

JOSÉ RICARDO LOBO

**Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a
qualidade fermentativa e estabilidade aeróbia da silagem de
capim-elefante**

Pirassununga - SP

2006

JOSÉ RICARDO LOBO

Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbia da silagem de capim-elefante

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição Animal

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues

Pirassununga - SP

2006

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo)

T.1665
FMVZ

LOBO, José Ricardo

Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbia da silagem de capim-elefante / José Ricardo Lobo. – Pirassununga : J. R. Lobo, 2006.

106 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, 2006.

Programa de Pós-graduação: Nutrição Animal.
Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues.

1. Capim-elefante. 2. Estabilidade aeróbia. 3. Fermentação. 4. Polpa cítrica. 5. Silagem. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Cidade Universitária “Armando de Salles Oliveira”
Comissão de Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbia, obtida por método microprocessado da silagem de capim-elefante”, Protocolo nº498/2004, utilizando silagem, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado “ad referendum”.

(We certify that the Research “Evaluation of harvest age and citrus pulp addition on fermentation quality and aerobic stability, obtained by micro-processed method of Elephant-grass silage”, protocol number 498/2004, utilizing silage, under the responsibility of Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved “ad referendum”, meeting.

São Paulo, 20 de julho de 2004

Prof^a Dr^a Júlia Maria Matera
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: LOBO, José Ricardo

Título: Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbia da silagem de capim-elefante

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura : _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura : _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura : _____

Julgamento: _____

Ao amor da minha vida, Laura, pela amizade, compreensão, carinho, incentivo e amor sincero e à minha filha, Camila, pelo esforço e dedicação sempre,

À minha querida e amada mãe, Euzônia, e ao meu querido e amado pai, Christiano, por me criarem em um ambiente familiar de amor, respeito, compreensão e por sempre me incentivarem a buscar o saber e nunca esmorecer ante as dificuldades,

À minha irmã Christiane, eterna companheira de jornada que sempre me ajudou a ser uma pessoa melhor, à minha sobrinha Caroline e ao meu amigo e cunhado Paulinho,

A todos aqueles que direta ou indiretamente ajudaram na realização deste intuito,

Dedico este trabalho, com todo o meu amor, respeito e gratidão!

Ao Professor Doutor Paulo Henrique Mazza Rodrigues, orientador sempre presente, pela confiança depositada em mim e por me apresentar ao maravilhoso mundo da pesquisa,

Ao Professor Doutor João José Assumpção de Abreu Demarchi, por tudo o que me ensinou e pela sincera amizade,

E a ambos, pelos bons momentos que tornaram o mestrado uma experiência indelével da minha vida,

Registro aqui meus mais sinceros agradecimentos!

AGRADECIMENTOS

A todos os docentes do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP),

A dois incríveis profissionais, Gilmar e Everson, do estábulo experimental, pela atenção, respeito e amizade com que sempre nos trataram, pela grande ajuda no período experimental,

A todos os funcionários do VNP e, em especial, às secretárias Cris e Alessandra e também ao Júnior que tanto nos ajudaram pelo empenho e eficiência, bem como pela delicadeza com que nos distinguiram,

À equipe do laboratório de bromatologia do VNP, em especial ao Ari, pelos ensinamentos, pela paciência e dedicação dispensados a mim e ao presente trabalho, ao Gilson, Simi e Isabel, pela inestimável ajuda nas análises laboratoriais,

Aos funcionários das bibliotecas da FZEA e da FMVZ, em especial a bibliotecária Elza Faquim (FMVZ), pelo auxílio com as pesquisas e com a formatação do trabalho,

À Paula Meyer, por sua gentileza em revisar as versões para a língua inglesa,

Ao Luiz Felipe, à Carolina Bacha, à Raquel Fernandes, à Estela Alves, à Poliana Arruda, mais que simples amigos, verdadeiros irmãos. Obrigado pelo que foram, são e sempre serão para mim!,

Aos todos meus amigos que sempre estiveram perto e torceram por mim, em especial ao Abrão (Canarinho), Marcos (Mato Grosso), Mariano (Tchutchuri) e Ygor, amizades especiais semeadas durante estes dois anos e que espero que rendam frutos para toda a vida,

A todos meus colegas de pós-graduação da FMVZ e da FZEA, pela amizade e convivência harmônica e feliz,

Aos meus colegas de trabalho, em especial ao Amando Camilo Mangilli e ao Acácio Fuliaro, que muito colaboraram na execução do trabalho junto à Casa da Agricultura de Santo Antonio do Jardim,

A todos os que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho,

Agradeço sinceramente!

Ao pai Deus que, na sua eterna bondade e sabedoria, me concedeu a graça de estar vivo e com saúde e me permitiu partilhar deste momento com todas estas pessoas, realizando o trabalho que tanto amo - a pesquisa!

RESUMO

LOBO, J. R. **Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbia da silagem de capim-elefante.** [Evaluation of crop age and addition of citrus pulp on fermentation pattern and aerobic stability of elephant grass silage]. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2006.

Foram estudados os efeitos da idade de corte e da adição de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa, estabilidade aeróbia e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial de tratamentos do tipo 5x4. O capim-elefante apresentando 40, 60, 80, 100, e 120 dias de crescimento foi ensilado com níveis crescentes de polpa cítrica peletizada: 0; 3; 6 e 9% com base na matéria fresca. As silagens foram produzidas em 80 silos experimentais (4 repetições/tratamento), confeccionados a partir de baldes plásticos. A abertura dos silos ocorreu 145 dias após a ensilagem, ocasião em que foram determinados os teores de ácidos orgânicos, estabilidade aeróbia e composição químico-bromatológica das silagens. Foi observado efeito linear crescente ($P < 0,05$) da idade de corte e curvilíneo da adição de polpa cítrica sobre os teores de matéria seca. Em relação aos teores de PB também houve efeito de interação entre as variáveis independentes, porém a resposta foi curvilíneo para ambas. Não houve efeito de interação entre idade de corte e nível de polpa para os valores de FDN, FDA, Lignina e NIDA. Para a variável FDN houve efeito linear crescente para idade de corte e linear decrescente para nível de polpa. Já para a variável FDA não houve efeito de nenhuma das duas variáveis independentes, enquanto para Lignina houve apenas efeito linear crescente para idade de corte. Para a variável CHOs houve efeito de interação entre as variáveis independentes, sendo uma resposta linear crescente para ambas. As variáveis independentes não apresentaram efeito de interação entre si em relação aos teores de NIDA, havendo apenas efeito curvilíneo para ambas, separadamente. Já para as variáveis Poder Tampão e

Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca não houve efeito de interação entre idade de corte e nível de polpa cítrica. O que houve foi um efeito linear decrescente para idade de corte e linear crescente para o nível de polpa. No contexto da fermentação, para a variável álcool não houve efeito de interação entre as variáveis independentes, sendo que a idade de corte causou uma resposta curvilínea e o nível de polpa uma resposta linear crescente. Para os teores de ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico e láctico) observou-se efeito de interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica, sendo que para o ácido acético houve efeito linear decrescente para a idade de corte e efeito quadrático para o nível de polpa cítrica, enquanto para o ácido propiônico houve efeito quadrático para ambas. Para o ácido butírico e o ácido láctico houve efeito quadrático para a idade de corte e efeito linear crescente para o nível de polpa cítrica. Foi observado ainda efeito de interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica para as variáveis relação láctico/acético e pH, sendo quadrática para ambas as variáveis independentes. Já para as variáveis N-NH₃ e Perdas de MS houve efeito de interação, sendo linear para a idade de corte e quadrático para o nível de polpa. Em relação à estabilidade aeróbia, para a variável temperatura máxima houve efeito de interação, sendo que para a idade de corte a resposta foi curvilínea e para o nível de polpa foi linear crescente. Não houve efeito da idade de corte e do nível de polpa cítrica sobre o tempo para atingir a temperatura máxima. Já para as variáveis taxa para elevação da temperatura e tempo para elevação da temperatura em 2°C não houve interação entre idade de corte e nível de polpa. Para a variável taxa para elevação da temperatura houve resposta curvilínea para idade de corte e linear crescente para nível de polpa e para a variável tempo para elevação da temperatura em 2°C houve apenas efeito linear crescente da idade de corte.

Palavras-chave: Capim-elefante. Estabilidade aeróbia. Fermentação. Polpa cítrica. Silagem.

ABSTRACT

LOBO, J. R. Evaluation of crop age and addition of citrus pulp on fermentation pattern and aerobic stability of elephant grass silage. [Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbia da silagem de capim-elefante]. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2006.

The effects of crop age and addition of citrus pulp on fermentation pattern, aerobic stability and nutritive value of elephant grass silage were studied. A completely randomized design with a 5 x 4 factorial arrangement was used. Elephant grass was harvested on 40, 60, 80, 100 and 120 days of age and ensiled with increasing levels of citrus pulp pellets: 0, 3, 6 and 9% (original matter basis). Silages were produced using 80 experimental silos (4 repetitions/treatment), made of plastic buckets with Bunsen valves. Silos were opened 145 days after ensiling, when organic acids concentrations, aerobic stability and chemical composition of silages were determined. A positive linear effect ($P < 0.05$) of crop age and a curvilinear effect of citrus pulp addition on dry matter content were observed. Relating to CP levels, there was also interaction between the studied factors, but the response was curvilinear for both factors. No interaction effects between crop age and citrus pulp addition on NDF, ADF, lignin and ADIN were found. For NDF, there was a positive linear effect of crop age and a negative linear effect of citrus pulp. Regarding ADF, no effect of the studied factors was shown, while for lignin there was only a positive linear effect of crop age. For soluble carbohydrates, an interaction effect was found between the studied factors, with a positive linear effect of both factors. Crop age and citrus pulp addition did not interact for ADIN contents, but there was curvilinear effect for both factors, separately. For buffer capacity and in vitro digestibility of dry matter, no interaction effect was found between crop age and citrus pulp addition, but there was a negative linear effect of crop age and a positive linear effect of citrus pulp addition. Regarding fermentation, there was no interaction between the studied

factors on alcohol concentration, but crop age caused a curvilinear response and citrus pulp addition caused a positive linear response. For organic acids concentration (acetic, propionic, butiric and lactic), there was an interaction effect between crop age and citrus pulp addition, so that for acetic acid, there was negative linear effect of crop age and quadratic effect of citrus pulp addition, while for propionic acid there were quadratic effects of factors. Relating to butiric and lactic acids, quadratic effect was shown for crop age and positive linear effect for citrus pulp addition. An interaction effect was found between crop age and citrus pulp addition for the variables lactic/acetic ratio and pH, being quadratic for both studied factors. For the variables $\text{NH}_3\text{-N}$ and loss of DM, there was interaction effect, being linear for crop age and quadratic for citrus pulp addition. Regarding aerobic stability, for the variable maximum temperature an interaction effect was found between factors, so that crop age caused a curvilinear response and citrus pulp addition caused a linear response. The studied factors did not influence the variable time to achieve the maximum temperature. Relating to the variables rate for increasing temperature and time for increasing temperature in 2°C , there was no interaction between crop age and citrus pulp addition. For the variable rate for increasing temperature, there was a curvilinear response for crop age and a positive linear response for citrus pulp addition and for the variable time for increasing temperature in 2°C , there was only a positive linear effect of crop age.

Key words: Elephant grass. Aerobic stability. Fermentation. Citrus pulp. Silage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre a DIVMS (%) em silagem de capim-elefante 58
- Figura 2 - Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de álcool (% da MS) em silagem de capim-elefante 64
- Figura 3 - Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de ácido acético (% da MS) em silagem de capim-elefante 66
- Figura 4 - Relação entre o Nível Ótimo de Polpa Cítrica Peletizada (% da matéria original do capim) e o teor de umidade do capim-elefante (em %) 68
- Figura 5 - Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de ácido láctico (% da MS) em silagem de capim-elefante 72
- Figura 6- Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre a relação láctico/acético em silagem de capim-elefante 76
- Figura 7- Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre o valor de pH em silagem de capim-elefante 78
- Figura 8- Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre a concentração de N-NH₃ (% do N total) em silagem de capim-elefante 83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Esquema da análise de variância em delineamento inteiramente casualizado	43
Tabela 2 -	Composição bromatológica da matéria original do capim-elefante e polpa cítrica, expressos com base na matéria seca	44
Tabela 3 -	Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre os teores de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Lignina, Carboidratos Solúveis (CHOs), em %, Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA), em % do N total, Poder Tampão (PT), em meq HCl/100 g MS e Digestibilidade in vitro da Matéria Seca, em %, coeficiente de variação (CV) e probabilidades estatísticas no experimento com silagem de capim-elefante	45
Tabela 4 -	Coefficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis MS, PB, FDN, FDA, Lignina, CHOs, NIDA, PT e DIVMS, no experimento com silagem de capim-elefante	46
Tabela 5 -	Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de álcool e ácidos orgânicos (Acético, Propiônico, Butírico e Lático), em % da MS, relação lático/acético, pH, nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), em % do N total, perdas de MS, em %, coeficiente de variação (CV) e probabilidades estatísticas no experimento com silagem de capim-elefante	61
Tabela 6 -	Coefficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis Álcool, Ácidos Acético, Propiônico, Butírico e Lático, Relação Lático/Acético, pH, N-NH ₃ e Perdas de MS, no experimento com silagem de capim-elefante	62
Tabela 7 -	Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre a temperatura máxima (Temp ^o Max), em °C, tempo para atingir a temperatura máxima (TempoT ^o Max), em horas, taxa para elevação da temperatura (Taxa), em °C/h, e tempo para elevação da temperatura em 2°C (Tempo2°C), em horas, coeficiente de variação (CV) e probabilidades estatísticas no experimento com silagem de capim-elefante	88
Tabela 8 -	Coefficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis Temp ^o Max, TempoT ^o Max, Taxa e Tempo 2°C no experimento com silagem de capim-elefante	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGVs	- ácidos graxos voláteis
CE	- capim-elefante
CHOs	- carboidratos solúveis
CNE	- carboidratos não estruturais
CV	- coeficiente de variação
DIVMS	- digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
EE	- extrato etéreo
EÑN	- extrato não nitrogenado
FB	- fibra bruta
FDA	- fibra em detergente ácido
FDN	- fibra em detergente neutro
MM	- matéria mineral
MS	- matéria seca
N	- nitrogênio
NDT	- nutrientes digestíveis totais
NIDA	- nitrogênio insolúvel em detergente ácido
N-NH ₃	- nitrogênio amoniacal
NS	- não significativo
NOP	- nível ótimo de inclusão de polpa cítrica
NRC	- National Research Council
PB	- proteína bruta
pH	- potencial hidrogeniônico
PT	- poder tampão
RQ	- raiz quadrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Estacionalidade de produção da plantas forrageiras	19
2.2	Parâmetros básicos para avaliação de silagens	19
2.3	O capim-elefante como planta forrageira para ensilagem	22
2.4	Tratamento da forragem a ser ensilada	27
2.4.1	Emurhecimento	28
2.4.2	Aditivos na ensilagem do capim-elefante.....	30
2.4.3	A polpa de citrus.....	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5	CONCLUSÕES	92
	REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

A maior parte do território brasileiro utilizado ou potencialmente utilizável pela pecuária apresenta, como uma das características limitantes ao aumento da produção animal, uma flutuação estacional no crescimento das forrageiras.

Apesar da grande disponibilidade das forrageiras tropicais utilizadas em pastejo, estas apresentam sua produção concentrada nos meses de primavera e verão em que existe disponibilidade de luz (fotoperíodo), temperatura (calor) e pluviosidade (umidade), caracterizando o fenômeno de estacionalidade de produção, no qual aproximadamente 80% do total da produção de matéria seca anual concentra-se na estação úmida, o que exige a adoção de técnicas que visem solucionar, ou pelo menos minimizar, os danos causados aos animais devido à falta de alimentos no período seco.

A pequena disponibilidade das forragens e o seu baixo valor nutritivo no inverno, devido ao estágio de maturação avançado, são uns dos principais fatores responsáveis pela baixa taxa de desfrute e acentuada queda na produção de carne e leite, nesta época do ano. Por outro lado, a demanda destes alimentos pela população é uniforme durante todo o ano.

É indiscutível a importância da silagem como uma das principais ferramentas para manutenção da produtividade animal no período das secas, sendo que, em sistemas totalmente confinados, essa forma de conservação ainda desempenha o papel de assegurar uma alimentação estável durante todo o ano. Apesar das inúmeras vantagens do processo de ensilagem, muitas são suas limitações quando o material empregado não é o mais adequado.

Em diversos tipos de sistemas produtivos existe a possibilidade de ensilar pastagens excedentes ou, ainda, destinar campos exclusivos para produção de silagem, visto o seu custo reduzido por tonelada de matéria seca em relação às plantas tradicionais, como milho e sorgo.

Das forrageiras tropicais, o capim-elefante vem sendo utilizado com grande freqüência para produção de silagem, não só devido à grande quantidade de matéria seca produzida por área, quando comparado com as demais espécies, como pelo fato de ser uma das plantas forrageiras mais difundidas, principalmente para produção leiteira. Além disso, trata-se de uma planta perene e com bom valor nutritivo, evitando-se gastos anuais de implantação da cultura.

As gramíneas forrageiras tropicais, com o avançar do crescimento vegetativo, aumentam sua produção por área, tendo, em contrapartida, seu valor nutritivo diminuído. Nestas condições, conseqüentemente, o produto obtido no processo de ensilagem também é de baixo valor nutritivo. Por outro lado, quando estas são ensiladas em estágio de desenvolvimento mais novo, três de suas características podem interferir sobre o processo da ensilagem: alto teor de umidade, alta capacidade tampão e baixos teores de carboidratos solúveis. Tais fatores influem negativamente sobre o processo fermentativo, impedindo o rápido decréscimo do pH a níveis adequados (3,8 a 4,2) e permitindo, assim, fermentações secundárias indesejáveis, prejudicando, como conseqüência, a qualidade do produto preservado. Este tem sido um entrave principal encontrado pelos técnicos para a confecção de silagens de capim-elefante de boa qualidade.

Embora o capim-elefante apresente um grande rendimento por área, seu elevado teor de umidade propicia, normalmente, condições para obtenção de silagens butíricas de baixa qualidade, em que é grande a decomposição protéica, com evidente queda no valor nutritivo do volumoso conservado. Com isso, torna-se necessária a utilização de técnicas que possam elevar o teor de matéria seca da forragem, para níveis satisfatórios do ponto de vista da fermentação, no interior do silo.

O emurhecimento pode ser usado para proporcionar um teor de matéria seca na forragem adequado à ensilagem, principalmente, para a planta jovem, a qual apresenta valor nutritivo mais adequado, porém apresenta sérias restrições operacionais.

