neste estudo, as plantas apresentaram alto teor de MS, variando de 38,5%, para a testemunha, a 58% para o tratamento com a ensilagem após emurchecimento por 6 horas, com a adição de 10% de polpa cítrica. Esse alto teor de MS pode ser responsável pela redução da atividade clostrídica.

Os valores de pH encontrados neste experimento foram inferiores aos encontrados por Coan (2001), que não detectou diferença significativa entre idades (45 e 60 dias) e entre adição ou não de inoculante enzimo-bacteriano nos valores de pH das silagens de capim-tanzânia, sendo que o valor médio para os tratamentos foi de 4,83.

✓  
Através das análises de variância para os valores de N-NH<sub>3</sub> (% N total), observou-se interação significativa ( $P < 0,01$ ) aditivos x níveis x tempo de abertura dos silos. Os teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) das silagens com polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho foram submetidos à técnica de análise pelo método de superfície de resposta e os seus comportamentos estão mostrados nas Figuras 14, 15 e 16, respectivamente.

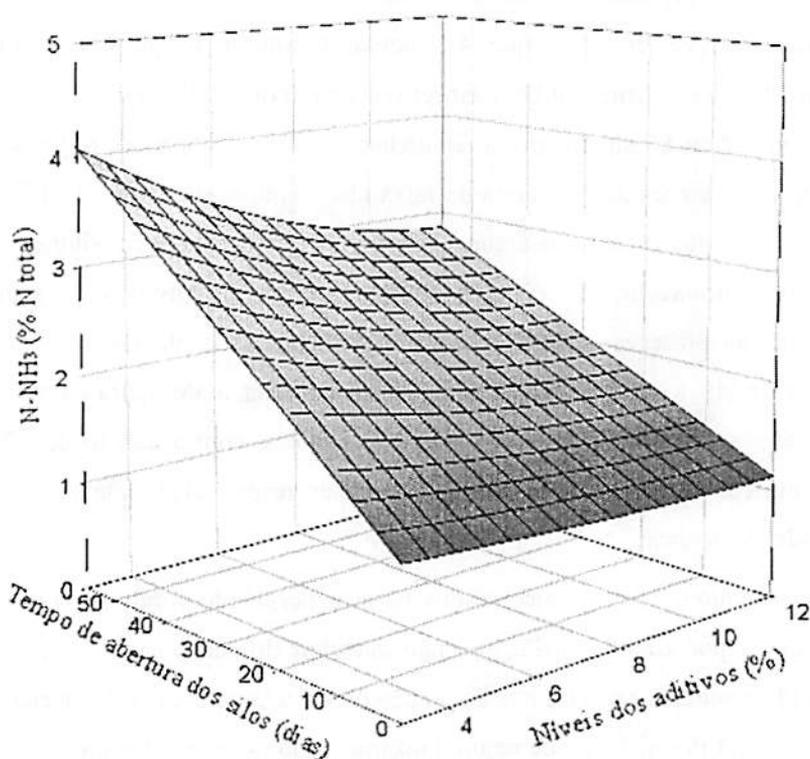


FIGURA 14. Representação gráfica dos teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) das silagens de capim-tanzânia em função da adição de doses crescentes de polpa cítrica e do tempo de abertura dos silos.

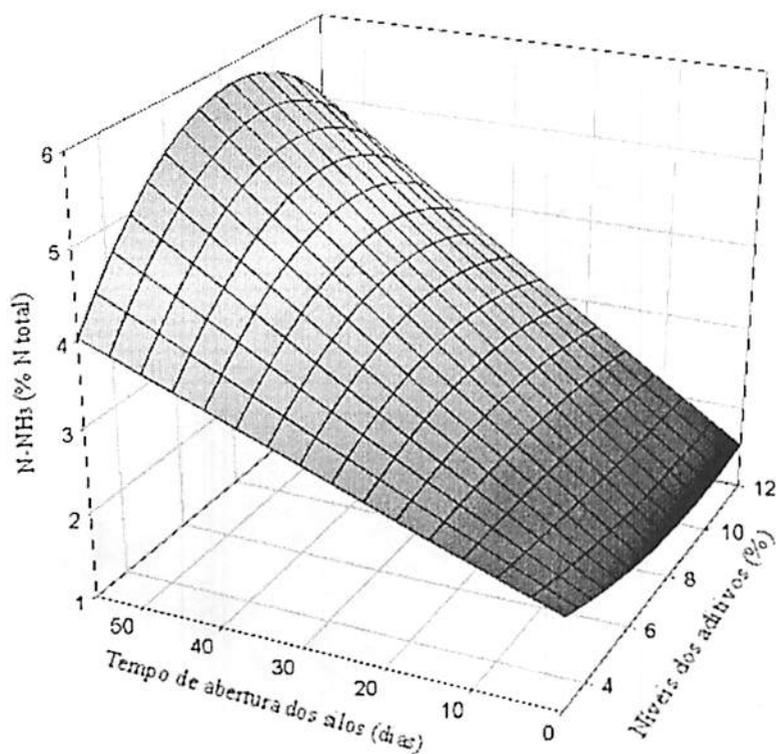
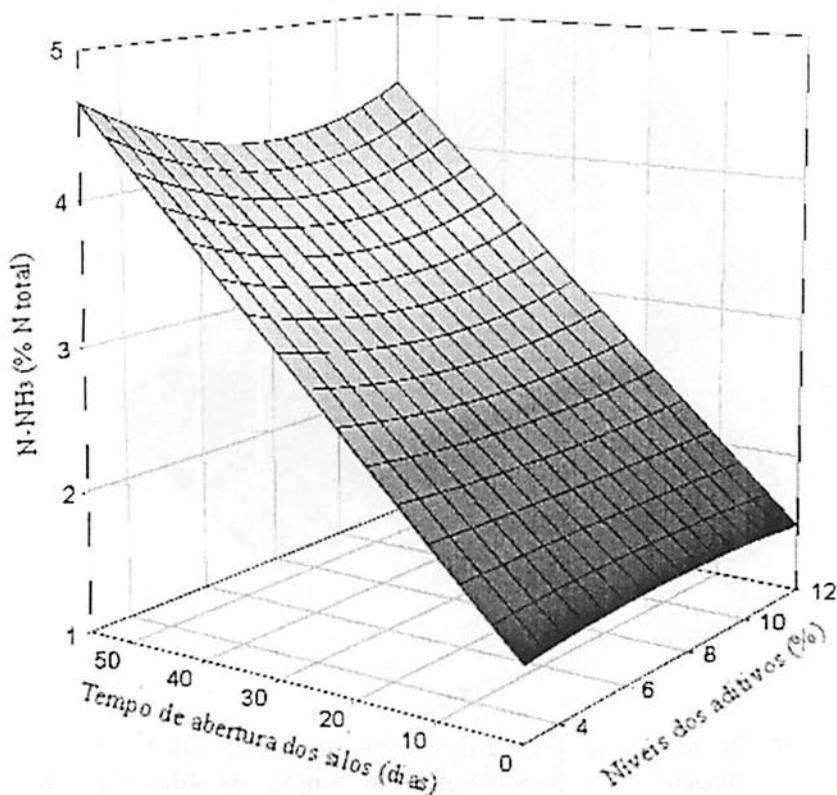


FIGURA 15. Representação gráfica dos teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) das silagens de capim-tanzânia em função da adição de doses crescentes de farelo de trigo e do tempo de abertura dos silos.



**FIGURA 16.** Representação gráfica dos teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) das silagens de capim-tanzânia em função da adição de doses crescentes de fubá de milho e dos tempos de abertura dos silos.

Com relação ao padrão de fermentação, para os três aditivos utilizados, notou-se maior efeito do tempo de abertura dos silos do que das concentrações dos aditivos. Os teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) aumentaram com o decorrer das fermentações. Esse aumento foi linear para todos os níveis de adição, não sendo observada nenhuma tendência de estabilização.

Segundo Woolford (1984), assim que a forragem é cortada a proteólise se inicia e continua durante a ensilagem, sendo que sua extensão depende

largamente da rapidez com que as condições ácidas sejam estabelecidas. Neste contexto, explica-se a ação dos aditivos nos teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) de uma silagem, já que eles agem sobre os valores de pH. No presente estudo, as condições ácidas foram estabelecidas rapidamente quando se utilizou aditivos, mesmo assim o pH não foi suficientemente baixo para inibir a atividade proteolítica.

As bactérias ácido-láticas não são proteolíticas e sua habilidade em fermentar aminoácidos também parece ser restrita, sendo que somente dois, a serina e a arginina, são extensamente atacados por algumas bactérias. Os produtos obtidos da arginina são a ornitina, a amônia e o CO<sub>2</sub>, e da serina, são a acetona, a amônia e o CO<sub>2</sub> (McDonald, 1981).

Araújo et al. (2000), estudando o perfil de fermentação de silagens de três cultivares de milho, observaram que para as concentrações de N-NH<sub>3</sub> (% N total) ocorreram variações entre 3,32% no primeiro dia, e 9,01%, com 56 dias de fermentação, aumentando com o passar dos dias sem tendência à estabilização dos valores até os 56 dias de fermentação. Outros autores também não observaram tendência de estabilização dos valores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) para as silagens de milho (Antunes et al., 2000) e de girassol (Pereira et al., 1999).

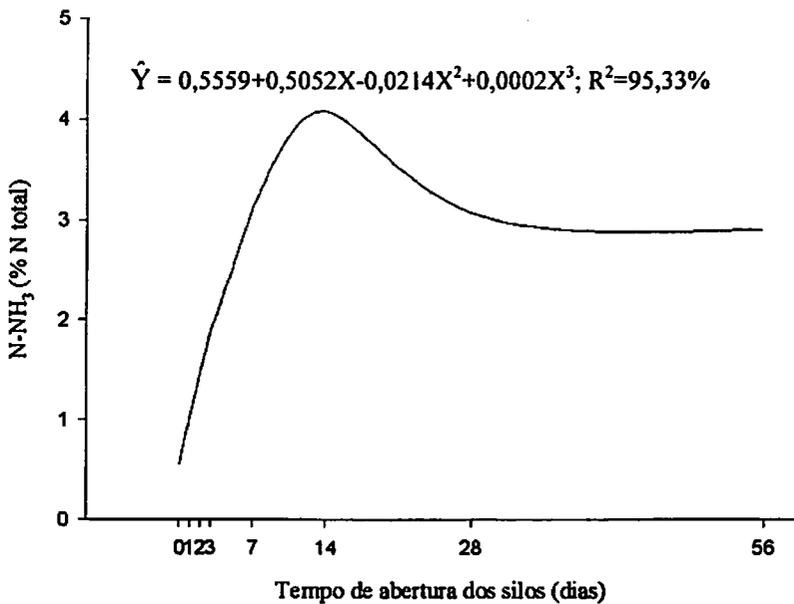
Aos 56 dias, observou-se que a adição de polpa cítrica reduziu os teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) das silagens de capim-tanzânia, com valores variando de 4,1% com a menor concentração do aditivo (3%) a 2,8% com a adição de 12% do mesmo (Figura 14). Os maiores teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) podem ser estimados nos menores níveis de adição de polpa cítrica e nos maiores tempos de abertura, ou seja, na silagem final; e os menores teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) podem ser estimados nos tempos iniciais e em qualquer nível de adição, pois no tempo 0 não foram observadas diferenças nos teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) em

função dos níveis de polpa cítrica. Também Pereira et al. (2001) verificaram que a adição de polpa cítrica e o emurchecimento reduziram acentuadamente os valores de  $\text{N-NH}_3$  (% N total) das silagens de Tifton 85 com 45 dias de idade, sendo que, para as silagens sem emurchecimento, o teor de  $\text{N-NH}_3$  (% N total) diminuiu de 11,8% (sem polpa) para 5,7% (com polpa) e o menor valor (3%) foi obtido quando a silagem foi submetida ao emurchecimento por seis horas e com a adição de 10% de polpa cítrica.

Com a adição de farelo de trigo, observou-se que no tempo 0 não houve diferença nos valores de  $\text{N-NH}_3$  (% N total) entre os níveis de adição; aos 56 dias houve uma resposta crescente nos teores de  $\text{N-NH}_3$  (% N total), com o aumento dos níveis até aproximadamente 9%, com posterior redução no nível de 12% (Figura 15). Os valores variaram de 4% para 5,8%, aproximadamente, com o maior valor para o nível de adição de 9% de farelo de trigo. Até os 28 dias de fermentação, foi observada uma menor resposta dos teores de  $\text{N-NH}_3$  (% N total) aos níveis dos aditivos; a partir daí, nota-se uma tendência de comportamento quadrático, com maiores teores sendo estimados com concentrações próximas a 9% (Figura 15).

Em todos os tempos de abertura dos silos, não se observou efeito dos níveis de adição sobre os teores de  $\text{N-NH}_3$  (% N total) das forragens adicionadas de fubá de milho, com valores próximos de 1,5% no tempo 0 e de 4,5% no tempo 56 (Figura 16). Houve maior resposta em função dos tempos de abertura com aumentos lineares em todos os níveis de adição

O padrão de fermentação das silagens de capim-tanzânia sem aditivos está mostrado na Figura 17.



**FIGURA 17.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) das silagens de capim-tanzânia, sem aditivos, em função do tempo de abertura dos silos.