Alternativamente, pode-se optar pela adição de materiais absorventes com alto teor de matéria seca para reduzir a umidade do material ensilado. Dentre os materiais que podem ser utilizados como aditivo, a polpa de citros, um subproduto da extração do suco de laranja que possui alta capacidade de absorção de água, alto teor de carboidratos solúveis, alto valor nutritivo, boa aceitabilidade pelos animais, entre outras características, apresenta-se como suplemento ideal para viabilização da ensilagem de capim-elefante.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os possíveis benefícios a serem obtidos mediante a inclusão de níveis crescentes de polpa cítrica na ensilagem de capim-elefante em diferentes estádios vegetativos, quanto à qualidade fermentativa, estabilidade aeróbia e ao valor nutritivo. Adicionalmente, foi objetivo do presente trabalho a criação de um índice de recomendação da inclusão de polpa cítrica em função do teor de umidade do capim.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estacionalidade de produção das plantas forrageiras

A estacionalidade de produção das plantas forrageiras, provocada por baixas temperaturas, umidade e luminosidade insuficientes em parte do ano, é um fator responsável pela baixa taxa de desfrute e acentuada queda na produção de leite e carne (ANDRADE, 1999), exigindo o planejamento e a execução de práticas que visem a conservação de forragens para esses períodos críticos, tais como: vedação de pastagens, manejo de capineiras (capim-elefante, cana-de-açúcar), aproveitamento de restos de culturas ou palhadas, plantio de culturas de inverno, fenação e ensilagem (DEMARCHI; BOIN; BRAUN, 1995).

É indiscutível o papel da silagem como volumoso suplementar na alimentação de ruminantes em períodos de escassez de forragem. A silagem de capim vem surgindo como alternativa às culturas tradicionais, tendo como vantagens as características de uma cultura perene (FARIA; TOSI; GODOY, 1972), possibilidade de suportar elevadas lotações na propriedade e apresentar grande flexibilidade em manejo na tomada de decisões (IGARASI, 2002).

2.2 Parâmetros básicos para avaliação de silagens

Segundo McDonald e Henderson (1981), o processo de ensilagem não melhora a composição química das forragens, mas visa mantê-la estável por mais tempo; por isso torna-

se importante que o material ensilado seja de boa qualidade.

Os princípios básicos da ensilagem incluem, em primeiro lugar, a obtenção de condições anaeróbias dentro do silo. Conjuntamente, também deve ser desencorajada a atividade de bactérias butíricas, o que é feito normalmente através de fermentações lácticas. As bactérias lácticas produzem ácido láctico, que aumenta a concentração hidrogeniônica do meio a um nível que inibe o desenvolvimento das bactérias butíricas. Porém, é difícil o estabelecimento do exato valor crítico de pH no qual esta inibição ocorre, uma vez que a mesma ocorre não somente em função do pH, mas também em função do teor de umidade. Quanto mais úmido o material, mais baixo é o pH crítico necessário para que a inibição ocorra (MCDONALD; HENDERSON, 1981).

Segundo Tosi et al. (1995), para determinação do potencial de uma planta para ensilagem, são efetuadas observações na forrageira antes da ensilagem e após o desenvolvimento do processo fermentativo. A planta forrageira deve apresentar elevado rendimento por ocasião do corte e possuir valor adequado de matéria seca (30 – 35 %), suficiente quantidade de carboidratos solúveis a serem fermentados pelas bactérias lácticas e que o poder tampão não seja capaz de impedir o abaixamento do pH aos níveis desejados (PERES, 1997).

Segundo Woolford (1984), capacidade tampão é a quantidade de ácido requerida para diminuir o pH de 100 g de MS de forragem para 4,0. O poder tampão das forrageiras tropicais é relativamente alto. Este está em função da quantidade de ácidos orgânicos presentes na forragem. Os ácidos orgânicos são o ácido málico, ácido cítrico e ácido aspártico principalmente, podendo também estar presente o ácido oxálico. Estes ácidos agem com efeito tamponante, impedindo a queda do pH da massa ensilada por inibição da ação do ácido láctico (VILELA, 2004). Nussio (2000) encontrou valores de poder tampão desde 3,5 g de ácido láctico/100g de matéria seca na forragem de milho (considerado baixo) até 7,4 na

forragem de alfafa (considerado alto).

Nas silagens, a diminuição no teor de oxigênio e o acúmulo de ácido lático resultam na queda do pH, inibição do crescimento microbiano e preservação dos nutrientes (RANJIT; KUNG JÚNIOR, 2000).

A avaliação propriamente dita das silagens envolve a aplicação de métodos químicos para identificar a quantidade de determinadas substâncias que se fazem presentes nas boas ou nas más silagens. Assim, o teor elevado de ácido lático, o reduzido valor do pH (3,8 – 4,0) e a pequena presença de ácido butírico e nitrogênio amoniacal são indicativos da ocorrência de fermentação desejável no interior do silo (TOSI et al., 1995).

A recomendação atual é de que o capim-elefante deva ser colhido ao redor de 60 dias de idade, o que permite que se alie produção com qualidade da forragem (ANDRADE; LAVEZZO, 1998a,b). Nesta fase de crescimento, o capim-elefante apresenta normalmente valores inferiores a 20% de matéria seca (PERES, 1997), teor médio de carboidratos solúveis próximo a 15% (TOSI, 1983) e poder tampão próximo a 15 meq de HCl/100 g de matéria seca (FERRARI JÚNIOR; LAVEZZO, 2001).

Uma vez que o capim-elefante possui baixos teores de matéria seca na época de corte, e que tal fato é incompatível com a obtenção de silagens de boa qualidade (TOSI et al., 1983), caracterizadas pela ausência de ácido butírico, amônia e baixo pH, é necessário que se lance mão de técnicas e/ou aditivos que reduzam a ação deletéria da umidade excessiva da planta, ou a minimizem via favorecimento de fermentações lácticas nas silagens (HARRISON; BLAUWIEKEL; STOKES, 1994).

Silagens produzidas com forragens contendo baixo teor de matéria seca desencadeiam perdas por drenagem e propiciam o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, devido ao excesso de umidade da forragem. O desenvolvimento de tais bactérias produz fermentações secundárias indesejáveis, havendo a formação de ácido butírico, o qual

caracteriza silagens de baixa qualidade. Quando há formação de ácido butírico ocorre, concomitantemente, degradação de proteína e ácido láctico (MCDONALD; HENDERSON, 1981).

Em revisão bibliográfica de Demarchi, Boin e Braun (1995), foi constatado que diversos pesquisadores acreditam que alto conteúdo de açúcar seja desejável como substrato prontamente disponível para a fermentação, e, que desse modo, contribua para a melhoria da qualidade da silagem.

2.3 O capim-elefante como planta forrageira para ensilagem

O *Pennisetum purpureum* é uma planta originária da África, intensamente distribuída por regiões tropicais e subtropicais do mundo. É perene, multiplicada através de rizomas ou de porções do colmo que, quando plantados, dão origem a novas plantas. A reprodução por sementes é pequena, pois há uma defasagem na emergência de estigmas e estames, dificultando a fecundação. O crescimento inicial é rápido e a planta forma uma touceira volumosa (KISSMANN, 1997). Esta gramínea é cespitosa, pode atingir até 6m de altura, sendo comum 3 a 4m; porém, a maioria de suas variedades, deve ser cortada com 1,3 a 1,8m, ocasião em que são mais tenras. É comum conseguir 20 a 40 t/ha de massa verde por corte, quando a forrageira apresentar 1,3 a 1,5m de altura (EVANGELISTA; ROCHA, 1997).

As variedades mais utilizadas e recomendadas são as que apresentam florescimento tardio, sem joçal, com colmos macios e tenros, sendo portanto, mais empregadas a Napier, Mineiro, Cameroon, Porto Rico, Vrukwna, Taiwan A-148, Taiwan A-144 e Elefante Roxo. Estas variedades são bastante semelhantes, sendo que a diferenciação é feita por diâmetro,

dureza e porte do colmo, comprimento, número de folhas e época de florescimento. A composição química difere-se pouco entre as variedades, sendo que a variação maior ocorre com a idade da planta (EVANGELISTA; ROCHA, 1997).

Segundo o NRC (1996), o capim Napier aos 30 dias de crescimento apresenta 20,0% de MS, 70,0% de FDN, 14,3% de Lignina, 55,0% de NDT, 8,7% de PB, 2,2% de proteína indisponível em detergente ácido (PIDA, como % da PB), 8,0% de amido (% dos carboidratos não estruturais), 3,0% de EE e 9,0% de MM. Já o mesmo capim aos 60 dias de crescimento apresenta 23,0% de MS, 75,0% de FDN, 18,7% de Lignina, 53,0% de NDT, 7,8% de PB, 2,2% de PIFDA (% da PB), 8,0% de amido (% dos CNE), 1,0% de EE e 6,0% de MM.

Das forrageiras tropicais, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) vem sendo utilizado com grande frequência para produção de silagem, devido à sua alta produtividade (FERREIRA; SILVA; GOMIDE, 1974) e valor nutritivo (ROCHA et al., 2001), quando comparado com as demais espécies. Além disso, trata-se de uma planta perene, evitando-se gastos anuais de implantação da cultura (REZENDE et al., 2002; SOUZA et al., 2001).

A composição química e a conseqüente digestibilidade da planta forrageira é afetada pelo estágio de crescimento. Isto enfatiza a importância de se colher a forrageira em estágio imaturo de desenvolvimento com a intenção de se maximizar a porção solúvel da célula e a digestibilidade da fibra (HARRISON; BLAUWIEKEL; STOKES, 1994).

Embora o capim-elefante apresente grande rendimento por área, seu elevado teor de umidade (NARCISO SOBRINHO, 1998; TOSI, 1973) e baixos teores de carboidratos solúveis (VILELA, 1998) comprometem a qualidade da silagem. Com isso, torna-se necessário o emprego de métodos especiais de ensilagem, com a finalidade de alterar a composição em ácidos orgânicos e, conseqüentemente, conseguir um produto de boa qualidade (ONSELEN; LOPEZ, 1988).

Pedreira e Matos (1982) trabalharam com oito cultivares de capim-elefante e relataram produções médias anuais entre 10,9 e 14,1 toneladas de matéria seca por hectare e teor protéico entre 9,6 e 11,6%.

Vilela, Cruz e Carvalho (1982), trabalhando com capim-elefante e três aditivos diferentes, encontraram valores de matéria seca de 18,4%, 27,0% e 30,7% para o capim aos 60, 105 e 110 dias de rebrota, respectivamente.

Tosi et al. (1983) estudaram o potencial do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum, cultivar Taiwan A-148), para ensilagem, obtendo uma forragem de alto valor nutritivo, com 10,6% de PB na matéria seca, sendo que este capim apresentou umidade excessiva, justificando o emurchecimento que possibilitou um acréscimo no teor de matéria seca de 15,5% para 20,7%. Vilela et al. (2001), trabalhando com capim-elefante, cultivar Paraíso (*Pennisetum purpureum* cv. Paraíso) cortado aos 90 dias de idade, obtiveram 17,5% de MS, 17,6% de carboidratos solúveis na MS e produção de 18,4 t de MS/ha. Também Braga et al. (2000), trabalhando com silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum, variedade Cameron), ensilado com diferentes idades de corte (56, 70, 84, 98 e 112 dias), concluíram que a idade de 70 dias, no geral, demonstrou ser a mais indicada para o corte do capim-elefante, variedade Cameron, para a confecção de silagem.

Devido ao elevado número de cultivares da espécie, torna-se difícil generalizar seu corte para ensilagem, numa mesma idade. Porém, a relação haste/folha igual a um é um bom parâmetro balizador, a qual será obtida com a gramínea na faixa dos 70 a 90 dias de crescimento (LAVEZZO, 1994).

Guim et al. (2002) obtiveram teores de 26% de MS e 5,53% de carboidratos solúveis na MS para o capim-elefante cortado aos 96 dias de crescimento para ensilagem. Já Tosi et al. (1995), trabalhando com capim-elefante anão cv. Mott, cortado aos 72 dias de rebrota, obtiveram teor de MS e de carboidratos solúveis iguais a 14,1% e 7,1%, respectivamente.

Vasconcelos et al. (2001), em trabalho com capim-elefante, encontraram teor de 18,6% de MS para a forragem cortada entre 75 e 84 dias de idade. Também Rezende et al. (2002) obtiveram 17,5% de MS para o capim-elefante cortado aos 70 dias de crescimento.

Segundo Narciso Sobrinho (1998), que trabalhou com capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum, cultivar Guaçu), com 56, 70 e 84 dias de desenvolvimento, a produção de MS cresceu com o aumento de intervalo de corte do capim, sendo a idade de 70 dias a que apresentou melhor equilíbrio entre lâmina e haste.

Vilela (1994), de forma abrangente, também concluiu que, das informações levantadas, o momento de corte adequado seria quando o capim-elefante estivesse com 70 dias de crescimento, o que equivaleria à altura de 1,90 m, tendo a forragem, nesta oportunidade, cerca de 18,6% de matéria seca.

Nussio, Lima e Mattos (1999) descreveram os valores de silagem de capim-elefante, cortado aos 60 dias de crescimento, iguais a 40 toneladas de MS/ha, 23% de MS, 7,8% de PB, 75% de FDN, 42% de FDA, 57% de NDT e 1,28 Mcal de EL_l /kg de MS.

Segundo Lavezzo (1994), desde que exista entre os pesquisadores e técnicos a concordância de que o capim-elefante deve ser ensilado ainda novo, pode-se imaginar que, simultaneamente ao ocorrido com a grande maioria das forrageiras tropicais, este capim apresente alto teor de umidade e baixos teores de carboidratos solúveis, quando comparado com o estágio mais avançado, o que impediria a confecção de silagens de boa qualidade.

Os teores de carboidratos solúveis apresentam maiores variações entre idade de corte do que entre cultivares. Nas idades de corte de 37 a 45 dias, este teor está muito aquém do nível crítico, aproximando-se deste aos 60 a 90 dias (VILELA, 1994). Assim, estes dois fatores (matéria seca e carboidratos solúveis) são objetos de pesquisa constante no que se refere ao uso do capim-elefante para a ensilagem.

Narciso Sobrinho (1998) comenta trabalho de Knabe e Weise (1974) que demonstraram que, quando a relação entre carboidratos solúveis e poder tampão diminui, um teor mínimo de matéria seca é requerido para evitar fermentações indesejáveis no silo. Esse mesmo autor cita também outros dois trabalhos, um de Weibbach et al. (1974) e outro de Wilkinson et al. (1982), que expuseram que na silagem de plantas que apresentam teor de matéria seca inferior a 21%, carboidratos solúveis inferior a 2,2% na matéria verde e baixa relação entre carboidratos solúveis e poder tampão, os riscos de fermentações secundárias são maiores, sendo que os fatores que controlam as fermentações secundárias são a atividade da água, proveniente da própria umidade da planta, e a acidez, sendo que o teor de matéria seca original da planta pode ser tomado como medida dessa atividade e o quociente açúcar original/poder tampão pode servir como indicador de acidez.

Segundo Ferrari Júnior e Lavezzo (2001), o capim-elefante, embora possua cultivares com teor de carboidratos solúveis superiores a 16% na matéria seca, como é o caso do Taiwan A-148, vem propiciando silagens razoáveis, mesmo com taxas de carboidratos solúveis abaixo dos 13 a 15%.

Lavezzo (1985) afirmou que uma fermentação ideal no silo é esperada quando a forragem a ser ensilada apresenta de 28 a 34% de matéria seca, sendo que, nestas condições, mesmo teores de carboidratos solúveis de 6 a 8% seriam suficientes para desencadear fermentações lácticas, desde que o poder tampão não seja elevado.

O emurchecimento do material foi eficiente na elevação do teor de matéria seca da forragem, não reduzindo a porcentagem de carboidratos solúveis a ponto de comprometer a fermentação láctica (NARCISO SOBRINHO, 1998). Além do emurchecimento, outras alternativas podem ser adotadas para ensilagem do capim-elefante quando novo.

Em trabalho com silagem de capim-elefante confeccionado com diferentes porcentagens de MS de rolão de milho, farelo de trigo ou sacharina, Andrade e Lavezzo

(1998a,b) encontraram aumento na ingestão de MS e redução na digestibilidade dos componentes da parede celular com o aumento nos níveis de aplicação dos aditivos na silagem.

Moura et al. (2001), avaliaram silagem de capim-elefante adicionada com melaço (3%) e diferentes níveis de cama de frango (10, 20 ou 30%) e concluíram que as silagens que receberam estes aditivos apresentaram menor produção de CO₂, o que caracteriza uma menor velocidade de deterioração.

Peres (1997) avaliou a polpa de citros seca e peletizada como aditivo na ensilagem do capim-elefante (0, 5, 10 ou 15%) e um tratamento com 10% de fubá como termo de comparação, onde observou que a polpa aumentou significativamente o teor de MS da silagem, com os dois tratamentos com o maior nível de polpa se igualando ao tratamento com 10% de fubá de milho e pelo seu efeito absorvente diminuiu a produção de efluente. Para as silagens com 0, 5 e 10% de polpa os valores médios de efluentes foram 40,4; 2,5 e 2,0 mL por kg de material ensilado, demonstrando que a polpa foi bastante efetiva como absorvente. As silagens com 0, 5, 10, 15% de polpa cítrica e 10% de fubá de milho apresentaram valores adequados de pH (3,8; 3,8; 3,8; 3,9; 3,8), baixos níveis de nitrogênio amoniacal (12,7; 11,8; 11,5; 10,9; 12,5 % do nitrogênio total) e de ácido butírico (0,053; 0,220; 0,047; 0,058; 0,147% na MS).

2.4 Tratamento da forragem a ser ensilada

Existem vários tratamentos que podem ser aplicados à forragem a ser ensilada. Cada qual apresenta suas vantagens e desvantagens, sendo que a escolha deve estar fundamentada no quanto este tratamento pode melhorar o produto final e se, economicamente, é viável.

2.4.1 Emurchecimento

A melhor medida da concentração de água, em termos de propriedades físico-químicas nos produtos, refere-se à medição de sua atividade (a_w), ou seja, medição do teor de água livre no produto. A água pode ocorrer como água ligada e água livre, resultando em conteúdo total de água (umidade). Esta pode se apresentar intimamente ligada às moléculas constituintes do produto, não podendo ser removida ou utilizada para qualquer tipo de reação, onde o metabolismo dos microrganismos é paralisado, não havendo desenvolvimento ou reprodução. Também pode encontrar-se livre, estando disponível para as reações físicas (evaporação), químicas (escurecimento) e microbiológicas, tornando-se a principal responsável pela deterioração do produto. A velocidade das reações químicas, desejáveis ou não, depende da mobilidade e concentração dos compostos e enzimas envolvidos, que são conferidas pela quantidade de água livre (LAMIC, 2004).