Com relação ao padrão de fermentação das silagens de capim-tanzânia, sem aditivos, observou-se uma elevação no teor de N-NH<sub>3</sub> (% N total) com a fermentação até os 14, dias com uma pequena redução até os 28 dias e a partir daí uma tendência de estabilização até os 56 dias. Essa pequena redução no teor de N-NH<sub>3</sub>(%Ntotal) pode ser devido a erros de amostragem, pois, neste experimento, as amostras de silagens para os diferentes tempos de abertura foram retiradas de silos diferentes e segundo Nogueira (1995), existem diferenças naturais entre os padrões de fermentação de cada silo, podendo ocorrer variações no padrão de fermentação sem uma explicação lógica.

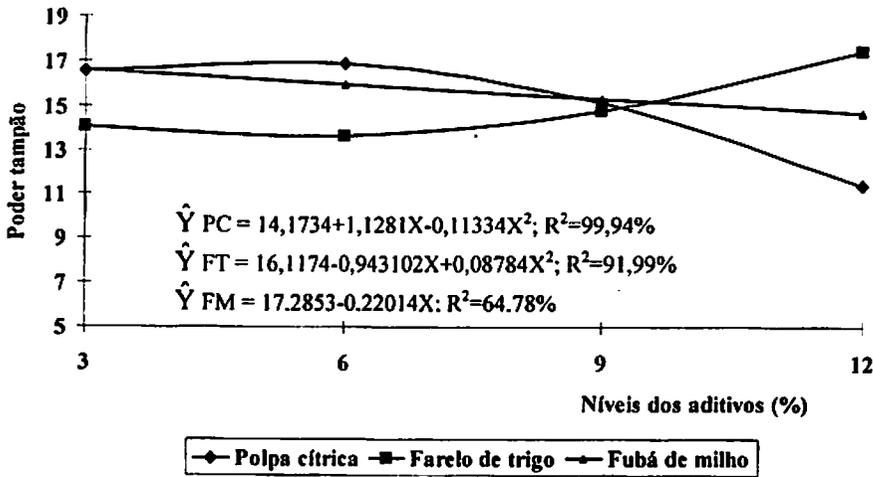
Em geral, as adições de polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho à silagem de capim-tanzânia provocaram algumas variações no teor de N-NH<sub>3</sub> (% N total); no entanto, todas as silagens apresentaram baixos teores, sendo classificadas como de boa qualidade. Uma silagem bem preservada deve apresentar teores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) menores que 10% (McDonald, 1981).

Corrêa & Cordeiro (2000) constataram uma melhoria aparente na fermentação de capim-tanzânia, com 55 dias de idade, com a adição de 6 a 8% de polpa cítrica, percebida pelo aspecto, pelo cheiro e pela cor da silagem e, quimicamente, pela redução do pH de 4,4 a 4,7 para 4,4 e nos valores de N-NH<sub>3</sub> (% N total) de 11 a 19% para 10%. Bergamaschine et al. (1998) verificaram um decréscimo nos valores de pH de 4,63 para 4,21 e nos valores de N-NH<sub>3</sub>(%Ntotal) de 26,98 para 16,67% em silagens de capim-tanzânia com 60 dias de idade adicionadas de 10% de resíduo de milho.

#### **4.6 Poder tampão da forragem, concentração de carboidratos solúveis (CHOsol) do capim-tanzânia com aditivos antes e após a ensilagem e relação carboidratos solúveis:poder tampão (CHOsol:PT)**

Os níveis de adição dos aditivos na forragem fresca do capim-tanzânia influenciaram significativamente no seu poder tampão. O resumo das análises de variância estão apresentados na TABELA 8A.. A interação aditivo x níveis foi significativa ( $P<0,01$ ) e, analisando os níveis de adição dentro de cada aditivo, foram observadas diferenças significativas para a polpa cítrica ( $P<0,01$ ), farelo de trigo ( $P<0,01$ ) e para o fubá de milho ( $P<0,05$ ) (TABELA 9A). Para cada aditivo foi observado um comportamento distinto, como se observa na Figura 17.

*Este gráfico é diferente dos demais, pois não tem zero (0).*



**FIGURA 17.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos valores de poder tampão (Emg de NaOH/100g MS) do capim-tanzânia em função dos níveis dos aditivos polpa cítrica (PC), farelo de trigo (FT) e fubá de milho (FM).

Verifica-se (figura 17) uma resposta quadrática do poder tampão da forragem do capim-tanzânia aos níveis de adição de polpa cítrica. O nível de adição que corresponde ao maior poder tampão (16,98 Emg de NaOH/100g de MS) pode ser estimado com a concentração de 4,97%. Quando se utilizou o fubá de milho, notou-se uma redução linear significativa de 16,62 para 14,64 Emg de NaOH/100 g de MS; neste caso, espera-se uma redução média de 0,22 Emg de NaOH/100 g de MS para cada unidade de fubá de milho adicionada (Figura 17).

Para o farelo de trigo, o aumento nos níveis de adição resultou em uma resposta quadrática no poder tampão. O nível de adição que corresponde ao valor mínimo do poder tampão (13,58 Emg de NaOH/100g de MS) foi estimado em 5,36%; a partir daí notou-se um aumento. Este aumento possivelmente

ocorreu pelo maior teor de PB do farelo de trigo, já que as proteínas fazem parte dos constituintes tamponantes da planta (Woolford, 1984).

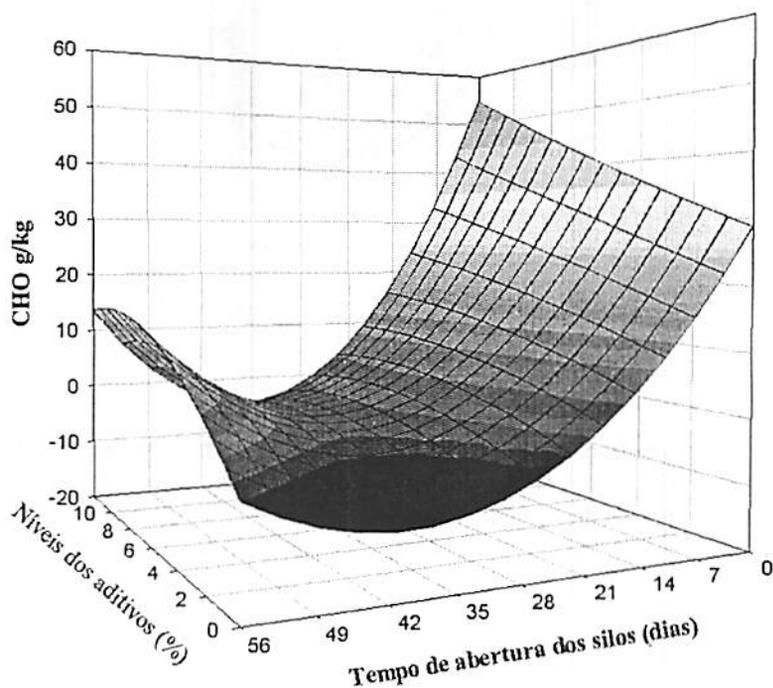
Para a testemunha, foi determinado um valor de poder tampão de 15,74 Emg de NaOH/100 g de MS. Ao se comparar o poder tampão da forragem não tratada com a forragem acrescida dos aditivos, constatou-se que com a adição de polpa cítrica no nível de 12% obteve-se o menor valor de poder tampão para o capim-tanzânia (Figura 17).

Imura et al. (2001) <sup>de Guano</sup> encontraram, para o capim-guiné (*Panicum maximum* Jacq. var. *maximum*), valores de poder tampão de 48,8; 35,9 e 28,9 Emg de NaOH/100 g de MS quando este foi colhido nos estádios vegetativo, início do florescimento e florescimento, respectivamente. Já Chiou (2000) encontrou valores de poder tampão de 38,0; 35,3; 25,4 e 20,5 Emg de NaOH/100 g de MS para o capim-elefante cultivar Napier com a inclusão de 60, 40, 20 e 0% de grãos de sorgo, respectivamente.

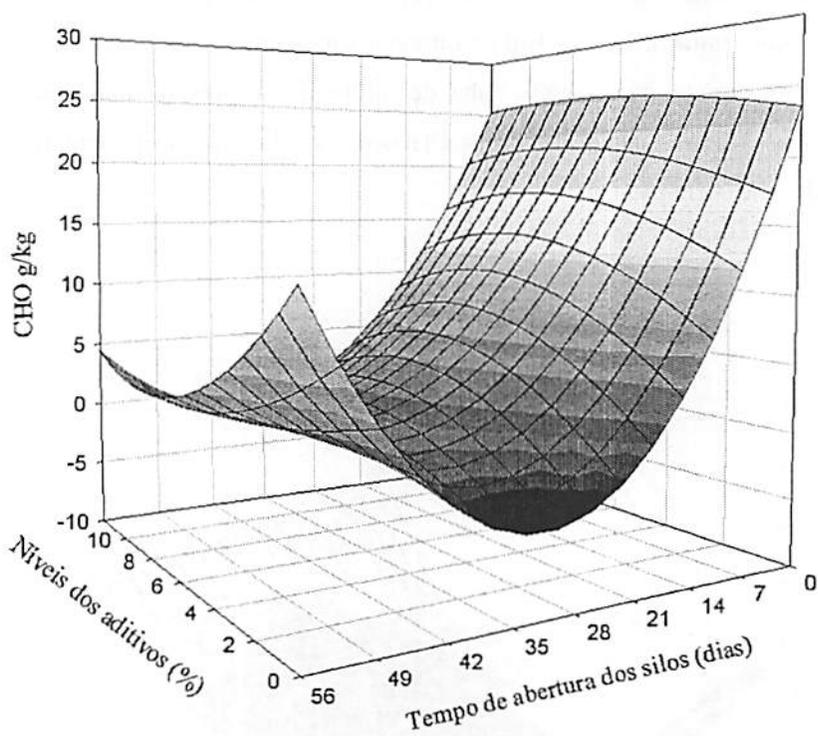
Os ácidos orgânicos e seus sais são os constituintes tamponantes mais importantes das plantas. A fração aniônica de culturas forrageiras, representada pelos ácidos orgânicos, sulfatos, nitratos e cloretos, representa 60 a 80% dos constituintes tamponantes na silagem, enquanto as proteínas vegetais representam somente 10 a 20% (Dune, 1982, citado por Woolford, 1984).

Com relação aos teores de CHOsol, a análise estatística revelou uma interação tripla significativa (TABELA 10A), sendo os dados então submetidos à técnica de análise de superfície de resposta. Os resultados estão apresentados nas Figuras 18, 19 e 20. O teor de CHOsol do capim-tanzânia, antes da ensilagem e sem aditivos (no tempo zero e no nível zero de adição), tinha concentração de cerca de 25 g/kg de MS, com algumas variações decorrentes da técnica de análise. Quando a forragem foi adicionada de doses crescentes de polpa cítrica, foi observado um aumento no teor de CHOsol para 55 g/kg de MS

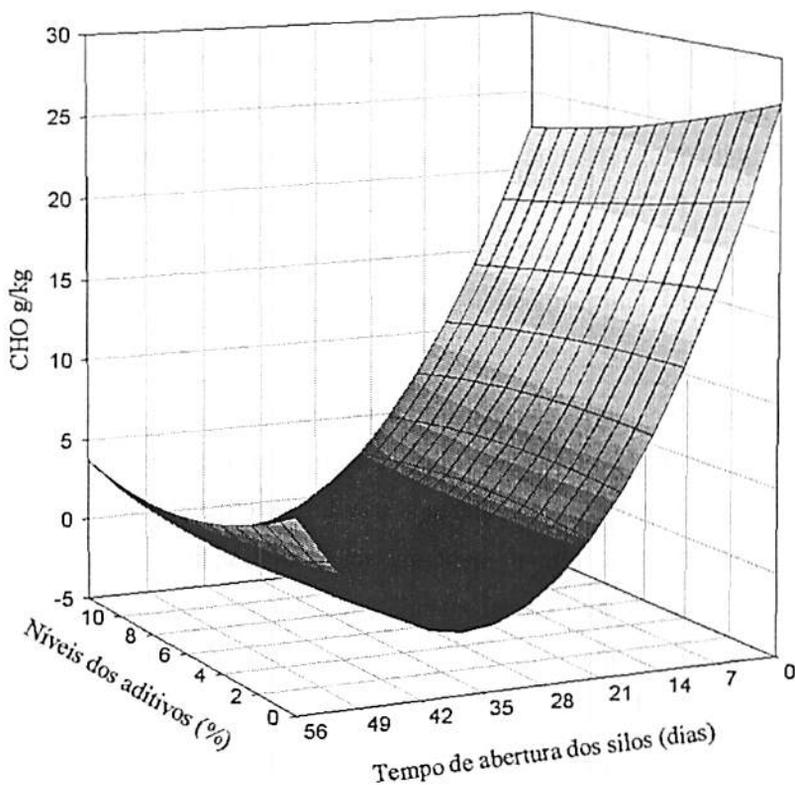
com 12% de aditivo (Figura 18). A adição de farelo de trigo praticamente não alterou a concentração de CHOsol da forragem em nenhuma das doses utilizadas (Figura 19), sendo que, para o fubá de milho, foi observada uma pequena redução, em torno de 5g/kg de MS de CHOsol, à medida que se aumentaram os níveis de adição (Figura 20).



**FIGURA 18.** Concentração de CHOsol. (g/Kg de MS) da silagem de capim-tanzânia em função dos níveis de adição de polpa cítrica e do tempo de abertura dos silos.



**FIGURA 19.** Concentração de CHOsol. (g/Kg de MS) da silagem de capim-tanzânia em função dos níveis de adição de farelo de trigo e do tempo de abertura dos silos.



**FIGURA 20.** Concentração de CHOsol. (g/Kg de MS) da silagem de capim-tanzânia em função dos níveis de adição de fubá de milho e do tempo de abertura dos silos.