A atividade de água (a_w) é definida como a razão entre a pressão do vapor de água no produto (p) pela pressão de vapor de água pura (p_0) à mesma temperatura ($a_w = p/p_0$). O comportamento microbiano frente à a_w é extremamente variável, sendo que as bactérias são mais exigentes, quanto à disponibilidade de água livre, em relação aos fungos e leveduras (LAMIC, 2004).

Diversas técnicas e aditivos têm sido estudados na confecção de silagens de capim-elefante. Porém, até o momento, nenhuma mostrou reunir todas características desejáveis a ponto de se constituir numa prática rotineira. Segundo Muck (1988), a planta continua a respiração após ter sido colhida. Esta respiração utiliza o oxigênio e os açúcares da planta, principalmente carboidratos solúveis, produzindo CO_2 , água e calor, provocando perda de MS. Um mecanismo crítico para limitar este processo é alcançar e manter o ambiente anaeróbio e queda no pH o mais rápido possível.

Estudos sobre emurchecimento produzem resultados adversos devido às condições

climáticas variáveis (MCDONALD; HENDERSON, 1981). Evangelista, Lima e Bernardes (2000), avaliaram a gramínea Estrela Roxa, com 45 dias após rebrota, submetida a diferentes tempos de emurchecimento (0, 1, 2, 3 horas) com ou sem adição de 4% de polpa cítrica para produção de silagem, constatando que os teores de MS das silagens aumentaram em função dos tempos de emurchecimento (26,3; 34,8; 33,4; 41,8% para 0, 1, 2, e 3 horas, respectivamente).

Segundo Lavezzo (1994), o emurchecimento aumenta o teor de matéria seca, porém esse valor nem sempre atinge níveis adequados. Além disso, o valor nutritivo da silagem também poderá ser reduzido, devido a maior decomposição aeróbia da matéria seca por fungos e leveduras. Segundo Castro et al. (2001), que trabalharam com silagem de Tifton 85 sob efeito de pré emurchecimento prévio e de inoculante bacteriano-enzimático, o incremento na matéria seca restringiu o crescimento bacteriano devido à redução de água livre disponível no alimento.

Mühlbach (1997), trabalhando com silagem de aveia no sul do Brasil, verificou que o emurchecimento (31,2% de MS) determinou menor produção de ácidos totais, reduziu a produção de amônia e ácido butírico, conservou açúcares solúveis na silagem e evitou a produção de efluentes.

Vilela et al. (2001), avaliando capim-elefante Paraíso cortado aos 90 dias de idade e emurchecido por 6 ou 12 horas e em seguida ensilado, demonstraram que a forragem emurchecida por 12 horas (31,2% MS) apresentou menores valores de carboidratos solúveis e menor produção de ácido láctico, amônia e menor valor de digestibilidade “in vitro” da matéria seca.

Ferrari Júnior e Lavezzo (2001), em trabalho com capim-elefante emurchecido ao sol por 8 horas e ensilado, concluíram que o emurchecimento pela exposição do capim-elefante ao sol aumentou o teor de matéria seca da forragem (27,7%), favorecendo o processo de

ensilagem.

Segundo Tosi et al. (1995), em trabalho com capim-elefante cv. Mott, o emurchecimento da forragem picada não se mostrou eficiente em proporcionar a desidratação devido ao adensamento da massa. Já o emurchecimento por 30 horas, com posterior picagem, resultou em aumento no teor de MS do capim-elefante de 14,1% para 41,3%.

Existem ainda outros fatores que podem ser lembrados quanto à viabilidade desta técnica, como a dependência das condições climáticas, maior decomposição aeróbia por fungos e leveduras, maior custo de confecção (maior dependência de maquinaria) e outros, que têm feito com que a sua prática não seja muito freqüente. Disto conclui-se que a necessidade de desenvolvimento de outras alternativas ainda é uma realidade (PERES, 1997).

A produção de silagem minimiza o risco associado com perdas de produção, o qual pode ocorrer sob condições de chuva durante a produção de feno (HARRISON; BLAUVIEKEL; STOKES, 1994).

2.4.2 Aditivos na ensilagem do capim-elefante

A adição de produtos externos ao processo de ensilagem surgiu como forma de melhorar o resultado final da fermentação, alterando a matéria seca, carboidratos solúveis e/ou diminuindo o pH do material ensilado. Hoje, no desenvolvimento de aditivos de silagens, embora o controle da fermentação seja importante, atenção também tem sido dada aos métodos para melhorar o valor nutricional do produto final e reduzir as perdas de matéria seca (WOOLFORD, 1984). A meta é encontrar um produto economicamente viável, que assegure a preservação eficiente desde o momento da abertura do silo até sua completa utilização (MORAIS, 1999).

McDonald e Henderson (1981) classificaram os aditivos em: a) estimulantes da fermentação (culturas bacterianas e fontes de carboidratos); b) inibidores da fermentação (ácidos e outros); c) inibidores da deterioração aeróbia; d) nutrientes e e) absorventes, sendo que muitas substâncias podem ser relacionadas na categoria de nutrientes.

Um aditivo ideal a ser utilizado na ensilagem de gramíneas tropicais deveria possuir, portanto, alto teor de matéria seca, alta capacidade de absorver água, alto valor nutritivo, boa aceitabilidade, elevado teor de carboidratos solúveis, fácil manipulação, boa disponibilidade no mercado e baixo custo de aquisição (MORAIS, 1999).

Ranjit e Kung Júnior (2000) trabalharam com silagens tratadas com inoculantes contendo várias cepas de *Lactobacillus plantarum*, obtendo menores valores numéricos de leveduras, fungos, lactato, etanol e amônia do que silagens não tratadas, mas estes valores não foram significativos.

Rodrigues et al. (2001) recomendaram a utilização de inoculante bacteriano na produção de silagem de alfafa, uma vez que houve maior disponibilidade de nutrientes e maior consumo de matéria seca pelos animais.

Guim et al. (2002) avaliaram o efeito de um inoculante microbiano constituído por bactérias ácido-láticas (*Lactobacillus* e *Pediococcus*) e leveduras (*Sacharomices*) sobre a estabilidade aeróbia da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) pré-seco, considerando-se três profundidades do material exposto ao ar. A determinação dos valores de pH, CO₂, nitrogênio-amoniaco, bem como contagem de leveduras, fungos filamentosos e lactobacilos serviram como parâmetro para medir a velocidade de deterioração aeróbia. Concluíram que a inoculação com microrganismos proporcionou o mesmo comportamento de deterioração que o das silagens controle, no início do processo. Porém, a partir de seis dias de exposição, as silagens inoculadas passaram a apresentar menor velocidade de deterioração.

Segundo Lavezzo (1994), as culturas bacterianas geralmente apresentam efeito positivo

apenas quando o capim é ensilado com mais de 20% de matéria seca. Além disso, os resultados até então obtidos não permitem uma posição consciente para o técnico quanto à preconização geral desses aditivos, sem se considerar seu custo, normalmente elevado.

Como fontes de carboidratos que auxiliarão na fermentação láctica, os materiais mais freqüentemente utilizados são a cana-de-açúcar, o melaço e a mandioca (PERES, 1997).

Tosi et al. (1983), em trabalho com capim-elefante adicionado de 4% de melaço (45,5% de carboidratos solúveis com base na matéria original), constataram que a adição de melaço proporcionou acréscimos significativos no conteúdo de carboidratos solúveis da forragem (de 15,3% para 22,9% para silagem sem e com melaço, respectivamente).

Vilela (1998) cita experimento de Farias e Gomide (1973), com efeito do emurhecimento e da adição de raspa de mandioca (75,7% de amido) sobre a silagem de capim-elefante, onde verificaram que, o aditivo aplicado na dose de 75 kg/t de massa verde, elevou os teores de MS, carboidratos solúveis e digestibilidade *in vitro* da MS das silagens. No entanto, a raspa de mandioca não se revelou uma fonte de carboidratos facilmente fermentáveis pelos *Lactobacillus*.

Tosi et al. (1995), em experimento com ensilagem de capim-elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos, constataram que a adição de 4% da matéria original na forma de melaço foi indispensável para a ensilagem, pois elevou o teor de carboidratos solúveis, inibiu a proteólise e foi responsável pela obtenção de boa silagem com baixo pH e baixos teores de nitrogênio-amoniacoal.

O fubá de milho ou a farinha de mandioca, utilizados como aditivos, na concentração de 7% em base de matéria verde do capim-elefante com 105 dias de idade, proporcionaram silagens de boa qualidade, com teores de ácido láctico suficientes para abaixar o pH até valores adequados e com reduzidas quantidades de nitrogênio-amoniacoal (ONSELEN; LOPEZ, 1988).

Vilela, Cruz e Carvalho (1982), trabalhando com silagem de capim-elefante e um complexo enzimático bacteriano com substrato rico em carboidratos (fubá), chegaram à conclusão que, apesar deste aditivo ter melhorado um pouco o valor nutritivo da silagem de capim mais novo e tenro, o seu custo elevado é fator limitante para a sua utilização.

Andrade e Lavezzo (1998a,b), em experimento com silagem de capim-elefante confeccionada com adição de 0, 8, 16 ou 24% de matéria seca de rolão de milho, farelo de trigo ou sacharina na forragem verde do capim, encontraram aumento na ingestão de matéria seca à medida que foi elevado o nível de aditivo na ensilagem.

Em experimento realizado com subproduto da extração do palmito de pupunha, utilizando aditivos como açúcar (2,5%), polpa cítrica (10%) ou milho moído (10%), Rodrigues Neto et al. (2001) constataram que a ensilagem de subprodutos de pupunha com 2,5% de açúcar resultou em um volumoso de baixa qualidade. Entretanto, a adição de 10% de polpa cítrica ou milho moído proporcionou silagens de qualidade média e valor nutritivo semelhantes à maioria das silagens de forrageiras convencionais.

2.4.3 A polpa de citros

Segundo Carvalho (1999), a principal limitação do capim-elefante para ensilagem é o seu teor de matéria seca. Um aditivo ideal deveria reunir como características o alto teor de matéria seca, alta capacidade de absorver água, alto valor nutritivo, boa palatabilidade e baixo custo de aquisição (PERES, 1997).

De acordo com dados de literatura, nenhum material se enquadra perfeitamente nestas condições. Porém, a polpa de citros seca e peletizada parece encaixar-se de maneira

satisfatória em vários dos requisitos anteriores, constituindo-se, portanto, num suplemento interessante para viabilização da ensilagem do capim-elefante.

A polpa cítrica peletizada é um subproduto da agroindústria cítrica obtido após a extração do suco de laranja (PERES, 1997). Hall (2001) descreve a polpa cítrica como sendo um produto composto por cascas, sementes, bagaço e frutos cítricos descartados. Possui aproximadamente 88% de matéria seca, 7% de proteína bruta, 22% de fibra em detergente neutro, 26% de açúcares e 11% de amido.

A polpa cítrica seca e peletizada apresenta as seguintes características: alto teor de matéria seca e alta capacidade de absorver água. Wing (1982) cita que a polpa cítrica pode absorver até 145% do seu peso em efluentes, além de possuir alto valor nutritivo, boa palatabilidade e boa disponibilidade no mercado. Carvalho (1999) descreve sobre o elevado teor de carboidratos prontamente fermentescíveis, por volta de 25% da matéria seca.

Igarasi (2002), trabalhando com controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia, encontrou que a adição de polpa cítrica melhorou as características fermentativas (pH, nitrogênio amoniacal), diminuiu as perdas no processo fermentativo (efluentes e gases) e aumentou a recuperação de matéria seca. Entretanto, a adição de polpa piorou a estabilidade aeróbia da silagem e aumentou o teor e a taxa de recuperação do NDT, contudo elevou o custo relativo do NDT.

Bernardes (2003), em trabalho com capim Marandú (*Brachiaria brizantha*, cv. Marandu) ensilado aos 52 dias de crescimento, com polpa cítrica peletizada (0, 5 ou 10% com base na matéria natural), concluiu que o aditivo aumentou os teores de carboidratos solúveis de 1,1% para 1,3% e 1,5% na MS, para o capim com 0, 5 e 10% de polpa cítrica peletizada, proporcionando silagens de qualidade satisfatória apesar da baixa concentração de carboidratos solúveis nos tratamentos estudados. O pH apresentou queda (4,5; 4,2 e 4,0) com o aumento das proporções do aditivo (0, 5 e 10%) e estabilizou-se rapidamente a partir do

quarto dia de ensilagem. Os teores de nitrogênio amoniacal (% do nitrogênio total) foram influenciados pela adição de polpa cítrica peletizada (6,0; 5,5 e 4,0%), porém, mesmo sem a sua presença esses teores foram baixos, não prejudicando a qualidade da silagem. Quanto à composição química, o teor de PB foi influenciado pela adição da polpa cítrica peletizada, passando de 9,3 para 9,7% no tratamento controle e com 10% de polpa, respectivamente. Este acréscimo não era esperado já que a polpa possui valores de PB (7,8%) inferiores ao da forragem analisada (10,7%). Possivelmente, as silagens que não receberam polpa podem ter sofrido ligeiro aumento de temperatura nas primeiras horas de ensilagem, o que acarretou perdas de nitrogênio na formas de amônia por volatilização. O nitrogênio ligado ao FDN sofreu ligeiro aumento com a participação da polpa cítrica durante a ensilagem. Este fato pode ter ocorrido porque durante o processo de industrialização os constituintes da polpa cítrica (casca, sementes e polpa) sofrem prensagens e posterior secagem à altas temperaturas. O aquecimento na presença de carboidratos solúveis e frações nitrogenadas podem produzir polímeros de Maillard, o que aumenta os teores de nitrogênio ligado à parede celular. Em relação ao nitrogênio complexado ao FDA, observou-se aumento numérico, não significativo desses teores com a adição de polpa. Houve decréscimo nos teores de FDN (74, 62 e 58%), FDA (47, 43 e 37%), hemicelulose (28, 20 e 20%), celulose (42, 38 e 32%) e lignina (5,0; 4,2 e 3,0%), respectivamente, para as silagens de capim submetidas à adição de 0, 5 e 10% de polpa cítrica peletizada. A adição de polpa também promoveu aumento nos teores de DIVMS (44, 54 e 63%), com efeito significativo entre os tratamentos.

Faria, Tosi e Godoy (1972), trabalhando com polpa de laranja como aditivo para ensilagem de capim-elefante, concluíram que a polpa de laranja tanto fresca como dessecada podem ser consideradas como bons aditivos para a ensilagem de capim Napier, pois foram capazes de criar condições para uma conservação mais efetiva. A polpa seca, além de elevar o teor de matéria seca e de carboidratos solúveis, provocou a obtenção de silagens de pH

relativamente elevado e menor produção de ácidos orgânicos. Já a polpa fresca forneceu à massa ensilada uma maior quantidade de carboidratos solúveis e, assim, criou condições para a obtenção de silagens de pH mais baixo e teores mais elevados de ácidos láctico e acético, bem como quase ausência de ácido butírico.

Evangelista et al. (2001), trabalhando com silagem de coast-cross (*Cynodon dactylon* (L)) tendo como aditivos farelo de trigo e polpa cítrica, constataram que a utilização dos aditivos contribuiu para elevar o teor de MS e reduzir o teor de FDN das silagens, mas comprometeu suas características fermentativas, sendo dispensável a utilização destes para o capim coast-cross ensilado com 7 ou 9 semanas de rebrota. Em ensaio semelhante, Pedreira et al. (2001), trabalhando com silagem de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) emurchecido e com adição de diferentes níveis de polpa cítrica, concluíram que o emurchecimento e a adição de polpa cítrica acarretaram aumento nos teores de matéria seca e de carboidratos solúveis da planta e redução acentuada nos valores de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total. Os teores de FDN diminuíram, enquanto os de FDA aumentaram durante a fermentação das silagens. O emurchecimento e a adição de polpa cítrica melhoraram a preservação das silagens estudadas.

Trabalhando com silagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) com polpa cítrica como aditivo, Aguiar et al. (2000) constataram que a adição de polpa cítrica reduziu as produções de efluente e as perdas totais da silagem.

Evangelista, Lima e Bernardes (2000), avaliando silagens de gramínea Estrela Roxa (*Cynodon nlemfluensis* Vanderyst) submetidas a diferentes períodos de emurchecimento e porcentagens de polpa cítrica como aditivo, concluíram que a gramínea Estrela Roxa pode ser satisfatoriamente armazenada na forma de silagem, quando submetida ao emurchecimento ou à adição de polpa cítrica, constituindo-se em mais uma alternativa de manejo do campo de feno. Também Lima et al. (2000), avaliando o efeito da adição de diferentes níveis de farelo

de trigo ou polpa cítrica adicionados ao coast-cross para produção de silagem, constataram que os aditivos utilizados melhoraram as características fermentativas e o valor nutricional das silagens.

Peres (1997), avaliando a polpa cítrica seca e peletizada como aditivo na ensilagem de capim-elefante, concluiu que o nível de polpa utilizado afetou o teor de MS, aumentou a recuperação de MS no tratamento com 10% de polpa de citros e diminuiu o volume de efluente; o que demonstra a efetividade da polpa como material absorvente. Todas as silagens apresentaram boa conservação, constatada pelos valores adequados de pH, baixos níveis de nitrogênio amoniacal e de ácido butírico. O uso de aditivo aumentou o teor de MS das silagens, bem como seu consumo voluntário.

A adição da polpa de laranja ao capim a ser ensilado poderia trazer outros benefícios. A polpa de citros é considerada um concentrado energético e que adicionada à silagem de capim-elefante faz com que o produto final tenha maior valor nutritivo para os ruminantes (CARVALHO, 1999).

Os resultados mostraram que a polpa de citros é um bom aditivo para a ensilagem do capim-elefante, proporcionando boa conservação do material. Entretanto, trabalhos que apresentam níveis de recomendação deste aditivo são escassos e pouco conclusivos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (Campus de Pirassununga).

Foram confeccionadas silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, cultivar Napier). Após a colheita manual, a planta foi picada (Picadora – marca Nogueira, modelo EM-9F3B) em fragmentos de tamanho médio de 1,32 cm. A avaliação do tamanho médio de partículas foi realizado segundo metodologia das peneiras do “PennState Particle Size Separator” proposto por Lammers, Buckmaster e Heinrichs (1996), adaptado por Heinrichs e Kononoff (2002).