Notou-se que o fubá de milho não foi eficiente em aumentar os teores de CHOsol, porém melhorou as características de fermentação da forragem ensilada. Sendo assim, sugere-se que este aditivo pode melhorar a qualidade de fermentação pelo aumento da pressão osmótica, o que inibe o crescimento de clostrídios e não diretamente pelo fornecimento de CHOsol para as bactérias ácido lácticas.

O amido é a principal fonte de carboidratos do fubá de milho, porém este carboidrato não é aproveitado de maneira eficiente pelas bactérias lácticas, embora esse aditivo possa favorecer o processo de fermentação pela redução do teor de umidade da forragem ensilada. A técnica utilizada neste experimento para a determinação de CHOsol somente detecta carboidratos de cadeia curta, solúveis em água e álcool, não determinando, assim, os teores de amido contido na silagem.

Andrade (1995) observou um incremento de 11,39 para 15,27% no teor de CHOsol. na MS do capim-elefante quando aumentou os níveis de adição de farelo de trigo de 0 para 16%. Comparando os aditivos utilizados nesse mesmo experimento, observou-se que a sacharina foi o que mais contribuiu para aumentar o teor de CHOsol, aumentando em 31,14% pontos percentuais, seguido pelo farelo de trigo, com 2,39%, sendo que a adição de rolão de milho não alterou o teor de CHOsol. do capim-elefante

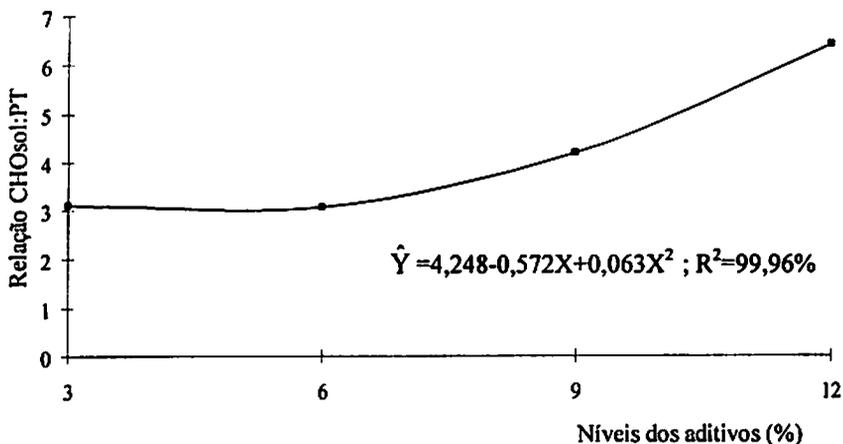
Para os três aditivos utilizados no presente estudo, houve maior efeito dos tempos de abertura do que dos níveis de adição e para todos os níveis observou-se uma resposta quadrática em função do tempo, com menores valores ocorrendo por volta dos quarenta dias para a polpa cítrica, entre 30 e 40 dias para o farelo de trigo e em torno de 35 dias para o fubá de milho, havendo em seguida um aumento. Esse aumento foi de aproximadamente 5g/Kg no teor de CHOsol para o fubá de milho e para o farelo de trigo e de 10g/Kg para a polpa cítrica nas doses mais altas de adição (9 a 12%)no teor de CHOsol (Figuras 18, 19 e 20).

Praticamente todo o CHOsol da forragem foi consumido durante a fermentação. Apesar do baixo teor de CHOsol da forragem do capim-tanzânia, o processo de fermentação ocorreu de forma a proporcionar uma silagem de qualidade satisfatória.

Segundo Winters (1987), durante a fase inicial da ensilagem uma quantidade limitada de nutrientes estará disponível para a fermentação, sendo alguns dos quais convertidos a ácidos orgânicos e podendo romper membranas das células do mesófilo de uma maneira similar ao ácido fórmico, liberando, assim, mais nutrientes para a fermentação. Também é possível que enzimas autocatalíticas de células vegetais, em condições de anaerobiose, contribuam para romper a estrutura celular e disponibilizar nutrientes para a fermentação. Também é provável, segundo o mesmo autor, que ambos os mecanismos estejam operando na quebra da estrutura celular devido à complexidade do processo de ensilagem.

Para a relação CHOsol:PT foi significativa a interação entre aditivos e níveis de adição sendo que somente para o aditivo polpa cítrica houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) nos valores da relação CHOsol:PT com o aumento dos níveis de adição. Os resumos das análises de variância estão apresentados nas TABELAS 11A e 12A .

Observou-se uma resposta quadrática dos valores da relação CHOsol:PT da forragem do capim-tanzânia aos níveis de adição de polpa cítrica (Figura 21). O nível de adição que corresponde ao menor valor (2,95) pode ser estimado com o nível de adição de 4,53% de polpa cítrica. Para os aditivos farelo de trigo e fubá de milho não foi observada diferença significativa nos valores da relação CHOsol:PT em função dos níveis de adição, com valores médios de 2,07 e 1,92 respectivamente; para a testemunha o valor encontrado foi de 1,64.



**FIGURA 21.** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos valores da relação CHOsol:PT da forragem do capim-tanzânia em função dos níveis de adição de polpa cítrica.

A relação entre carboidratos solúveis e poder tampão é um indicador de acidez. Quanto menor essa relação, maior concentração de MS é requerida para evitar fermentações indesejáveis. Neste sentido, a polpa cítrica se destacou, pois foi o aditivo que mais contribuiu para o aumento no teor de carboidratos solúveis, tendo, com isso, uma maior relação CHOsol:PT.

#### 4.7 Considerações gerais

Em se tratando do valor nutritivo das silagens, com relação aos carboidratos estruturais, o aditivo fubá de milho foi o que mais contribuiu para a redução dos teores de FDN, FDA e HEM das silagens. O farelo de trigo foi o aditivo mais eficiente no aumento dos teores de MS e o único aditivo que



aumentou significativamente o teor protéico das silagens. Somente a polpa cítrica contribuiu para aumentar a concentração de CHOsol das forragens.

Com relação à qualidade de fermentação, observou-se que todos os aditivos influenciaram nos valores de  $N-NH^3$  (% N Total); porém, mesmo as silagens sem aditivos apresentaram valores baixos. Todos os aditivos contribuíram para a redução do pH, não havendo diferença estatística entre eles. A concentração de CHOsol, apesar de baixa, e os valores de poder tampão das forragens de capim-tanzânia permitiram uma fermentação adequada.

Apesar de as silagens sem aditivos terem apresentado bom aspecto de conservação, os mesmos devem ser utilizados com o intuito de prevenir perdas, e na escolha entre um dos três aditivos deve-se levar em conta o preço do aditivo e a disponibilidade na fazenda.



## 5 CONCLUSÕES

O uso de qualquer um dos aditivos estudados melhora o perfil de fermentação do capim-tanzânia, sendo que, no geral, o aditivo fubá de milho aplicado nas maiores doses foi o mais eficiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. N.; CRESTANA, R. F.; BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, P. M. S.; CORSI, M. Avaliação das perdas de MS em silagens de capim-tanzânia. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Gnosis, 2001. CD-ROM.

ANDRADE, J. B. Efeito da adição de rolão de milho, farelo de trigo e Sacharina na ensilagem do capim-elefante. 1995. 109 p. Tese (Doutorado em Nutrição e Produção Animal) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEAMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 1982. v. 1.

ANTUNES, R. C.; REIS, R. B.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C.; COSTA, R. S. Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

ARAÚJO, V. L.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, A. L. C.; ALMEIDA, P. M. A.; PEREIRA, L. G. R. Qualidade e perfil de fermentação das silagens de três cultivares de milheto. . In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICUS. Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br>> Acesso em: 15 fev. 2002

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analyses**. 13. ed. Washington, DC: AOAC, 1980. 1015 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analyses**. 15. ed. Virginia: AOAC, 1990. v. 1, 648 p.

ARONOVICH, S. Capim colonião e outros cultivares de *Panicum maximum* Jacq. - introdução e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1995. P1-20.

BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JÚNIOR, 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, 2000. CD-ROM.

BARBOSA, C.; CÉSAR, S. M.; CAMPOS, B. E. S. Valores nutritivos de feno de capim-colonião em três esporas de corte. *Zootecnia*, Nova Odessa, v. 23, n. 4, p. 363-76, out./dez. 1985.

BARBOSA, R. A.; EUCLIDES, V. P. B. Valores nutritivos de três ecotipos de *Panicum maximum*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 53-55.

BEM-GHEDALIA, D.; MIRON, J.; YOSEF, E. Fermentation of alfalfa silages with ozonated cotton stalks added. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 39, n. 11, p. 2002-2005, Nov. 1991.

BERGAMASCHINE, A. F.; ISEPON, O. J.; GUATURA, A. S.; OLIVEIRA, G. N. D. de. Efeitos da adição de Resíduo de milho e da cultura enzima-bacteriana sobre a qualidade da silagem do capim-tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p. 456-458.

BOLSEN, K. K. Silage: basic principles. In: BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON, C. J. *Forages*. 5. ed. Ames: Iowa State University, 1995. p. 163-176.

BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; NOGUEIRA, F. S.; RODRIGUES, N. M.; BORGES, I.; ZAGO, C. P. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. II-Alterações nos carboidratos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre-RS. Anais... Porto Alegre: SBZ, 1999. CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Normas climatológicas (1961-1990). Brasília: MA/SNI/DNMET, 1992. 84 p.

CATHPOOLE, V. R.; HENZEL, E. F. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts*, Farnham Royal, v. 41, n. 3, p. 213-221, 1971.

CECATO, V.; MACHADO, A. O.; MARTINS, F. N.; PEREIRA, L. A.; BARBOSA, M. A. A. F.; SANTOS, G. T. Avaliação da Produção e de algumas características da rebrota de cultivares e Acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 660-668, maio/jun. 2000.

CECATO, V.; MARCO, A. A. F. B.; SAKAGUTI, E. S.; DAMASCENO, J. C.; SUZUKI, E.; MEURER, F. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1996, Fortaleza. Anais. . . Fortaleza: SBZ, 1996. p. 403-406.

✓ CHENG, Y. K.; CHEN, C. S.; PENG, P. W. Effects of different additives on silage quality of napiergrass. In: INTERNATIONAL GRASSLAND, 19., 2001, São Pedro, São Paulo, Brazil. Anais... São Pedro, 2001. CD-ROM.

CHIOU, P. W.; CHANG, S.; YU, B. The effects of wet sorghum distillers grains inclusion on napiergrass silage quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 80, n. 8, p. 1199-1205, Aug. 2000.

COAN, R. M. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros de fermentação das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. 2001. 38 p. Dissertação (Mestrado em produção animal) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes de Minas Gerais: 5 aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

CONDÉ, A. R. Efeito da adição de fubá sobre a qualidade da silagem de capim-elefante, cortado com diferentes idades 1970. 28 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CORRÊA, L. A.; CORDEIRO, C. A. **Silagem de capim como estratégia de manejo intensivo de Pastagens**. São Carlos: Embrapa, 2000. 6 p. (Embrapa Pecuária Sudeste, 26).

CORRÊA, L. A.; POTT, E. B. **Silagem de capim**. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 255-271.

CORSI, M. **Manejo de Plantas Forrageiras do Gênero *Panicum***. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 9., 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p. 57-75.

X CRESTANA, R. F.; AGUIAR, R. N. S.; BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; SANTOS, P. M.; CORSI, M. **Efeito da fermentação na fração fibra de silagens de capim capim-tanzânia**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba-SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

DESCHAMPS, F. C. **Avaliação do farelo de trigo em rações para terneiros holandês e Jersey desaleitados precocemente**. 1986. 119 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; BERNARDES, T. F. **Características da silagem do capim-estrela roxa (*Cynodon nlemfluensis* (L. )**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre-RS. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. CD-ROM.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; SILVA, C. L.; BERNARDES, T. F.; OLIVEIRA, S. G. **Aditivos na silagem de coastcross (*Cynodon dactylon* (L. ) Pers). I- Sacharina e fubá de milho**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; SIQUEIRA, G. R.; SANTOS, R. V. **Aditivos na ensilagem de coastcross (*Cynodon dactylon* (L. ) Pers. ) I. Farelo de trigo e polpa cítrica**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba-SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

X FARIA, V. P. Técnicas de produção de silagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 1., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1986. p. 119-44.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FRANCO, G. L.; ANDRADE, P.; RIBEIRO, M. B. J. Composição bromatológica da polpa cítrica reidratada e ensilada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

GERDES, L.; WERNER, J. C.; FERREIRA, T. A.; ALCÂNTARA, P. B.; BEISMAN, D. A. Produção de MS e algumas características morfológicas de três capins em três idades de corte. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 263-265.

X HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and technology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 35-56, Dec. 1993.

HERLING, V. R.; NAKASUKA, C.; KOBAYASHI, E. T.; OLIVEIRA, L. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. Cv. Napier) submetida a diferentes tratamentos e ensilado em mine silos. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 263-265.

IMURA, Y.; NAMIHIRA, T.; KAWAMOTO, Y. Fermentation quality of phasey bean and Guineagrass silage. In: INTERNATIONAL GRASSLAND, 19., 2001, São Pedro, São Paulo, Brazil. **Anais...** São Pedro, 2001. CD-ROM.

JANK, L. Melhoramento e Seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 21-52.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.; SOUZA, M. T.; COSTA, J. G. C. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. 1. Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 433-440, maio/jun. 1994.

- ( LAVEZZO, W. Ensilagem do capim elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DO CAPIM ELEFANTE, 10., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1994. p. 169-275.