Após picagem e homogeneização da planta forrageira, cada alíquota com diferentes idades de crescimento foram previamente pesadas e tratadas com o aditivo testado. Foram utilizadas 3 porcentagens de aditivo (polpa cítrica), além de um tratamento controle. As respectivas massas foram colocadas dentro de cada silo e compactadas, sendo os silos fechados com tampas e, então, pesados. A compactação correspondeu à densidade de 500 kg de silagem/m³. Os silos foram abertos após 145 dias de armazenamento.

Foi utilizado um arranjo fatorial de tratamentos 5x4, correspondendo a 20 tratamentos formados pela combinação de 5 idades de corte e 4 porcentagens de adição de polpa cítrica. As idades de crescimento para o corte do capim foram 40, 60, 80, 100 e 120 dias e as porcentagens de polpa adicionadas foram 0, 3, 6 e 9% em base de matéria fresca da polpa e do capim.

Foram utilizados 80 silos experimentais confeccionados a partir de baldes plástico com 252 mm de altura e 245 mm de diâmetro (0,06174 m³), possuindo tampa superior

portando uma válvula do tipo “Bunsen” para o livre escape dos gases (SCHEFER DE ROJAS, 1976) e foram estocados verticalmente e em local abrigado.

Antes da abertura, os silos foram pesados para posterior determinação das perdas de matéria seca (MS). Os cálculos das perdas por fermentação foram realizados através da diferença entre os pesos das massas obtidos no enchimento e abertura dos silos, multiplicados pelos respectivos teores de matéria seca. Finalmente as perdas foram transformadas em porcentagem da massa inicial. Uma vez abertos, as massas retiradas de cada silo foram homogeneizadas, sendo uma parcela separada para determinação de matéria seca a 65°C e 105°C em estufa com circulação forçada de ar, proteína bruta (PB) segundo AOAC (1980) e componentes da parede celular (FDN, FDA e Lignina em detergente ácido). Para a análise de FDN foi adicionada a α -amilase e para as frações FDA e Lignina em detergente ácido utilizou-se o método seqüencial segundo Van Soest (1991). As determinações dos Carboidratos solúveis (CHOs) foram feitas segundo Johnson et al. (1966) e Amido segundo Pereira e Rossi (1995), modificando esta técnica para prévia extração dos carboidratos solúveis segundo Hendrix (1993). O Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA) foi determinado segundo Van Soest e Robertson (1985). O Poder Tampão foi determinado segundo Playne e McDonald (1966). Outra fração foi congelada imediatamente para futura contra-prova e uma outra ainda, foi colocada em prensa manual para a extração do suco.

Imediatamente após a prensagem do material, 50 mL de suco de silagem foram utilizados para a determinação do pH em potenciômetro digital de mesa (marca Procyon, modelo 310), calibrados com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. A determinação dos ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico) e etanol contidos no suco da silagem foi realizada através de cromatografia gasosa, segundo método preconizado por Erwin, Marco e Emery (1961), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

(VNP/FMVZ/USP). Para tal, foi utilizado um cromatógrafo a gás (marca FINNIGAN, modelo 9001) equipado com coluna de vidro de sílica MEGABOR (marca OHIO VALLEY, modelo OV-351) de 30 m X 0,53 mm e fase estacionária de 1,0 micron.

Alíquotas de 2 ml de suco de silagem foram colocadas em tubos de ensaio contendo 1 ml de solução de ácido sulfúrico 1 N e armazenadas sob refrigeração até a realização das análises. A determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi realizada por colorimetria, segundo método proposto por Kulasek (1972) e adaptado por Foldager (1977). As leituras em absorbância foram realizadas em espectrofotômetro (marca Beijing Rayleigh AIC modelo VIS-7220) regulado em 630 nm. Os valores de absorbância foram utilizados para calcular as concentrações de amônia em mg de N-NH₃/100 mL, através de equação de regressão linear obtida a partir da calibração do aparelho com soluções-padrão de diferentes concentrações.

A DIVMS foi determinada segundo Tilley e Terry (1963) através da pesagem de 0,5 g de amostra pré-seca, em tubos de centrífuga, previamente secos e tarados. Aos tubos foram adicionados 40 mL de solução de MCDUGALL, ou saliva artificial e 10 mL de inóculo de rúmen cujos animais estavam alimentando-se de pasto de Braquiária além de receberem sal mineralizado no cocho. Passou-se CO₂ em cada tubo e arrolhou-se imediatamente com rolhas de borracha contendo válvula de bunsen. Incubou-se por 48 horas em estufa de temperatura controlada, agitando-se pelo menos 3 a 4 vezes durante a fermentação. A segunda fase ocorreu após a centrifugação e descarte do sobrenadante. Adicionou-se 50 mL de solução de pepsina (1:10.000) a 0,2% em cada tubo, agitou-se e estes foram colocados em estufa a 39°C por mais 48 horas. Novamente centrifugou-se os tubos durante 15 minutos, desprezou-se o sobrenadante e ressuspendeu-se o resíduo com água destilada, centrifugando novamente. Caso haja necessidade o resíduo após a fermentação poderá ser filtrado em cadinho de vidro com placa de porosidade fina. Finalmente levou-se à estufa a 105°C até a constância do peso, por

um período de 12 horas, esfriou em dessecador e pesou-se. Os cálculos foram realizados através da fórmula abaixo.

$$\text{DIVMS} = \frac{100 \times \text{g de MS na amostra} - (\text{g de MS residual} - \text{g de MS do branco})}{\text{g de MS da amostra}}$$

Para determinação da estabilidade aeróbia da silagem, aproximadamente 2,0 kg de massa úmida foram retirados de cada balde, transferidos para caixas de isopor com capacidade de 5 litros, armazenadas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C). As temperaturas das silagens foram obtidas a cada uma hora, durante 7 dias, por meio de um Sistema de Monitoração e Aquisição de Dados (SIMAD) composto por 20 sensores de temperatura, 4 módulos de aquisição de dados, 1 conversor de rede e 1 software para Monitoramento, Aquisição e Controle de Variáveis Ambientais (MACVA), versão 1.2 de fabricação da AUTSENS - Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos. A estabilidade aeróbia foi calculada como uma taxa de elevação de temperatura, usando o máximo da temperatura observada dividida pelo tempo necessário para alcançar a máxima temperatura (RUPPEL et al., 1995). A estabilidade também foi calculada contando-se o tempo necessário para elevar a temperatura da massa em 2°C, segundo Muck (2002). Adicionalmente foram avaliadas as temperaturas máximas alcançadas (°C) e o tempo necessário para alcançar estas máximas (em horas).

Os resultados foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1985), sendo anteriormente verificada a normalidade dos resíduos pelo Teste de Shapiro-Wilk (PROC UNIVARIATE). Os dados (variável dependente) que não atenderam a esta premissa foram submetidos à transformação logarítmica (LogX+1) ou pela raiz quadrada [RQ(X+1/2)]. Os dados originais ou transformados, quando este último procedimento foi necessário, foram submetidos à análise de variância que separou como causas de variação efeito de idade de corte, efeito do nível de polpa e o efeito de interação

entre os fatores (Tabela 1). Os efeitos dos fatores principais (idade de corte e nível de polpa) foram separados, através do uso de polinômios ortogonais, em efeito linear e quadrático, enquanto que a interação entre esses fatores foi separada em efeito linear para ambos os fatores, efeito linear para a idade de corte e quadrático para o nível de polpa, efeito quadrático para a idade de corte e linear para o nível de polpa, e efeito quadrático para ambos os fatores. Tal análise foi realizada utilizando-se procedimento General Linear Model (PROC GLM do SAS).

De acordo com os resultados estatísticos obtidos foi possível obter a equação de superfície gerada pelo procedimento de regressão múltipla (PROC REG), através da metodologia dos quadrados mínimos, onde as variáveis independentes estão representadas pela idade de corte e nível de polpa. O modelo mais complexo que pode ser obtido utilizando esta metodologia ocorreu quando houve efeito quadrático para ambos os fatores e para tal utilizou-se a seguinte equação: $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2$, onde y = resposta (variável dependente), b_i = coeficientes de regressão parcial para cada variável e x_i = variáveis independentes (idade de corte e nível de polpa). Este procedimento permitiu variação simultânea de vários fatores para encontrar o nível quantitativo que produziu a resposta mais adequada (ROUSH; PETERSEN; ARSCOTT, 1979). Adicionalmente, através da derivação da curva de superfície foi possível obter recomendações do nível mais indicado de inclusão de polpa para cada idade de corte, com base nos diferentes parâmetros estudados. Foi utilizado o nível de significância de 5% para todos os testes realizados.

Tabela 1 - Esquema da análise de variância em delineamento inteiramente casualizado

Causas de variação	Graus de Liberdade
Tratamentos	19
Idade de corte	[4]
Linear (L)	(1)
Quadrático (Q)	(1)
Nível de polpa	[3]
Linear (L)	(1)
Quadrático (Q)	(1)
Interação	[12]
Corte _L X Polpa _L	(1)
Corte _L X Polpa _Q	(1)
Corte _Q X Polpa _L	(1)
Corte _Q X Polpa _Q	(1)
Resíduo	60
Total	79

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de composição bromatológica do capim-elefante nas diferentes idades de corte e da polpa cítrica utilizada encontram-se na tabela 2. Os teores das diversas frações de nutrientes obtidos para o capim-elefante são compatíveis ao capim cortado com 40, 60, 80, 100 e 120 dias de idade e os dados de polpa cítrica semelhantes aos relatados na literatura (BRAGA et al., 2001; CARVALHO, 1996; NASCIMENTO, 2000; QUEIROZ FILHO; SILVA; SOARES et al., 2002).

Tabela 2 - Composição bromatológica da matéria original do capim-elefante e polpa cítrica, expressos com base na matéria seca¹

	MS	PB	FDN	FDA	Lig.	Amido	CHOs	NIDA	DIVMS
CE 40 dias	11,61	16,99	64,68	35,70	3,89	0,00	1,24	0,78	65,63
CE 60 dias	16,44	10,80	72,05	36,90	4,49	0,07	1,36	1,07	61,41
CE 80 dias	19,69	8,06	71,25	37,94	5,25	0,07	1,29	0,87	62,07
CE 100 dias	22,32	9,47	70,81	34,80	4,94	0,24	0,96	0,77	55,88
CE 120 dias	25,64	7,72	73,60	39,83	6,71	1,11	1,26	0,95	50,28
Polpa Cítrica	89,92	6,88	27,80	12,31	3,75	1,93	22,39	0,53	87,32

¹CE: capim-elefante; MS: matéria seca total (%); PB: proteína bruta (%MS); FDN: fibra em detergente neutro (%MS); FDA: fibra em detergente ácido (%MS); Lig.: lignina em detergente ácido (%MS); Amido (%MS); CHOs: carboidratos solúveis (%MS); NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido (% do nitrogênio total); DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%MS).

Os efeitos da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Lignina, Carboidratos Solúveis (CHOs), Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA), Poder Tampão (PT) e Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS), no experimento com silagem de capim-elefante encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 - Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre os teores de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Lignina, Carboidratos Solúveis (CHOs), em %, Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA), em % do N total, Poder Tampão, em meq HCl/100 g de MS e Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS), em %, coeficientes de variação (CV) e probabilidades estatísticas no experimento com silagem de capim-elefante

Tratamentos		Variáveis								
Corte	Polpa	MS	PB	FDN	FDA	Lignina	CHOs	NIDA	PT	DIVMS
Combinacões										
40	0	9,45	11,63	67,50	40,05	3,51	2,05	6,16	43,86	65,86
	3	12,20	12,43	62,67	36,54	3,39	3,17	5,82	44,42	69,35
	6	13,83	11,91	59,88	34,37	3,61	4,20	6,45	49,67	69,37
	9	15,68	11,19	54,76	32,99	2,86	5,29	6,85	50,26	73,94
60	0	16,11	10,67	67,66	31,16	3,36	1,99	7,85	41,23	61,83
	3	19,79	9,49	58,81	26,61	3,90	3,74	8,98	51,51	66,97
	6	19,57	9,14	60,33	27,93	4,37	3,42	9,95	49,78	67,00
	9	21,14	8,93	57,03	27,31	4,00	4,45	8,28	49,38	71,74
80	0	19,19	9,02	70,72	31,78	4,87	1,95	8,85	35,71	57,31
	3	20,92	7,77	67,70	33,15	5,54	2,73	10,94	39,21	57,51
	6	22,88	7,48	64,75	29,76	4,51	3,39	11,07	40,16	60,63
	9	25,59	7,75	60,37	28,91	4,78	3,94	9,81	39,60	63,91
100	0	21,41	8,01	73,51	33,09	5,61	2,35	10,99	30,23	50,13
	3	22,67	7,53	69,45	31,93	5,34	2,63	11,14	34,94	53,56
	6	25,88	7,30	67,88	33,58	6,14	3,22	13,16	32,78	52,86
	9	27,36	7,54	60,19	28,22	5,64	4,03	10,34	37,54	60,00
120	0	24,97	8,07	72,12	30,99	6,06	2,49	9,70	32,28	48,05
	3	26,01	7,86	69,92	30,78	5,34	2,88	9,43	34,30	49,80
	6	27,33	7,12	66,83	30,55	5,43	3,60	12,66	33,78	52,15
	9	29,41	7,39	64,48	28,43	5,27	3,95	11,93	33,85	55,14
Estatística										
Média		21,01	8,91	67,93	31,41	4,68	3,27	9,52	40,22	60,36
CV		25,73	19,35	8,60	31,99	28,86	32,28	27,36	24,45	13,71
Probabilidades Estatísticas										
Corte										
	Linear (L)	0,0001	0,0001	0,0001	NS	0,0001	0,0216	0,0001	0,0001	0,0001
	Quadrática (Q)	0,0001	0,0001	NS	NS	NS	0,0348	0,0007	NS	NS
Polpa										
	Linear (L)	0,0001	0,0001	0,0001	NS	NS	0,0001	0,0494	0,0440	0,0001
	Quadrática (Q)	NS	0,0017	NS	NS	NS	NS	0,0311	NS	NS
Interação										
	Corte _L X Polpa _L	NS	NS	NS	NS	NS	0,0089	NS	NS	NS
	Corte _L X Polpa _Q	0,0275	0,0001	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Corte _Q X Polpa _L	NS	0,0157	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Corte _Q X Polpa _Q	NS	0,0001	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Os coeficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Lignina, Carboidratos Solúveis (CHOs), Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA), Poder Tampão (PT) e Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS), no experimento com silagem de capim-elefante encontram-se na tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis MS, PB, FDN, FDA, Lignina, CHOs, NIDA, PT e DIVMS, no experimento com silagem de capim-elefante

Variáveis	Coeficientes de Regressão						R^2
	Intercepto	Corte	Corte ²	Polpa	Polpa ²	Corte x Polpa	
MS	4,5878	0,17108	-	0,71556	-0,00358	-0,000841	0,9243
PB	19,4177	-0,2156	0,00102	-0,2357	0,01157	0,000338	0,9411
FDN	61,3065	0,10784	-	-1,11253	-	-	0,7540
FDA	-	-	-	-	-	-	-
Lignina	2,2179	0,03071	-	-	-	-	0,4199
CHOs	1,94914	0,00334	-	0,40448	-	-0,00212	0,6268
NIDA	-2,2196	0,23106	-0,00107	0,56237	-0,04916	-	0,5506
PT	54,1611	-0,20561	-	0,55805	-	-	0,3907
DIVMS	76,2471	-0,24719	-	0,86293	-	-	0,8466

Houve interação entre as variáveis idade de corte e nível de polpa cítrica para os teores de MS, sendo que à medida que aumentou a idade de corte da forrageira, elevou-se linearmente o teor de MS da silagem. Em relação ao nível de polpa a resposta foi curvilínea.

Os valores de MS obtidos para a silagem do presente experimento estão abaixo do nível de 30 a 40% citado por Silveira (1987), como necessários para garantir a produção de silagens de boa qualidade. Também foi observado no presente estudo que apenas as silagens oriundas da forrageira com 80 dias de crescimento aditivadas com 9% de polpa cítrica, 100 dias com 6% ou 9% de polpa e 120 dias com 3%, 6% ou 9% de polpa cítrica alcançaram

níveis de MS acima de 25%, limite recomendado por Faria (1986), como mínimo necessário para a ensilagem do capim-elefante.

Vários trabalhos de literatura, como de Faria, Tosi e Godoy (1972), com polpa de laranja fresca (20, 30, 40 ou 50%) e seca (5, 10, 15 ou 20%), Tosi et al. (1995), com melaço (4%) ou sabugo de milho (40%), Tosi et al. (1999), com farelo de milho ou de mandioca (5%), Herling et al. (1999), com sabugo de milho (20, 30 ou 40%), Ferrari Júnior e Lavezzo (2001), com farelo de mandioca (2, 4, 8 ou 12%), Moura et al. (2001), com cama-de-frango (10, 20 ou 30%) e melaço (3%), Bernardino et al. (2003), com casca de café (0, 10, 20, 30 ou 40%), Souza et al. (2003) também com casca de café (0; 8,7; 17,4; 26,1 ou 34,8 % de casca), Coelho et al. (2003), com fubá de milho (5%) ou rolão de milho (40%) e Rodrigues et al. (2005), com polpa cítrica peletizada (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 ou 15%), indicam uma elevação nos teores de MS das silagens com a aditivação. Nestes trabalhos as diferenças nos teores de MS estão condicionadas ao tipo de aditivo e à quantidade utilizada. Diferentemente dos trabalhos anteriores, Saran Netto et al. (2002), estudando o efeito de aditivos, como soro de leite (1 L/t), varredura de fábrica de ração (10% do material ensilado), polpa cítrica (10% do material ensilado) ou emurchecimento (6 horas), não verificaram efeitos destes aditivos no teor de MS nas silagens de capim-elefante, que apresentou teor médio próximo a 25%.

Em relação ao estágio vegetativo da forragem, Braga et al. (2001), analisando a composição químico-bromatológica das silagens de capim-elefante em 5 idades de corte (56, 70, 84, 98 ou 112 dias), observaram que o teor de umidade do capim-ensilado foi bastante elevado na idade de 56 dias (79,70%), reduzindo-se conforme a maturidade. Nas idades de 70, 84, 98 ou 112 dias, os teores de MS foram respectivamente 28,0; 35,0; 28,8; 28,6 ou 31,0%, respectivamente, estando acima dos valores observados no presente experimento. Já Pereira et al. (2000), estudando a variação da qualidade de folhas em cultivares de capim-elefante e híbridos de capim-elefante x milheto em função da idade da planta (30; 45; 60; 75 ou 90 dias),

concluíram que o teor de MS na forragem do capim-elefante pode variar em diferentes idades da planta, em função da proporção de folhas velhas e novas presentes em uma amostra. Observou-se que, a partir dos 60 dias de idade, vários cultivares apresentaram um período de maior expansão foliar e lançamento de perfilhos aéreos, provocando redução no teor de MS das amostras analisadas. Isso indica que o teor de MS no capim-elefante pode ser afetado não somente pela idade da planta, mas também pela taxa de emissão de folhas.