LIMA, J. A. **Qualidade e valor nutritivo da silagem mista de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e soja (*Glycine max* (L.) Merriell), com e sem adição de farelo de trigo.** 1992. 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

LIMA, J. A.; EVANGELISTA, A. R.; OLIVEIRA, S. G.; SILVA, C. L.; BERNARDES, T. F. Aditivos na silagem de coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers). II- Farelo de trigo e polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

LIMA, J. A.; EVANGELISTA, A. R.; SANTOS, R. V.; SIQUEIRA, G. R. Aditivos na ensilagem de coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) 2. Sacharina e fubá. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba-SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

MACHADO FILHO, L. C. P.; MUHLBACH, P. R. F. Efeito do emurhecimento na qualidade das silagens de capim-elefante cv. Cameron (*Pennisetum purpureum* Schumach.) e do milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), avaliadas quimicamente. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 15, n. 3, p. 224-233, maio/jun. 1986.

- \* MACPHERSON, H. T. Changes in nitrogen distribution in crop conservation I. The rote and extent of protein breakdown in ensilage. **Journal of Food Science and Agriculture**, London, v. 3, v. 8, p. 362-365, Aug. 1952.

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

✓ MORRISON, F. B. **Alimentos e alimentação dos animais**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1966. 891 p.

✓ MUCK, R. Conserved forage (silage and hay) – progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND, 19., 2001, São Pedro, São Paulo, Brazil. **Anais...** São Pedro, 2001. CD-ROM.

**NARCISO SOBRINHO, J. Silagem de capim Elefante (*Pennisetum purpurum* Schum).** 1998. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

**NOGUEIRA, F. A. S. Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem teores de tanino e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação, em condições de laboratório.** 1995. 78 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

✓ **PEDREIRA, M. S.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. A.; COAN, R. M.; SILVEIRA, R. N.; AZEVEDO, P. T.; FIGUEREDO, P.** Características químicas e fermentativas do tifton 85 (*Cynodon* spp. ) ensilado com diferentes conteúdos de matéria seca e níveis de polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba-SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

**PEREIRA, E. S. Composição química e degradabilidade ruminal de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Cameroon com aditivos nutritivos.** 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, área de concentração: Nutrição de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

**PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; TOMICH, T. R.; SALIBA, E. O. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.** Carboidratos solúveis, extrato etéreo e ácidos orgânicos das silagens de seis genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L. ) em diferentes períodos de fermentação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba-SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, T. R.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N. M. Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L. ). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre-RS. Anais... Porto Alegre: SBZ, 1999. CD-ROM.

PERES, J. R. Avaliação da polpa de citrus seca e peletizada como aditivo na ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpurum* Schum). 1997. 82 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia- área de concentração: Ciência animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PIRES, A. J. V.; GARCIA, R.; SILVA, F. P. da.; PEIXOTO, C. A. de M.; OLIVEIRA, T. N. de. Qualidade de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) tratadas com uréia ou Sulfeto de Sódio. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p. 61-63.

PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage. *Journal of Food Science and Agriculture*, Barking, v. 17, n. 6, p. 264-268, June 1966.

RUIZ, R. L. *Microbiologia Zootecnica* São Paulo: Roca, 1992. 314 p.

SANTOS, P. M. Estudo de algumas características agrônômicas de *Panicum maximum* (Jacq. ) cvs. Tanzânia e Mombaça para estabelecer seu manejo. 1997. 62 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SAVIDAN, Y. H.; JANK, L.; COSTA, J. C. G. Registro de 25 acessos selecionados de *Panicum maximum*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1990. 68 p. (EMBRAPA/CNPGC. Documentos, 44).

SILVA, D. J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa/MG:UFV, 1990. 166p.

SILVEIRA, A. C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2., 1975, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1975. p. 156-180.

TEIXEIRA, J. C. **Nutrição de ruminantes**. Lavras/MG: UFLA/FAEPE, 1997. 239 p

VALADARES FILHO, S. C. **Digestibilidade aparente e locais de digestão da matéria seca, energia e carboidratos de feno de soja perene**. Belo horizonte: Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 1081. 88 p.

^ VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu, SP. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p. 73-108.

VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: CARVALHO M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. A. **Capim-elefante: produção e utilização**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p. 113-160.

WINTERS, A. L.; WHITTAKER, P. A.; WILSON, R. K. **Grass and Forrage Science**, Oxford, v. 42, n. 2, p. 191-196, June 1987.

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

## ANEXOS

<b>ANEXO A</b>	<b>Página</b>
<b>TABELA 1A.</b> Resumo das análises de variância dos valores de MS e PB na MS das silagens de capim-tanzânia .....	<b>78</b>
<b>TABELA 2A.</b> Resumo das análises de variância do desdobramento dos níveis de adição dentro de cada aditivo para os teores de PB	<b>78</b>
<b>TABELA 3A.</b> Resumo das análises de variância dos valores de FDN, FDA e HEM na MS das silagens de capim-tanzânia .....	<b>79</b>
<b>TABELA 4A.</b> Resumo das análises de variância do desdobramento dos níveis de adição dentro de cada aditivo para osteores de FDN, FDA e HEM .....	<b>79</b>
<b>TABELA 5A.</b> Resumo das análises de variância do desdobramento de tempo de abertura dos silos dentro de cada aditivoparas os teores de FDN e HEM .....	<b>80</b>
<b>TABELA 6A.</b> Resumo das análises de variância do desdobramento de tempo de abertura dos silos dentro de cada nível de adição dos aditivos para os teores de HEM .....	<b>80</b>
<b>TABELA 7A.</b> Resumo das análises de variância dos valores de pH e de N-NH <sub>3</sub> (% N total) das silagens de capim- tanzânia .....	<b>81</b>
<b>TABELA 8A.</b> Resumo das análises de variância dos valores de poder tampão da forragem do capim-tanzânia .....	<b>81</b>
<b>TABELA 9A.</b> Resumo das análises de variância do desdobramento dos níveis de adição dentro de cada aditivo dos valores de poder tampão .....	<b>82</b>
<b>TABELA 10A.</b> Resumo das análises de variância dos valores de CHOsol das silagens de capim-tanzânia .....	<b>82</b>

**TABELA 11A.** Resumo das análises de variância dos valores da relação  
CHOsol:PT da forragem do capim-tanzânia ..... **83**

**TABELA 12A.** Resumo das análises de variância do desdobramento dos  
níveis de adição dentro de cada aditivo para os valores da  
relação CHOsol:PT ..... **83**