Para os teores de PB, pode-se observar o efeito de interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica, sendo quadrático para ambas as variáveis independentes. Os valores absolutos obtidos para este parâmetro foram considerados bons, com valores obtidos a partir de 7,12% até 12,43%, que são compatíveis com o nível mínimo de PB (7%), citado por Silva e Leão (1979), como sendo necessário para o bom funcionamento ruminal e conseqüente bom desempenho animal.

Rodrigues et al. (2005) também observaram efeito quadrático para proteína com a adição de polpa cítrica. Já Evangelista, Lima e Bernardes (2000), trabalhando com silagem de gramínea estrela roxa, concluíram que os maiores valores de PB foram observados nas silagens sem polpa (teor médio de 13,5%), em relação às silagens que foram acrescidas de polpa cítrica (teor médio de 12,8%). Rezende et al. (2003), em experimento com polpa cítrica e cama de frango em silagem de capim-elefante variedade Roxo, e Ávila et al. (2003a), trabalhando com capim Tanzânia acrescido de polpa cítrica, farelo de trigo ou fubá de milho, concluíram que a polpa cítrica não influenciou significativamente os teores de PB das silagens.

Os resultados do presente experimento concordam com os obtidos por Queiroz Filho, Silva e Nascimento (2000), que analisaram a produção de MS e qualidade do capim-elefante, cultivar roxo, em diferentes idades de corte, sendo verificadas reduções de maneira quadrática nos teores de PB com o aumento dos intervalos de corte, obtendo-se o maior teor (13,8%) aos

40 dias e o menor (6,1%) aos 100 dias. Porém difere dos encontrados por Deschamps (1999), que mediu, ao longo de 126 dias de crescimento, as principais modificações na composição química de cultivares de capim-elefante, por Pereira et al. (2000), que trabalharam com capim-elefante e híbridos de capim-elefante x milho, por Braga et al. (2001), que estudaram o capim-elefante cv. Cameron, por Vilela et al. (2001), que trabalharam com capim-elefante Paraíso, e por Soares et al. (2002), que analisaram o efeito da idade de corte do capim-elefante sobre a composição química da forragem. Estes autores obtiveram uma redução linear nos teores de PB com o aumento da idade da planta.

Não houve interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica para a variável FDN. Os teores de FDN das silagens foram reduzidos linearmente à medida que se elevou a adição de polpa cítrica, o que se explica pelo baixo teor de FDN deste aditivo (27,8%), em comparação ao teor observado para o capim-elefante (acima de 64,0%). Em relação ao estágio vegetativo, houve um aumento linear dos teores de FDN da silagem conforme elevou-se a idade de corte, variando de 67,5% para a silagem de capim aos 40 dias até 72,1% para a silagem de capim aos 120 dias de crescimento não adicionado de polpa. O aumento dos teores de FDN era esperado uma vez que ocorre espessamento da parede celular vegetal e redução do lume e conteúdo celular à medida que se eleva a idade de corte.

Os teores obtidos no presente experimento estão de acordo com os observados por Evangelista et al. (2001), que estudaram a aditivação com farelo de trigo ou polpa cítrica na ensilagem de coast-cross, por Crestana et al. (2001), que analisaram silagens de capim Tanzânia aditivadas com polpa cítrica, por Rodrigues et al. (2005), os quais analisaram o efeito de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa de silagem de capim-elefante, por Ávila et al. (2003b), estudando silagem de capim Tanzânia com diferentes aditivos (polpa cítrica, farelo de trigo ou fubá de milho), por Rezende et al. (2003), em experimento com diferentes níveis de polpa de laranja e cama de frango sobre silagem de

capim-elefante, por Bernardino et al. (2003), que trabalharam com silagem de capim-elefante aditivada com casca de café, e também por Souza et al. (2003), que trabalharam com silagem de capim-elefante aditivada com casca de café. Estes últimos estimaram uma redução de 0,31% no teor de FDN por unidade de casca adicionada.

Em relação ao estágio vegetativo, os resultados concordam com Deschamps (1999), que observou aumento no conteúdo de FDN à medida que se amplia o período de crescimento, com Queiroz Filho, Silva e Nascimento (2000), trabalhando com capim-elefante cultivar roxo e 4 idades de corte (40, 60, 80 ou 100 dias), com Vilela et al. (2001), que observaram o efeito da idade da planta (35 ou 140 dias) sobre a produção e valor nutritivo do capim-elefante Paraíso, com Braga et al. (2000), avaliando silagens de capim-elefante cv. Cameron em diferentes idades de corte (56, 70, 84, 98 ou 112 dias), onde observaram aumento de 1,45% no teor de FDN para cada acréscimo de 1 dia na idade da forrageira. Já Pereira et al. (2000), em experimento com capim-elefante cortado aos 30, 45, 60, 75 ou 90 dias, observaram que, de forma geral, a concentração de FDN aumentou com a idade da planta, havendo tendência de queda para este caráter, observada aos 75 ou 90 dias. Isto pode ser explicado pela presença de folhas novas na amostra analisada, fato não observado no presente experimento.

A análise de FDN estima a concentração total de celulose, hemicelulose e lignina da parede celular. Segundo Van Soest (1994), o teor de FDN é inversamente relacionado com a capacidade de consumo de MS, o que significa que quanto maior for este valor estimado, menor será a expectativa de consumo.

Não foi observado nenhum efeito da idade de corte ou do nível de polpa cítrica sobre os valores da variável FDA. Esperava-se um aumento nos teores de FDA com o aumento na idade de corte, pois, como já mencionado anteriormente, há um espessamento da parede celular com o avanço do estágio vegetativo da forrageira. A análise de FDA representa uma

estimativa do teor total de celulose e de lignina da amostra, sendo inversamente relacionada com a digestibilidade da MS. Sendo assim, valores menores de FDA indicam a presença de menor concentração de lignina na parede celular e, portanto, maior digestibilidade da MS (VAN SOEST, 1994).

Os resultados obtidos estão de acordo com os alcançados por Bernardino et al. (2003), estudando a composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes níveis de casca de café, e com Aquino et al. (2003), avaliando o valor nutritivo da silagem de capim-elefante com diferentes níveis de subproduto do maracujá (*Passiflora edulis*) os quais não observaram efeito dos aditivos nas respectivas silagens. Já Crestana et al. (2001) verificaram tendência de redução nos teores de FDA de 42,5% (0% de polpa) para 39,7% (5% de polpa) e 39% (10% de polpa). Também Fialho et al. (2003) encontraram um menor valor de FDA em silagem de milho aditivada com sorgo. Por outro lado, Pedreira et al. (2001), trabalhando com silagem de Tifton 85 ensilada com diferentes níveis de polpa (0, 5 e 10%), e Gonçalves et al. (2004), em experimento com silagem de capim-elefante com adição de diferentes níveis dos subprodutos da acerola, encontraram aumento nos teores de FDA nestas silagens.

Quando se levou em conta os teores de FDA em relação à idade de corte, Pereira et al. (2000), Queiroz Filho, Silva e Nascimento (2000) e Braga et al. (2001) concluíram que houve aumento evidente nos teores de FDA conforme o acréscimo no estágio vegetativo da forrageira.

Não houve efeito de interação entre idade de corte e nível de polpa cítrica para a variável lignina. Apenas a idade de corte apresentou efeito linear significativo para os teores de lignina, aumentando estes conforme o avanço do estágio vegetativo da forrageira. Este resultado era esperado, pois o acúmulo de MS ao longo do crescimento da planta é acompanhado do espessamento e do aumento de lignificação da parede celular, de forma mais

acentuada nas gramíneas, comprometendo assim sua qualidade como alimento para os ruminantes (ALVES DE BRITO et al., 1999).

Estes resultados concordam com os obtidos por Deschamps (1999), estudando as implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim-elefante, onde se observou que a maturação das plantas promoveu considerável acúmulo de lignina tanto nas folhas quanto no colmo, e por Braga et al. (2001), em experimento onde analisaram a qualidade da forragem e participação relativa na produção de MS de diferentes frações de cultivares de capim-elefante.

Rodrigues et al. (2005), analisando níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa da silagem de capim-elefante, puderam notar que, em relação à lignina, não foi observado efeito da inclusão de polpa. Entretanto, os mesmos autores (RODRIGUES et al., 2004a), em trabalho com adição de inoculante microbiano e polpa cítrica em silagem de alfafa, observaram que a adição de polpa aumentou o teor de lignina. Segundo os autores, isto ocorreu provavelmente em decorrência de um erro de técnica, em que a pectina precipitaria na presença de solução de detergente ácido. Estes autores comentam ainda que o tratamento seqüencial com solução de detergente neutro, seguido pelo tratamento com detergente ácido, parece ser recomendado para determinação da lignina em alimentos ricos em pectina. Já Crestana et al. (2001) observaram tendência na redução do teor de lignina nos tratamentos com inclusão de polpa, como efeito da diluição desse composto na silagem de capim-Tanzânia. Por outro lado, Bernardino et al. (2003), em trabalho com capim-elefante aditivado com casca de café, concluíram que os teores de lignina aumentaram linearmente, o que pode ser atribuído ao maior teor de lignina da casca adicionada no momento da ensilagem (14,1%) em comparação ao capim (7,6%). Rodrigues et al. (2002), analisando a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante obtida em diferentes tipos de silos experimentais e no silo tipo trincheira, notaram que para o parâmetro lignina, as

silagens produzidas em silos experimentais, como baldes e sacos plásticos, representam bem aquelas produzidas em silos comerciais.

Houve efeito de interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica para a variável carboidratos solúveis residuais, sendo linear para ambas, havendo aumento considerável conforme a elevação na porcentagem de aditivo somada à forrageira. A presença de polpa cítrica aumentou os teores de carboidratos solúveis residuais, o que era esperado, uma vez que o aditivo é rico neste nutriente e, apesar da baixa concentração de carboidratos nos tratamentos estudados, proporcionaram silagem de qualidade satisfatória. Deve-se considerar que os valores finais de carboidratos solúveis representam a soma dos carboidratos solúveis inicialmente presentes e aqueles liberados durante o período de armazenamento da forragem, subtraídos do que foi fermentado (RODRIGUES et al., 2004b).

A fração carboidratos solúveis é composta principalmente por glucose, frutose e pequena presença de sacarose no capim-elefante (TOSI et al., 1983). Segundo Vilela (2004), o teor de carboidratos na forragem a ser ensilada pode ser afetado por fatores como radiação solar no dia do corte, extensão do período de emurchecimento, exposição à chuva no campo e fechamento do silo.

Os valores de pH encontrados no presente experimento podem ser considerados baixos (Tabela 5). Esses resultados sugerem que as quantidades de carboidratos solúveis foram suficientes para promover a queda do pH e, conseqüentemente, favorecer a fermentação do material ensilado, uma vez que os teores de MS foram baixos. O capim-elefante, embora possua cultivares com teores de carboidratos solúveis acima de 16% na MS, como é o caso do Taiwan A-148, vem propiciando silagens razoáveis, mesmo com taxas de carboidratos solúveis abaixo dos 13 a 15% (MACHADO FILHO; MÜHLBACH, 1986).

Estes resultados parecem concordar com os obtidos por de Faria, Tosi e Godoy (1972), onde a mistura de polpa de laranja com o capim a ser ensilado aumentou significativamente o

teor de carboidratos solúveis, uma vez que o aditivo é um produto bastante rico neste ingrediente. Tosi et al. (1995), analisando a ensilagem do capim-elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos, concluíram que o teor de carboidratos solúveis da silagem testemunha (sem aditivo) foi de 7,1%, o que pode ser considerado baixo e insuficiente para uma boa fermentação láctica. Embora baixo, este valor foi superior a todos os valores obtidos no presente estudo. Com a incorporação de 4% de melão, o teor de carboidratos solúveis foi elevado para 12,8%, o que pode ser considerado satisfatório para ensilagem. Também Pedreira et al. (2001), em silagem de Tifton 85 com 44 dias de rebrota, aditivada ou não com polpa cítrica (5 ou 10%), emurchecida ou não, concluíram que o emurchecimento e a adição de polpa acarretaram o aumento nos teores de carboidratos solúveis da silagem. Bernardes (2003), estudando o perfil fermentativo e microbiológico do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha Stapf* cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada, observou que o teor de carboidratos solúveis das silagens foi influenciado pela adição de polpa, havendo pequeno aumento conforme foram adicionadas quantidades crescentes de polpa cítrica peletizada, o que possibilitou maior quantidade de substrato para os organismos presentes na silagem. Os mesmos resultados foram obtidos por Rodrigues et al. (2005) com silagem de capim-elefante, onde a adição de polpa cítrica, com seu elevado teor de carboidratos solúveis (26,0% da MS), propiciou aumento linear da concentração destes na massa ensilada. Também Ávila et al. (2003a) encontraram um aumento no teor de carboidratos solúveis para a forragem adicionada de doses crescentes de polpa cítrica. Já a adição de farelo de trigo praticamente não alterou essa concentração, enquanto que para o fubá de milho foi observada pequena redução nos teores de carboidratos solúveis. Por outro lado, Onselen e Lopez (1988), estudando o efeito de adição de fontes de carboidratos (fubá ou farinha de mandioca) na composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante, chegaram a conclusão que os aditivos não contribuíram com grande quantidade de substrato para a fermentação láctica.

As variáveis idade de corte e nível de polpa cítrica não apresentaram efeito de interação entre si para a variável NIDA. O efeito apresentado foi curvilíneo para ambas em relação aos teores de NIDA. Este resultado é, provavelmente, decorrente do processo de aquecimento da silagem, como proposto por Mir, Jan e Robertson (1995), fenômeno que deve ter ocorrido nas silagens com elevados níveis de polpa, possivelmente em função da elevação do teor de MS ou, então, baixa disponibilidade de água livre.

Os teores de NIDA refletem a ocorrência da reação de Maillard ou de caramelização, a qual promove a complexação do nitrogênio à fibra, especialmente à hemicelulose, levando à diminuição do valor nutritivo da silagem através da indisponibilização daquele nutriente para o aproveitamento pelo animal (RODRIGUES et al., 2005; VAN SOEST, 1994; VILELA, 1998).

Os valores encontrados estão de acordo com os obtidos por Rodrigues et al. (2005) em experimento com silagem de capim-elefante aditivada com níveis crescentes de polpa cítrica, onde observaram comportamento quadrático para os teores de NIDA à medida que foi aumentada a inclusão de polpa. Até o nível de inclusão de 4,7% foi observada queda no teor de NIDA. Porém acima deste, os valores aumentaram, sugerindo que o acréscimo de polpa cítrica nas silagens promove aumento de frações indigeríveis, como o NIDA. Peres (1997), avaliando a adição de polpa cítrica na ensilagem de capim-elefante, encontrou nas silagens aditivadas com polpa níveis de NIDA significativamente mais elevados que os determinados para a testemunha e os demais tratamentos. Também Souza et al. (2003) e Bernardino et al. (2003), em experimentos utilizando casca de café como aditivo da silagem de capim-elefante, concluíram que a adição da casca de café elevou os teores de NIDA linearmente. O aumento nos teores de NIDA em relação aos teores de nitrogênio total (NT) pode ser explicado pelos maiores valores de NIDA/NT da casca de café em relação ao capim-elefante no momento da ensilagem. O alto teor de NIDA da casca de café é, provavelmente, consequência do

aquecimento excessivo sofrido durante a secagem e beneficiamento do grão de café. Por outro lado, Fialho et al. (2003), estudando silagem de milho (*Penissetum americanum*) com adição de grão de sorgo e inoculante microbiano, observaram que o teor de NIDA foi significativamente menor para a silagem com adição de sorgo. Provavelmente, o aumento do teor de MS, ocasionado com adição de grãos de sorgo, contribuiu para melhor compactação e menor presença de oxigênio residual e, conseqüentemente, em menor aquecimento da massa ensilada. Finalmente, Reis et al. (2003) não observaram diferenças nos conteúdos de nitrogênio ligado à fração fibrosa das silagens. Contudo, registraram maiores valores desses compostos com o prolongamento da exposição ao ar. Essas frações tendem a aumentar devido ao aquecimento observado dentro do silo após a sua abertura, em decorrência da atividade de microrganismos aeróbios.

Rodrigues et al. (2002) chegaram à conclusão que os teores de NIDA obtidos em silagens produzidas em silos experimentais, como baldes e sacos, representam bem aquelas produzidas em silos comerciais.

Não houve efeito de interação entre a idade de corte do capim e o nível de inclusão de polpa, apresentando apenas efeito linear para ambas em relação ao poder tampão (PT), sendo que houve diminuição do poder tampão conforme o aumento no estágio vegetativo da forrageira e aumento do poder tampão conforme elevou-se os níveis de polpa cítrica. O poder tampão das forrageiras tropicais é relativamente alto, estando em função da quantidade de ácidos orgânicos presentes nas forragens. Estes ácidos agem impedindo a queda do pH da massa ensilada (VILELA, 2004). Segundo Lavezzo (1994), o capim-elefante quando ensilado ainda novo, como a maioria das forrageiras tropicais, apresenta poder tampão mais elevado, quando comparado com estágio vegetativo mais avançado.

Rodrigues et al. (2004a), trabalhando com silagem de alfafa adicionada de polpa cítrica, concluíram que as silagens tratadas com polpa apresentaram os maiores níveis de

ácido láctico e as menores capacidades tampão, apesar dos menores teores de ácido acético, provavelmente por um efeito da pectina.

Herling et al. (2000), avaliando o capim-elefante submetido a diferentes tratamentos e ensilado em mini-silos, puderam observar que o poder tampão da silagem para os tratamentos com fubá (5%) e rolão de milho (40%) foram da ordem de 20,6 e 26,7% menores que o tratamento controle (capim picado) o que possibilitou melhores condições de fermentação confirmadas pelos baixos valores de pH e bons valores de DIVMS. Estes resultados foram melhores que os obtidos por Tosi et al. (1995), que trabalharam com capim-elefante não ensilado com melaço (4%), sabugo de milho (40%) ou emurchecido. Nesse estudo o poder tampão apresentou valores elevados para todos os tratamentos, exceto quando se adicionou o sabugo de milho, provavelmente por causa da falta de substâncias tamponantes.

Evangelista et al. (2001), em experimento com silagem de coast-cross aditivadas com farelo de trigo ou polpa cítrica (0; 5; 10 e 15%), observaram valores superiores de poder tampão quando utilizaram farelo de trigo, ou seja, 20,6 mgHCl/100g MS (utilizado na proporção de 15%), enquanto para polpa constatou-se 15,0 mgHCl/100g MS (valor médio). Lima et al. (2001), utilizando a sacharina ou o fubá como aditivos na silagem de coast-cross, concluíram que os aditivos contribuíram para o aumento do poder tampão, sendo que os valores variaram de 11,7 a 18,4 mgHCl/100g MS.

Aumentos na capacidade tamponante contribuem para dificultar o rápido abaixamento do pH.

Em relação à digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), não houve interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica, sendo que ambas, apresentaram resposta linear. Houve aumento linear crescente na digestibilidade da matéria seca com a diminuição da idade do capim e com o aumento no nível de polpa cítrica (Figura 1).

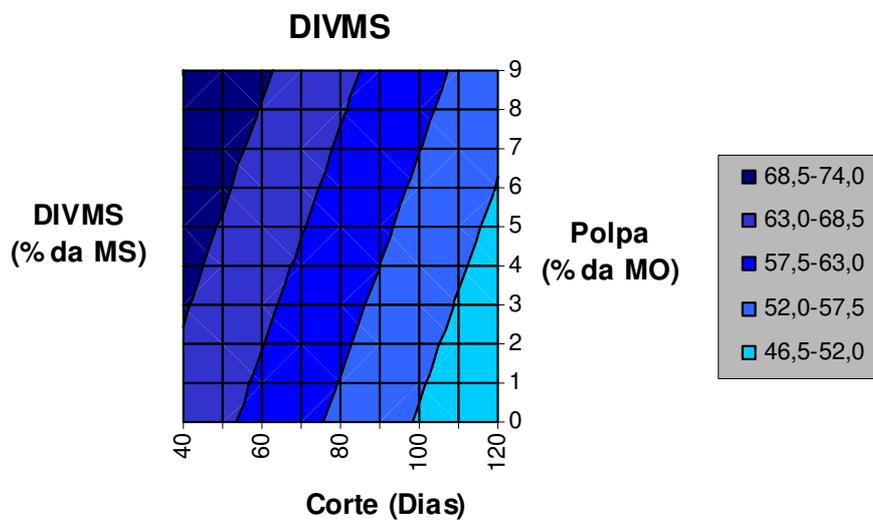
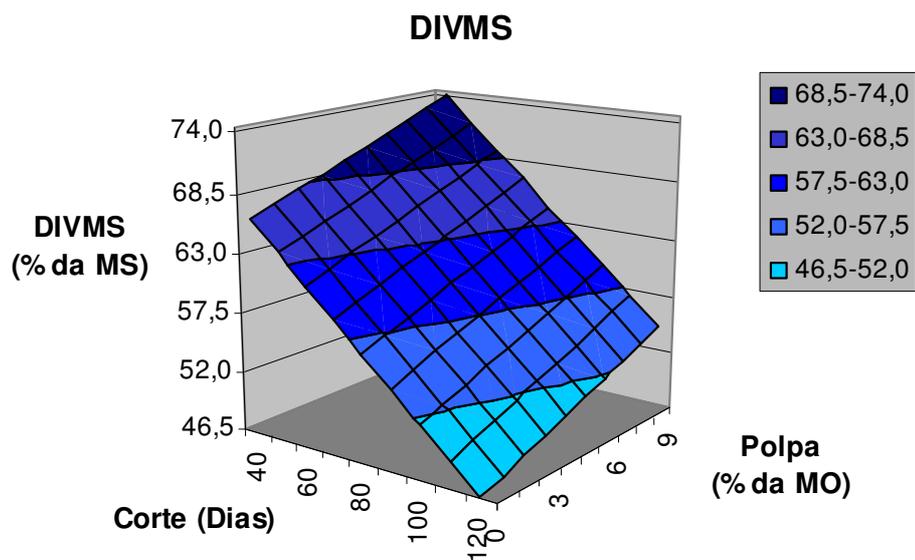


Figura 1 – Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre a DIVMS (%) em silagem de capim-elefante

Os resultados estão de acordo com os esperados uma vez que a digestibilidade de gramíneas é marcadamente diminuída com o avanço do estágio vegetativo, devido ao incremento nas concentrações de FDN e lignina e redução nos teores de PB. Também estão de acordo em virtude dos altos coeficientes de digestibilidade da polpa cítrica que, segundo Carvalho (1996), é de 78,6%. No presente experimento, as silagens de capim-elefante, sem adição de polpa, apresentaram no máximo 65,9% de DIVMS, aos 40 dias de idade de corte, diminuindo para 48,1% aos 120 dias de corte. Estes resultados parecem compatíveis com outros trabalhos encontrados na literatura que têm demonstrado diminuição na digestibilidade da MS com o avanço da maturidade fisiológica da forrageira (CAMPOS; LANA; BOSE, 2002; DESCHAMPS, 1999).

À medida que a planta envelhece, a proporção dos componentes potencialmente digestíveis tende a diminuir e a de fibras a aumentar (QUEIROZ FILHO et al., 1998). Isso pode ser observado no trabalho de Alves de Brito et al. (1999), com anatomia quantitativa e degradação *in vitro* de tecidos de cultivares de capim-elefante, onde o espessamento e a lignificação da parede celular ocorreram com o envelhecimento das plantas, acompanhado de redução na área de degradação dos tecidos. Vilela et al. (2001), estudando o efeito da idade da planta (rebrotas com 35, 70, 105 e 140 dias) sobre a produção e o valor nutritivo do capim-elefante Paraíso, encontraram diminuição nos teores de PB e DIVMS de 19,2% para 9,1% e de 66,5 % para 50,2% respectivamente, quando a idade passou de 35 para 140 dias. Também Soares et al. (2002), trabalhando com capim-elefante cortado com 35, 45 ou 60 dias de crescimento, observaram redução nas percentagens de PB (11,4; 10,5 e 9,1), aumento nas percentagens de FDN (62,9; 65,5 e 70,1), com conseqüente diminuição na DIVMS (58,7; 57,7 e 55,2).

Em relação à adição de polpa cítrica, Peres (1997), avaliando o capim-elefante ensilado com diferentes níveis deste aditivo (0, 5, 10 ou 15%), além de um tratamento com

fubá de milho (10%) como termo de comparação, constatou aumento da digestibilidade da MS (53,8; 56,1; 60,7; 62,4 e 64,9), respectivamente, para os tratamentos com 0, 5, 10, 15% de polpa ou 10% de fubá e no teor de NDT (52,9; 55,2; 59,5; 60,9 e 65,7%) com a aditivação.

Rodrigues et al. (2005) estudaram os efeitos da adição de polpa cítrica (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 ou 15,0% com base na matéria fresca) sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante apresentando 90 dias de crescimento e encontraram aumento linear na DIVMS com a inclusão da polpa cítrica, provavelmente em virtude dos altos coeficientes de digestibilidade da MS deste sub-produto. Também Rodrigues et al. (2004a), trabalhando com adição de inoculante microbiano em silagem de alfafa adicionada de polpa cítrica, puderam concluir que a adição de polpa aumentou significativamente os coeficientes de digestibilidade do material ensilado, o que era esperado, uma vez que a polpa cítrica apresenta, segundo Carvalho (1996), digestibilidade de 78,6%, superior a planta de alfafa que apresentou digestibilidade de 71,25% no experimento.

Bernardes et al. (2003) avaliaram as características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada, onde a utilização do aditivo aumentou os teores de PB, N-FDN, NIDA e reduziu os teores dos constituintes da parede celular, aumentando também os coeficientes de DIVMS. Já Reis et al. (2003) demonstraram que os teores dos componentes da fração fibrosa e a DIVMS das silagens de capim Tifton 85 não foram afetados pela adição de polpa cítrica, mas apresentaram-se baixos, sendo tal fato relacionado à alta proporção de NIDA e de componentes da fração fibrosa, confirmando os dados de Van Soest (1994).

Os efeitos da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de álcool, ácidos orgânicos, (Acético, Propiônico, Butírico e Láctico), relação láctico/acético, pH, nitrogênio amoniacal e perdas de MS, no experimento com silagens de capim-elefante encontram-se na tabela 5.

Tabela 5 - Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de álcool e ácidos orgânicos (Acético, Propiônico, Butírico e Láctico), em % da MS, relação láctico/acético, pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), em % do nitrogênio total, perdas de MS, em %, coeficiente de variação (CV), e probabilidades estatísticas no experimento com silagem de capim-elefante

Tratamentos		Variáveis								
Corte	Polpa	Álc.	Acé.	Prop.	But.	Lát.	Rel.	pH	N-NH ₃	Perdas
Combinções										
40	0	1,70	4,45	0,175	0,012	15,13	3,43	3,65	11,01	37,36
	3	1,73	3,17	0,039	0,008	11,44	3,67	3,79	6,58	25,23
	6	2,16	2,87	0,004	0,026	11,36	4,13	3,81	3,24	27,56
	9	1,92	2,02	0,005	0,030	12,35	6,18	3,67	3,12	27,56
60	0	0,99	3,80	0,020	0,005	6,30	1,71	4,09	14,05	2,97
	3	1,28	1,83	0,004	0,006	11,80	6,68	3,56	7,77	4,91
	6	1,30	1,88	0,001	0,008	12,76	7,21	3,50	7,65	7,52
	9	1,22	1,55	0,008	0,007	12,32	8,24	3,56	6,91	9,99
80	0	0,99	2,17	0,007	0,007	9,09	4,35	3,69	11,20	3,45
	3	0,91	1,49	0,006	0,011	9,00	6,19	3,55	9,08	5,18
	6	0,97	1,38	0,001	0,012	9,55	6,97	3,53	7,70	5,30
	9	0,88	1,25	0,001	0,012	10,49	8,30	3,54	5,97	2,81
100	0	0,49	2,37	0,008	0,003	7,62	3,29	3,99	12,74	5,14
	3	0,77	2,06	0,002	0,006	8,09	3,97	3,72	9,14	8,32
	6	1,11	1,79	0,000	0,011	9,93	5,67	3,64	7,91	2,90
	9	0,88	1,60	0,004	0,008	8,84	5,53	3,69	6,68	4,82
120	0	0,82	1,59	0,007	0,005	7,97	5,09	3,69	9,42	3,32
	3	0,81	1,70	0,005	0,006	8,60	5,11	3,65	7,97	6,68
	6	0,60	1,60	0,002	0,006	9,00	5,67	3,64	7,34	9,04
	9	0,97	1,58	0,001	0,005	9,54	6,11	3,77	6,17	7,84
Estatística										
Média		1,12	2,07	0,011	0,009	10,10	5,43	3,69	8,08	9,99
CV		44,16	40,56	280,2	81,76	27,29	39,56	5,07	35,37	113,2
Probabilidades Estatísticas										
Corte										
Linear (L)		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	NS	NS	0,0002	0,0001
Quadrática (Q)		0,0001	0,0001	0,0001	0,0011	0,0276	0,0246	0,0469	0,0001	0,0001
Polpa										
Linear (L)		0,0168	0,0001	0,0001	0,0001	0,0017	0,0001	0,0001	0,0001	NS
Quadrática (Q)		NS	0,0006	0,0001	NS	NS	NS	0,0020	0,0001	NS
Interação										
Corte _L X Polpa _L		NS	0,0001	0,0001	0,0002	NS	0,0112	NS	0,0001	NS
Corte _L X Polpa _Q		NS	0,0128	0,0001	NS	NS	NS	NS	0,0025	0,0041
Corte _Q X Polpa _L		NS	NS	0,0001	0,0326	0,0159	0,0110	0,0003	NS	NS
Corte _Q X Polpa _Q		NS	NS	0,0001	NS	NS	0,0135	0,0057	NS	NS

Os coeficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis álcool, ácidos orgânicos, (Acético, Propiônico, Butírico e Lático), relação lático/acético, pH, nitrogênio amoniacal e perdas de MS, no experimento com silagens de capim-elefante encontram-se na tabela 6.

Tabela 6 – Coeficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis Álcool, Ácidos Acético, Propiônico, Butírico e Lático, Relação Lático/Acético, pH, N-NH₃ e Perdas de MS, no experimento com silagem de capim-elefante

Variáveis	Coeficientes de Regressão						R^2
	Intercepto	Corte	Corte ²	Polpa	Polpa ²	Corte x Polpa	
Álcool	3,5060	-0,05457	0,00026	0,02183	-	-	0,6762
Acético	5,2344	-0,03037	-	-0,5087	0,013738	0,003100	0,6737
Propiônico	0,1955	-0,00327	0,000014	-0,02045	0,000696	0,000135	0,4947
Butírico	0,0250	-0,00048	0,0000027	0,002406	-	-0,000020	0,4865
Lático (Log)	18,1925	-0,17891	0,00075	-0,00583	-	0,002227	0,3339
Relação L/A	-2,3822	0,13962	-0,00072	0,84272	-0,01717	-0,004125	0,3894
pH	4,1266	-0,00790	0,000045	-0,07905	0,00531	0,00016	0,2133
NH ₃	12,3149	-0,00907	-	-1,75328	0,07158	0,00591	0,6851
Perdas	30,4342	-0,25439	-	-1,11581	0,06567	0,00779	0,3140

Para a variável álcool não houve interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica, sendo que a idade de corte causou resposta curvilínea e o nível de polpa cítrica uma resposta linear, aumentando os teores com a elevação nos níveis do aditivo (Figura 2).

O aumento do álcool em função do aumento dos níveis de polpa cítrica é uma indicação de que houve uma rápida acidificação da silagem. Chamberlain (1987) postulou que a rápida acidificação durante as primeiras fases da fermentação poderia favorecer o desenvolvimento de leveduras não sensíveis ao baixo pH que promoveriam a fermentação de açúcares residuais a etanol.

Segundo Balsalobre, Nussio e Martha Júnior (2001), quando ocorre produção de álcool ocorre um aumento considerável de perdas por gases, sendo esse tipo de fermentação promovido por bactérias heterofermentativas, por enterobactérias e por leveduras.

Os efeitos encontrados no presente experimento diferem dos obtidos por Rodrigues et al. (2005), estudando níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e valor nutritivo da silagem de capim-elefante, onde encontraram que a concentração de etanol foi afetada significativamente pela inclusão de polpa. Esta resposta foi do tipo quadrática, sendo que a menor concentração de etanol, encontrada pela derivação da equação, foi obtida quando a adição da polpa cítrica foi negativa (-3,72%).

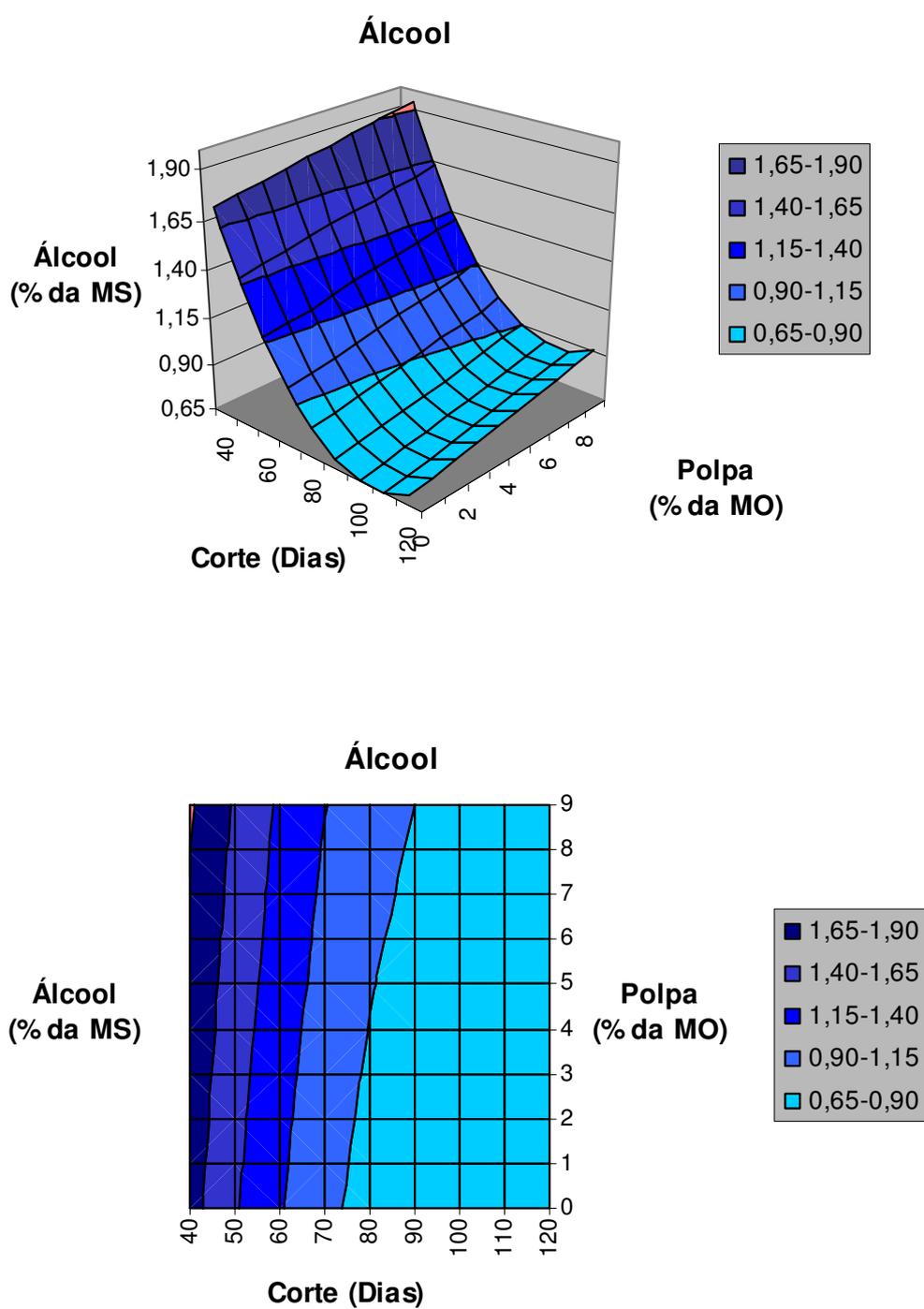


Figura 2 – Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de álcool (% da MS) em silagem de capim-elefante

Observou-se interação entre a idade de corte do capim e o nível de inclusão de polpa cítrica para a variável concentração de ácido acético (% da MS), sendo esta interação linear para a idade do capim, diminuindo com o avanço da idade, e curvilínea para o nível de polpa (Figura 3).