**TABELA 1A.** Resumo das análises de variância dos valores de MS e PB na MS das silagens de capim-tanzânia

FV	GL	QM	
		MS	PB
Tratamentos	103	15,0376**	3,2211**
Bloco	2	230,7981**	77,2359**
Contraste (tratamentos x testemunha)	1	275,1669**	11,3856**
Trat. Testemunha	7	18,3274**	1,0893
Aditivos	2	68,8151**	89,9609**
Níveis	3	200,3977**	7,6911**
Tempo	7	10,6418*	2,2137**
Aditivos x Níveis	6	2,3927	8,7022**
Aditivos x Tempo	14	7,5539	0,4528
Níveis x Tempo	21	3,0984	0,2789
Aditivos x Níveis x Tempo	42	2,9143	0,3049
Erro	206	5,0440	0,6206
<b>Total</b>	<b>311</b>		
<b>CV</b>		<b>7,957%</b>	<b>8,738%</b>

**TABELA 2A.** Resumo das análises de variância do desdobramento de níveis de adição dentro de cada aditivo para os teores de PB

FV	GL	QM
		HEM
Níveis/Polpa cítrica	3	0,2016
Níveis/Farelo de trigo	3	74,7313**
Níveis/Fubá de milho	3	0,3540
Erro	206	127,8359

FV	GL	QM	
		FDA	FDN
Niveis/Polpa cítrica	3	288,5272**	55,7895**
Niveis/Farelo de trigo	3	249,2105**	179,7689**
Niveis/Fuba de milho	3	727,2707**	178,8498**
Erro	206	15,6217	9,9238
			18,6922

TABELA 4A. Resumo das análises de variância do desdobramento dos níveis de adição dentro de cada aditivo para os teores de FDN, FDA e HEM

FV	GL	QM		CV
		FDA	FDN	
Tratamentos	103	134,5875**	46,5897**	81,0212**
Bloco	2	119,6282**	19,8462**	1,3240
Contraste	1	1.797,2318**	614,6605**	304,8393**
Trat. Testemunha (tratamentos x testemunha)	7	53,9464**	9,0476	66,2608**
Aditivo	2	1.075,6988**	622,1035**	370,3792**
Niveis	3	1.170,7990**	368,2385**	235,6278**
Tempo	7	579,5008**	105,1625**	534,6092**
Aditivos x Niveis	6	47,1347**	23,0848*	40,9470*
Aditivos x Tempo	14	48,3375**	15,9237	35,4836*
Niveis x Tempo	21	14,9660	14,5957	35,2431*
Aditivos x Niveis x Tempo	42	16,1664	8,7539	21,5250
Erro	206	15,6217	9,9238	18,6922
				15,19%

TABELA 3A. Resumo das análises de variância de HEM na MS das silagens de capim-tanzânia e HEM para os teores de FDN, FDA e HEM

FV	GL	QM	HEM
Tempo/Nível 3%	7	243,5351**	
Tempo/Nível 6%	7	98,8660**	
Tempo/Nível 9%	7	105,9895**	
Tempo/Nível 12%	7	191,9478**	
Erro	206	19,6922	

TABELA 6A. Resumo das análises de variância do desdobramento de tempo de abertura dos silos dentro de cada nível de adição dos aditivos para os teores de HEM

FV	GL	FDN	HEM
Tempo/Polpa cítrica	7	207,5365**	215,6198**
Tempo/Farelo de trigo	7	279,1039**	251,0837**
Tempo/Fuba de milho	7	189,5354**	138,8729**
Erro	206	15,6217	18,6922

TABELA 5A. Resumo das análises de variância do desdobramento de tempo de abertura dos silos dentro de cada aditivo para os teores de FDN e HEM

**TABELA 7A.** Resumo das análises de variância dos valores de pH e de N-NH<sub>3</sub> (% N total) das silagens de capim-tanzânia

FV	GL	QM	
		pH	N-NH <sub>3</sub> (%Ntotal)
Tratamentos	103	1,0420**	
Bloco	2	1,0609**	1,3240**
Contraste (tratamentos x testemunha)	1	2,9447**	0,2197
Trat. Testemunha	7	0,7381**	4,6111
Aditivos	2	0,4063	16,0087**
Níveis	3	2,4294**	0,8184*
Tempo	7	10,9876**	56,2788**
Aditivos x Níveis	6	0,0961	0,2474
Aditivos x Tempo	14	0,1721	1,2781**
Níveis x Tempo	21	0,1966	0,3275
Aditivos x Níveis x Tempo	42	0,1688	0,4087**
Erro	206	0,1677	0,2239
<b>Total</b>	<b>311</b>		
<b>CV</b>		<b>8,996%</b>	<b>21,83%</b>

**TABELA 8A.** Resumo das análises de variância dos valores de poder tampão da forragem do capim-tanzânia

FV	GL	QM
		Poder tampão
Tratamentos	12	8,3132**
Bloco	2	13,6142**
Contraste (tratamentos x testemunha)	1	0,8090
Aditivos	2	1,7178
Níveis	3	4,1130*
Aditivos x Níveis	6	13,8625**
Erro	24	0,9295
<b>Total</b>	<b>38</b>	
<b>CV</b>		<b>6,34%</b>

**TABELA 9A.** Resumo das análises de variância do desdobramento dos níveis de adição dentro de cada aditivo dos valores de poder tampão do capim-tanzânia

FV	GL	QM
		Poder tampão
Níveis/Polpa cítrica	3	18,8905**
Níveis/Farelo de trigo	3	9,5810**
Níveis/Fubá de milho	3	3,3663*
Erro	24	0,9295
<b>Total</b>	<b>38</b>	

**TABELA 10A.** Resumo das análises de variância dos valores de CHOsol das silagens de capim-tanzânia

FV	GL	QM
		CHOsol
Tratamentos	103	596,8677**
Bloco	2	3,6282
Contraste (tratamentos x testemunha)	1	126,4274**
Trat. Testemunha	7	318,8333**
Aditivos	2	4.292,8726**
Níveis	3	218,4574**
Tempo	7	5.905,4580**
Aditivos x Níveis	6	305,4679**
Aditivos x Tempo	14	384,9783**
Níveis x Tempo	21	21,7740**
Aditivos x Níveis x Tempo	42	30,5143**
Erro	206	3,0813
<b>Total</b>	<b>311</b>	
<b>CV</b>		<b>9,17%</b>

**TABELA 11A.** Resumo das análises de variância dos valores da relação CHOsol:PT da forragem do capim-tanzânia

FV	GL	QM
		Poder tampão
Tratamentos	12	5,4887
Bloco	2	0,3463
Contraste (tratamentos x testemunha)	1	3,3301**
Aditivos	2	19,7019**
Níveis	3	2,4698**
Aditivos x Níveis	6	2,6202**
Erro	24	
<b>Total</b>	<b>38</b>	
<b>CV</b>		<b>8,94%</b>

**TABELA 12A.** Resumo das análises de variância do desdobramento dos níveis de adição dentro de cada aditivo dos valores da relação CHOsol:PT

FV	GL	QM
		Poder tampão
Níveis/Polpa cítrica	3	7,5408**
Níveis/Farelo de trigo	3	0,0679ns
Níveis/Fubá de milho	3	0,10158ns
Erro	24	0,0593
<b>Total</b>	<b>38</b>	