De acordo com McDonald, Henderson e Heron (1991), a elevada produção de ácido acético é indício da atuação de enterobactérias, que ocorre durante os estádios iniciais da fermentação da silagem, competindo com as bactérias lácticas por nutrientes. Segundo esses autores, o mecanismo de fermentação das enterobactérias é semelhante ao das bactérias heterofermentativas, ocasionando perdas de MS e pequenas perdas de energia. Mahanna (1997) afirmou que níveis de ácido acético acima de 0,8% da MS indicam alterações indesejáveis ocorridas durante o processo de ensilagem.

Os resultados do presente estudo concordam com os obtidos por Rodrigues et al. (2005) que encontraram resposta do tipo quadrática para a variável ácido acético em relação à adição de polpa cítrica sobre a silagem de capim-elefante, sendo que a menor concentração para o ácido acético foi obtida com o nível de inclusão de polpa igual a 7,8%.

Schoken-Iturrino et al. (2005), estudando o efeito do emurchecimento (0, 1 ou 2 horas) ou adição de polpa cítrica (5,0% do peso verde) sobre alterações químicas e microbiológicas na silagem de capim Tifton 85 após a abertura dos silos, observaram redução nos teores de ácido acético com o aumento nos teores de matéria seca, em decorrência do emurchecimento e da aditivização.

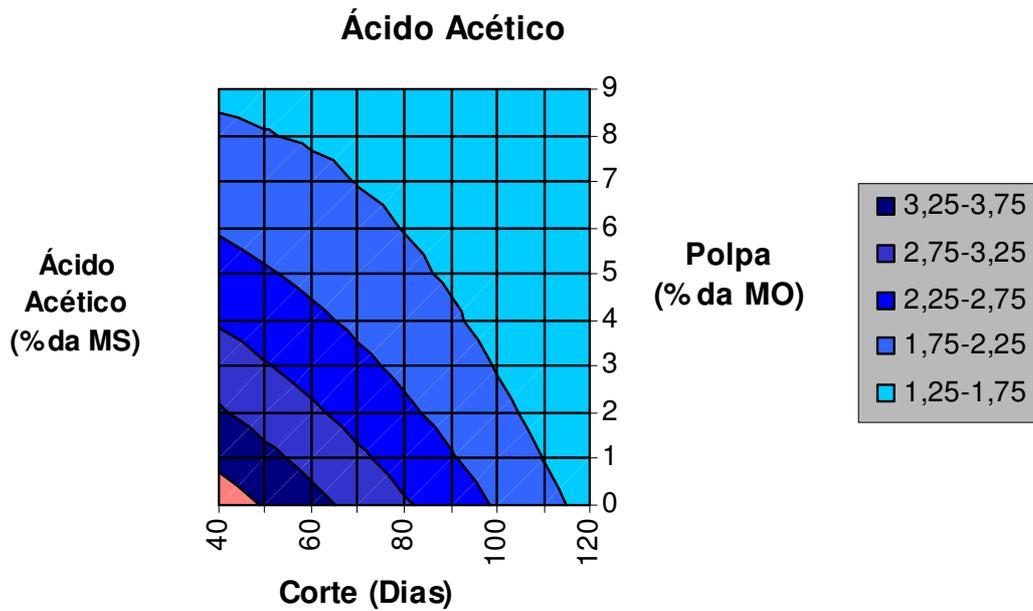
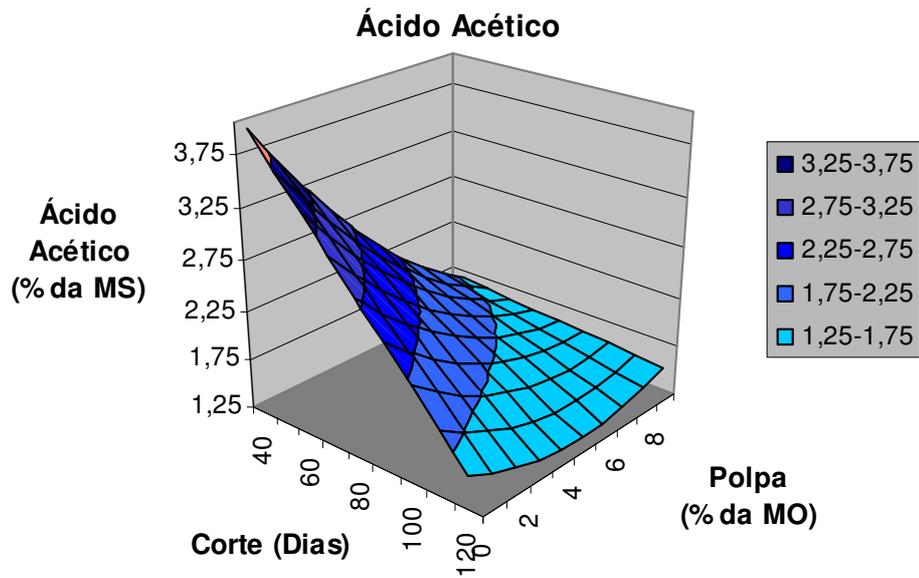


Figura 3 – Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de ácido acético (% da MS) em silagem de capim-elefante

Por outro lado, Yang et al. (2004), em um estudo que avaliou as características fermentativas e a contagem de fungos em silagens de capim-elefante preparadas sem e com adição de farinha de milho (quirera) crua ou torrada, puderam observar diminuição nas concentrações do ácido acético em resposta à suplementação com milho. Também Rodrigues et al. (2004a), trabalhando com adição de inoculantes microbianos e polpa cítrica em silagem de alfafa, concluíram que a adição do inoculante Silobac, bem como da polpa cítrica, reduziu significativamente a produção de ácido acético. Já Ferrari Jr. e Lavezzo (2001) não encontraram diferenças significativas entre as porcentagens de ácido acético para silagens de capim-elefante emurhecida ou acrescida de farelo de mandioca.

O ácido acético foi escolhido para a criação de um índice de inclusão de polpa em função do teor de umidade do capim. O ácido acético foi escolhido por ser um importante ácido no processo fermentativo da silagem, por ter sido observado alta variabilidade de resposta com valores de ácido acético acima e abaixo do recomendado por Mahanna (1997) e também porque o efeito quadrático para polpa e linear para idade de corte permitiu a determinação de ponto ótimo para ácido acético em relação aos níveis do aditivo em diferentes estádios fisiológicos.

Com base na equação de superfície obtida, foi possível calcular, através de derivação matemática, o nível ótimo de inclusão de polpa cítrica peletizada (NOP), que resultaria na menor concentração de ácido acético da silagem, para cada idade de corte do capim (Figura 4). Quando esses dados de NOP foram regredidos, não em função da idade de corte, mas sim em função do teor de umidade do capim (UC) associado para cada idade de corte, obteve-se a seguinte equação de regressão: $NOP = -48,591 + 0,717UC$ ($R^2 = 0,9977$). Isso significa que para se obter a mínima concentração de ácido acético na silagem deve-se adicionar 0,717% de polpa cítrica (com base na matéria original do capim) para cada unidade percentual de umidade do capim. Significa também que não se recomenda adicionar polpa cítrica ($NOP = 0$)

quando o capim possuir menos do que 67,77% de umidade (se $NOP = 0$, então $0 = -48,591 + 0,717UC \Rightarrow UC = 67,77\%$), o que corresponde a 32,23% de matéria seca.

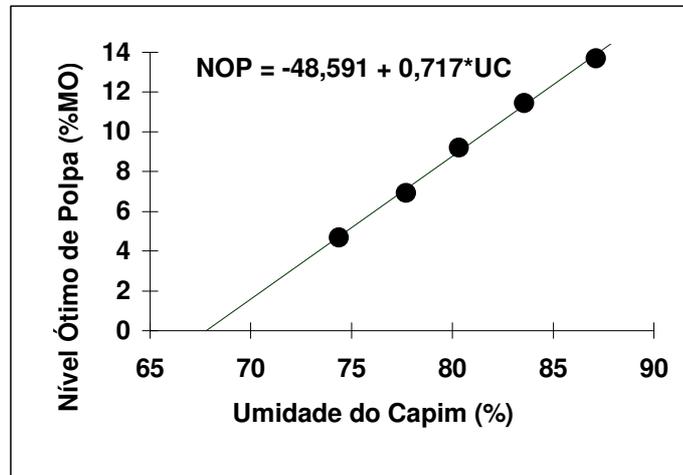


Figura 4 - Relação entre o Nível Ótimo de Polpa Cítrica Peletizada (% da matéria original do capim) e o teor de umidade do capim elefante (em %)

Simplificando a equação, conclui-se que se recomenda adicionar aproximadamente 0,7% de polpa cítrica peletizada para cada unidade percentual de matéria seca que o capim possuir abaixo de 32,0% de MS, ou seja, $NOP = (32 - MS) \times 0,7$. Exemplificando, capins que possuam 15%, 20% ou 25% de matéria seca devem receber quantidades de polpa cítrica peletizada iguais a 11,9% $[(32-15) \times 0,7]$, 8,4% $[(32-20) \times 0,7]$ ou 4,9% $[(32-25) \times 0,7]$, respectivamente, da matéria original do capim. Neste trabalho, preferiu-se apresentar o nível de inclusão de polpa cítrica peletizada em função da matéria original do capim de forma a facilitar o trabalho do técnico de campo e evitar erros nos cálculos. Deve-se considerar também que esse nível de inclusão de polpa serve quando este subproduto apresentar por volta de 90% de MS, que é o valor de MS mais encontrado no mercado. Teores de MS da polpa muito diferentes de 90% exigirão correções na recomendação do nível de inclusão de polpa.

Para a variável ácido propiônico houve interação entre idade de corte e nível de polpa cítrica, sendo que ambos efeitos apresentaram uma resposta curvilínea para esta variável.

Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), alguns microrganismos, como espécies de bactérias ácido propiônicas (*Propionibacterium sp*) e o *Clostridium propionicum*, são provavelmente responsáveis pela produção de ácido propiônico nas silagens, sendo que o último produz ácido propiônico pela redução direta do ácido láctico.

Os valores de ácido propiônico obtidos no presente experimento foram baixos (média de 0,01%) e concordam com o trabalho de Ferrari Júnior e Lavezzo (2001), onde avaliando a qualidade da silagem de capim-elefante emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca, concluíram que os teores de ácido propiônico, com variações de 0,09 a 0,14% na matéria seca, foram baixos, não ocorrendo diferenças estatísticas entre os diversos tratamentos (2, 4, 8 ou 12% de farelo de mandioca), quando comparados ao emurhecimento. Também foram observados baixos teores de ácido propiônico nas silagens de capim Tifton 85 emurhecida ou não e que receberam ou não polpa cítrica (5% da MV), não se verificando efeito definido dos conteúdos de MS obtidos com os diferentes tratamentos (SCHOKEN-ITURRINO et al., 2005).

Rocha Júnior et al. (2000), estudando a produção de ácidos orgânicos das silagens de 7 genótipos de sorgo, concluíram que o teor do ácido propiônico esteve correlacionado positivamente com os níveis de PB e DIVMS indicando ser um inibidor microbiano efetivo. O ácido propiônico também apresenta efeito benéfico inibindo a deterioração aeróbia que ocorre na silagem (WOOLFORD, 1984).

Para a variável ácido butírico houve interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica, sendo que a idade de corte apresentou uma resposta curvilínea e o nível de polpa cítrica uma resposta linear, aumentando a produção do ácido butírico conforme o aumento no nível de polpa cítrica. Porém, para o ácido butírico o aumento foi mais pronunciado conforme diminuía a idade de corte do capim. Todos os valores de ácido butírico encontrados no

presente trabalho são muito baixos (média de 0,01%), o que indica que não houve desenvolvimento de microrganismos indesejáveis em número suficiente nas silagens.

Na produção de silagens de gramíneas tropicais, as maiores fontes de perdas por produção de gases estão relacionadas às fermentações butíricas, pois, como mencionado, as características da planta e de manejo da produção desse tipo de ensilagem levam a um ambiente propício ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* (BALSALOBRE; NUSSIO; MARTHA JUNIOR, 2001). Woolford (1984) preconizou que para que as silagens fossem caracterizadas como de boa qualidade, estas deveriam apresentar níveis de ácido butírico menor que 0,2% na MS. A produção de ácido butírico implica na diminuição do valor nutritivo das silagens, uma vez que promove o catabolismo de aminoácidos e a perda de energia resultante da produção de hidrogênio (NARCISO SOBRINHO, 1998). Gastam-se 2 mols de ácido láctico para se produzir 1 mol de ácido butírico, e liberam-se 2 mols de CO₂ e 2 mols de H₂O, o que implica em perdas de MS (MCDONALD; HENDERSON, 1981).

Os dados do presente trabalho concordam com o estudo do efeito da polpa de laranja fresca ou seca como aditivo para ensilagem do capim-elefante, realizado por de Faria, Tosi e Godoy (1972), onde puderam observar que a adição de polpa seca praticamente eliminou o desenvolvimento de fermentações butíricas. Já Rodrigues et al. (2005), trabalhando com níveis de polpa cítrica peletizada de 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 ou 15,0%, com base na matéria verde da silagem de capim-elefante, concluíram que a menor produção de ácido butírico foi observada com o nível de inclusão de 7,2% de polpa cítrica, embora a inclusão de 5,0% deste produto já possibilitasse a redução na concentração deste ácido. A produção de ácido butírico foi baixa em todos os tratamentos, sendo os valores obtidos próximos a zero, o que, segundo Silveira (1987), é indicativo de que as transformações desejáveis ocorreram dentro da massa ensilada. Este resultado possivelmente indica que as bactérias do gênero *Clostridium*, que são as principais produtoras de ácido butírico, exigem maior atividade de água (MCDONALD;

HENDERSON, 1981), ocorrendo, provavelmente, essa inibição nas silagens com alto teor de MS.

Tosi et al. (1989), em avaliação química e microbiológica da silagem de capim-elefante preparada com bagaço de cana-de-açúcar nas proporções de 0; 10; 20; 30 ou 40%, concluíram que, embora com alto teor de ácido láctico e com pH abaixo de 4,0, as silagens produzidas com 10 e 20% de bagaço de cana-de-açúcar foram consideradas de qualidade insatisfatória, dado que o teor de ácido butírico foi superior a 0,2% (e a relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total, superior a 15%).

Para o ácido láctico houve interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica, sendo que a idade de corte apresentou resposta curvilínea e o nível de polpa cítrica resposta linear, aumentando a produção do ácido láctico conforme o aumento no nível do aditivo (Figura 5).

Todos os tratamentos apresentaram valores superiores a 3% de ácido láctico, o que caracteriza uma silagem de boa qualidade (VILELA, 1998). É importante destacar que houve diminuição na produção de ácido láctico conforme o aumento do teor de matéria seca, resultado no avanço do estado fisiológico. Isso se explica, provavelmente, pelo fato de ser necessário menor quantidade de ácido láctico para bloquear a continuidade do processo fermentativo, em situações onde a osmolaridade do meio for maior.

Segundo Kung Júnior e Shaver (2001), o ácido láctico deve ser o ácido primário em uma boa silagem. Este ácido é mais forte que os outros ácidos da silagem (acético, propiônico e butírico) e é um dos principais responsáveis pela rápida queda e manutenção do pH (Kung Junior, 2001), por apresentar uma constante de dissociação maior, com a conseqüente estabilização do meio (MCDONALD; HENDERSON, 1981).

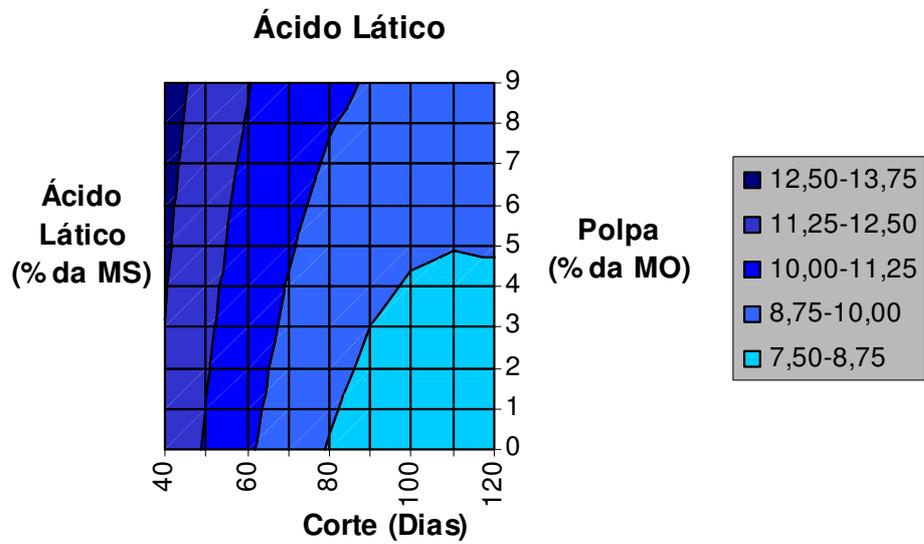
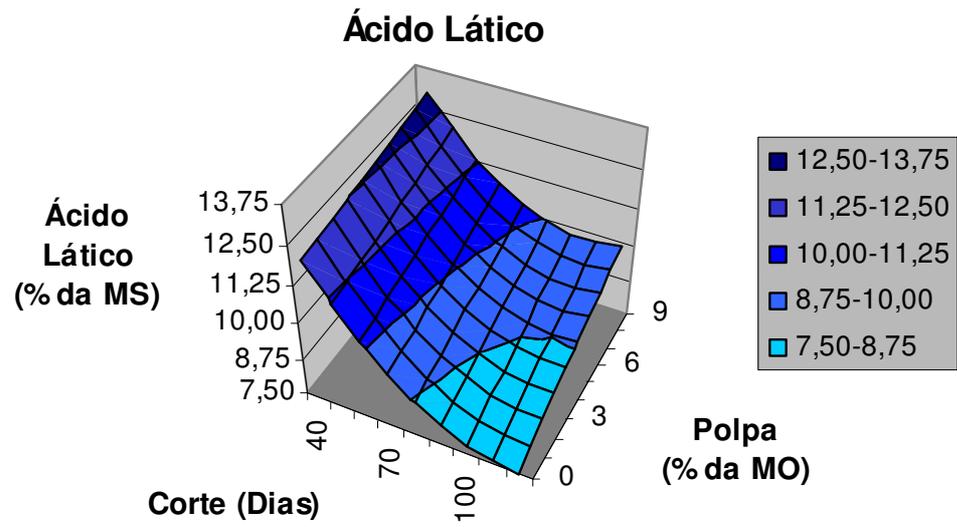


Figura 5 – Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de ácido láctico (% da MS) em silagem de capim-elefante

A taxa de produção de ácido láctico é um fator importante na inibição do crescimento de bactérias indesejáveis e na redução das perdas por fermentação, sendo que esta produção depende da população inicial de bactérias ácido-láticas no momento da ensilagem e da quantidade de substrato disponível (MCDONALD; HENDERSON, 1981). As perdas por gases estão associadas ao tipo de fermentação ocorrido na silagem. Na fermentação láctica as perdas de MS são reduzidas (MCCULLOUGH, 1977). Quando a fermentação ocorre via bactérias homofermentativas, utilizando a glicose como substrato, as perdas são mínimas (BALSALOBRE; NUSSIO; MARTHA JÚNIOR, 2001).

Os resultados do presente estudo concordam com o experimento de Faria, Tosi e Godoy (1972), com silagem de capim-elefante, aditivada ou não com polpa de laranja fresca ou seca, que concluíram que a polpa fresca forneceu ao meio maior quantidade de carboidratos solúveis o que promoveu maior produção de ácido láctico e, conseqüentemente, menor valor de pH. Reis et al. (2003) também encontraram valores maiores de ácido láctico para silagens de capim Tifton 85 que receberam polpa cítrica, em relação às silagens com pré-emurhecimento e controle. Os mesmos autores observaram também que as silagens tratadas com este sub-produto apresentaram pouca estabilidade aeróbia, deteriorando-se facilmente após a abertura dos silos. Segundo Sanderson (1992), silagens com maiores concentrações de ácido láctico, resultado de uma acentuada fermentação homoláctica, seriam menos estáveis quando expostas ao ar.

Onselen e Lopez (1988) também obtiveram teores médios de ácido láctico acima do limite de 3% em experimento com adição de fontes de carboidratos (0,9% de fubá ou 7% farinha de mandioca) e um produto enzimático (mistura de farinhas de malte, mandioca, cevada e milho, com atividade enzimática sacarolítica e celulolítica) na ensilagem de capim-elefante cortado aos 105 dias após corte de uniformização.

Por outro lado, os resultados alcançados no presente experimento concordam parcialmente com os obtidos por Rodrigues et al. (2005), que trabalharam com níveis crescentes de polpa cítrica (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 ou 15,0%) sobre a qualidade fermentativa da silagem de capim-elefante, onde obtiveram efeito quadrático da polpa cítrica sobre os teores de ácido láctico e concluíram que a produção máxima de ácido láctico foi obtida com 5,83% de inclusão de polpa cítrica. Já Quadros et al. (2002), estudando o perfil dos produtos da fermentação e degradabilidade *in situ* da MS da silagem de capim-elefante com diferentes percentuais de casca de café, concluíram que o conteúdo de lactato foi menor na silagem testemunha e com 5% de casca de café, em relação às silagens com 10, 15 ou 20% de casca. Segundo os autores, provavelmente os baixos conteúdos de carboidratos solúveis e o excesso de umidade do capim-elefante, não propiciaram o desenvolvimento adequado de bactérias ácido-láticas. As diferenças nos teores de ácido láctico, entre os tratamentos, podem ser atribuídas às diferenças nas porcentagens de carboidratos solúveis fermentados observadas entre as silagens com diferentes tratamentos, uma vez que estes componentes são os principais substratos para as bactérias láticas (SILVEIRA et al., 1979).

Schocken-Iturrino et al. (2005), analisando alterações químicas e microbiológicas nas silagens de capim Tifton 85 após a abertura dos silos, puderam observar baixos valores de ácidos orgânicos, havendo redução nos conteúdos de ácido láctico e acético com o aumento nos teores de MS, em decorrência do emurchecimento ou da adição de polpa cítrica. Ainda Yokota e Ohshima (1997) avaliaram a qualidade de silagens de capim-elefante ensilado com farelo de arroz (15% na MV) ou farelo de arroz desengordurado mais 4% de melão e concluíram que as silagens produzidas com farelo de arroz apresentaram valores mais elevados de pH e amônia, bem como menor conteúdo de ácido láctico que as silagens produzidas com farelo de arroz desengordurado.

Para a variável relação láctico/acético houve interação entre idade de corte e nível de polpa cítrica, sendo que ambos efeitos apresentaram resposta curvilínea para esta variável (Figura 6).

Poucos trabalhos científicos apresentam a variável relação láctico/acético em suas discussões, mas segundo Rodrigues (2005) o valor de 3 ou superior para este parâmetro pode ser indicativo de uma fermentação desejável [...] (informação verbal)¹. Todos os tratamentos, com exceção da silagem produzida com o capim-elefante apresentando 60 dias de rebrota e zero de inclusão de polpa cítrica, apresentaram valores superiores a 3, sendo que à medida que se elevou o nível de inclusão de polpa houve um aumento nos valores da relação láctico/acético. Esse aumento na relação está ligado aos maiores teores de carboidratos solúveis fornecidos pela polpa cítrica.

Segundo Rodrigues et al. (2002), para algumas variáveis, entre elas os ácidos láctico, acético e conseqüentemente a relação láctico/acético, as silagens produzidas em silos experimentais tenderam a apresentar qualidade superior à silagem confeccionada em um silo comercial tipo trincheira. Isto faz com que este parâmetro possa não ser representado satisfatoriamente por silagens produzidas em baldes plásticos como as confeccionadas no presente experimento.

Concordando com o presente experimento tem-se o trabalho de Rodrigues et al. (2004a), onde ressaltaram que silagens de alfafa tratadas com polpa cítrica apresentaram maiores valores de relação láctico/acético em relação às não tratadas, sendo que apenas as silagens controle apresentaram valores inferiores a 3.

¹ Informação fornecida por Rodrigues em Pirassununga, em 2005.

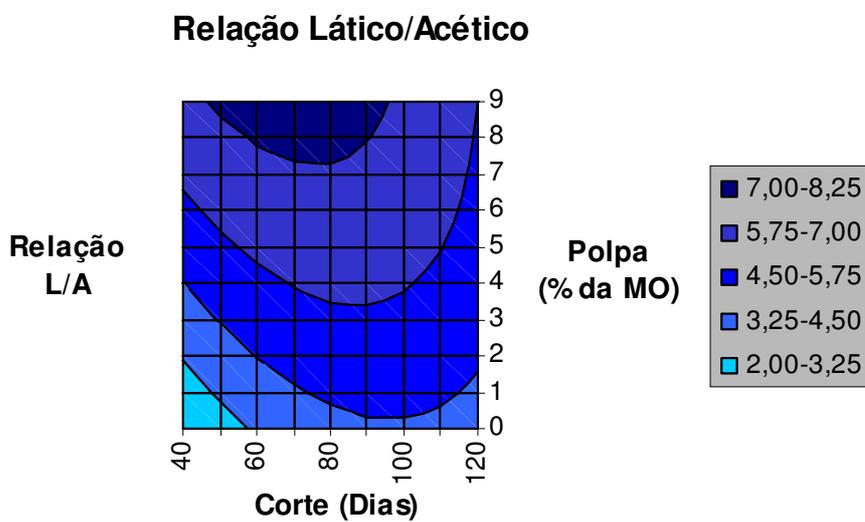
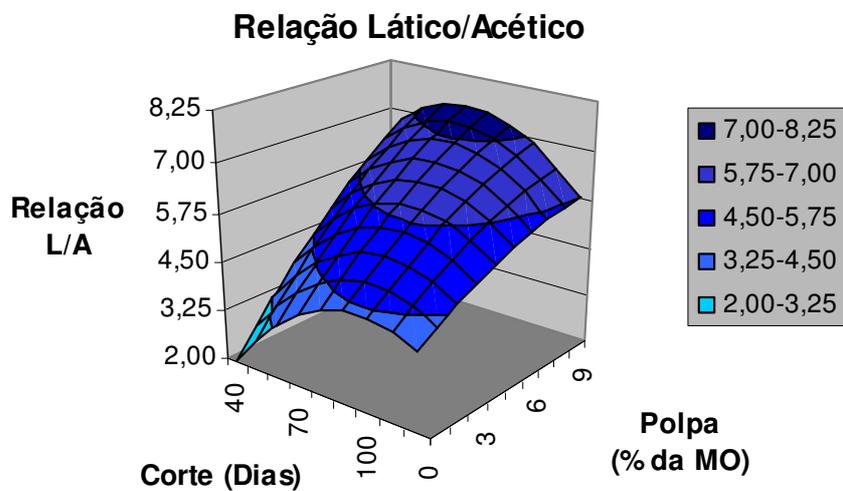


Figura 6 – Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre a relação láctico/acético em silagem de capim-elefante

Diferentemente Faria, Tosi e Godoy (1972) observaram que a polpa cítrica seca utilizada como aditivo em silagens de capim-elefante reduziu significativamente as produções de ácido láctico e ácido acético, mas ainda assim todas apresentaram bons valores de relação láctico/acético.

Para a variável pH houve efeito de interação entre idade de corte e nível de polpa cítrica, sendo que ambos fatores apresentaram resposta curvilínea para esta variável. Na figura 7 encontram-se os valores médios de pH das silagens de capim-elefante nas diferentes idades de corte e sob os diferentes níveis de adição de polpa cítrica. Para todas as silagens avaliadas, verificou-se que os valores de pH foram inferiores ao limite máximo descrito na literatura. Estes valores estão bem abaixo da média (4,5 a 4,8) encontrada em revisão feita por Heinrichs (1999) para silagens de gramíneas.

Segundo Bernardes (2003), o pH de um alimento é um dos principais fatores capazes de determinar o crescimento e a sobrevivência dos microrganismos nele presentes, além de empregado como parâmetro de qualidade no processo de ensilagem, juntamente com a concentração de ácidos orgânicos e nitrogênio amoniacal (VILELA, 1998). Valores de pH entre 3,8 e 4,2, são esperados para uma silagem bem conservada (SCHROEDER, 2004). No entanto, o pH não deve ser empregado como critério exclusivo na avaliação da fermentação, pois seu efeito inibidor é dependente da velocidade de declínio da concentração iônica e do teor de umidade do material ensilado (GUIM, 2004; IGARASI, 2002; MCDONALD, HENDERSON; HERON, 1991; WOOLFORD, 1984).

Rodrigues et al. (2002), comparando a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante obtida em diferentes tipos de silos experimentais e no silo tipo trincheira, concluíram que para o parâmetro pH, as silagens produzidas em silos experimentais, como baldes e sacos, representaram bem aquelas produzidas em silos comerciais.

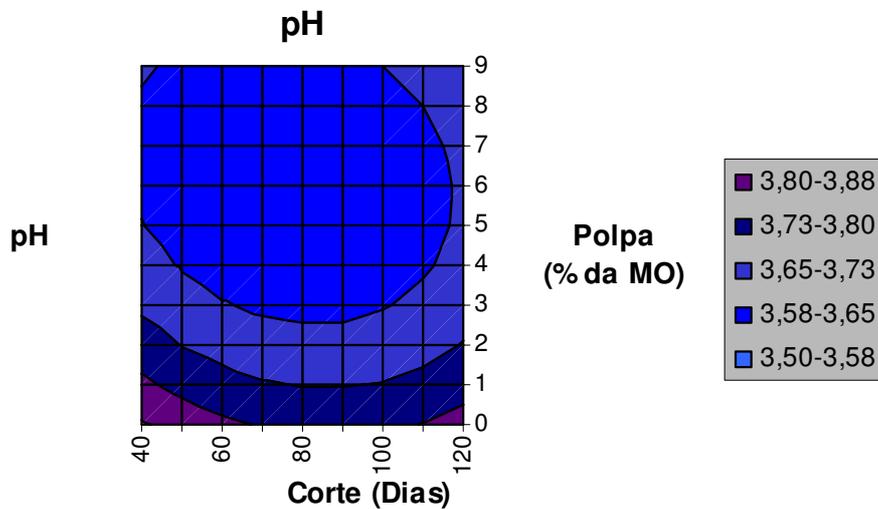
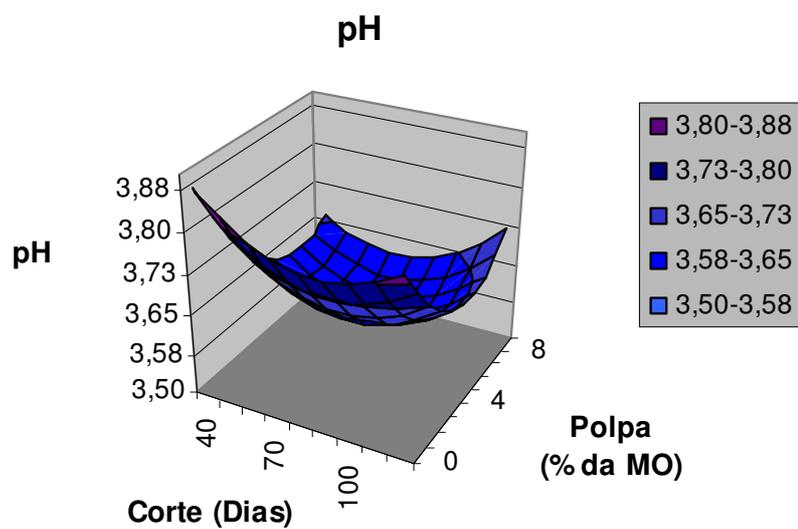


Figura 7 – Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre o valor de pH em silagem de capim-elefante

Muck (1988) cita que a maior atividade da protease em plantas ocorre entre pH 6,0 e 7,0, apresentando taxas reduzidas em pH abaixo de 4,0. Quando o pH da silagem atinge valores inferiores a 5,0 a população de bactérias ácido-láticas heterofermentativas diminui em função da acidez inibidora ao seu crescimento. Em contrapartida, com a contínua queda do pH há aumento na população de bactérias homofermentativas, as quais são mais eficientes em produzir ácido lático, levando à redução mais rápida do pH (BERNARDES, 2003; KUNG JUNIOR, 2001; MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Para que o declínio da concentração iônica seja rápido é imprescindível que exista no meio suficiente quantidade de carboidratos solúveis a serem fermentados pelas bactérias lácticas e que o poder tampão não seja capaz de impedir o abaixamento do pH aos níveis desejados (KUNG; SHAVER, 2001; PERES, 1997).

Os valores obtidos no presente experimento concordam com os observados por Faria, Tosi e Godoy (1972), em experimento com silagem de capim-elefante Napier aditivada com polpa cítrica (5, 10, 15 ou 20%), onde declararam que a adição de polpa seca só não alterou significativamente o pH quando a quantidade utilizada foi a correspondente a 5% do peso do capim. Nos outros níveis, observou-se significativa e uma tendência de diminuição, à medida que mais polpa desidratada era incluída na silagem. Também Tosi et al. (1995), trabalhando com ensilagem do capim-elefante cultivar Mott, concluíram que os valores de pH das silagens mostraram-se adequados, abaixo de 4,0, apenas no tratamento com adição de 4% de melaço. Nos demais tratamentos (40% de sabugo de milho triturado ou emurchecimento) os valores (4,5 a 5,2) foram superiores aos recomendados para uma boa preservação. Lima et al. (2001) avaliaram o efeito da adição de sacharina e fubá (0, 5, 10 ou 15%) na silagem de coast-cross colhido com 7 ou 9 semanas de rebrota. Mencionaram os autores que a sacharina não afetou o pH das silagens e o fubá contribuiu para elevar o pH em sete semanas e reduzir em nove semanas de rebrota. No entanto, os valores ficaram dentro da faixa de 3,8 a 4,2, recomendada

para obtenção de silagem de boa qualidade. Já Evangelista et al. (2001) não observaram efeito da adição de farelo de trigo ou da polpa cítrica (0, 5, 10 ou 15%) quando adicionados ao coast-cross colhido com sete semanas de rebrota. No entanto, proporcionaram redução do pH das silagens provenientes do capim colhido com nove semanas de rebrota.

Bernardes et al. (2003) observaram que a inclusão de polpa cítrica peletizada reduziu os valores de pH em silagens de capim-Marandú (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú). Do mesmo modo Rezende et al. (2003) concluíram que a adição de polpa cítrica ocasionou significativa queda no pH das silagens de capim-elefante variedade Roxo, atingindo seu menor valor com adição de 20% de polpa cítrica. Isso se deve provavelmente à inclusão de carboidratos solúveis facilmente fermentáveis, determinando rápida e alta produção de ácidos orgânicos.

Bernardino et al. (2003), utilizando a casca de café (0, 10, 20, 30 ou 40%) como aditivo ao capim-elefante na produção de silagem, puderam notar que os valores de pH decresceram linearmente com a adição deste resíduo. Segundo os autores, com o aumento do teor de MS e o fornecimento de carboidratos solúveis pela casca de café, foi criado ambiente favorável para o desenvolvimento de bactérias lácticas e ao mesmo tempo desfavorável para o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, reduzindo o pH final das silagens. Diferentemente, Rodrigues et al. (2005) não encontraram efeito da adição de polpa cítrica em silagem de capim-elefante sobre os valores de pH, apesar dos valores encontrados estarem dentro do recomendado pela literatura.

Em relação ao estágio vegetativo, Braga et al. (2001), avaliando a composição químico-bromatológica das silagens de capim-elefante cv. Cameron em cinco idades de corte, concluíram que o valor de pH foi afetado pela idade de corte, apresentando respectivamente 3,96 (112 dias), 4,20 (70 dias), 4,32 (56 dias), 4,33 (98 dias) e 4,46 (84 dias). Inversamente,

Coan et al. (2005) não observaram diferenças significativas para os valores de pH das silagens de capim Tanzânia ou Mombaça colhidos aos 45 ou 60 dias após o corte de uniformização.

Em levantamento de índices técnicos associados à produção de silagens de gramíneas tropicais, Igarasi (2002) obteve valor médio de pH de 4,92, considerado elevado segundo McDonald, Henderson e Heron (1991) e Vilela (1998). Este mesmo autor verificou que apenas 14% das propriedades visitadas apresentaram silagens com pH inferior a 4,2, havendo 43% com pH variando entre 4,3 e 5,1, e o restante dessas atingindo pH superior a 5,1. Este fato comprova a dificuldade encontrada pelos produtores no abaixamento do pH da silagem, em parte devido ao manejo imposto à planta e ao processo de ensilagem.

Para a variável nitrogênio amoniacal (% do nitrogênio total) observou-se interação entre a idade de corte do capim e o nível de inclusão de polpa cítrica, sendo a interação linear para idade do capim e curvilínea para o nível de polpa cítrica (Figura 8). Houve diminuição das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) com a adição de polpa, sendo esta diminuição mais intensa quanto mais jovem fosse cortado o capim.

Embora a velocidade de queda do pH das silagens não tenha sido avaliada nesse experimento, a queda mais rápida no pH das silagens tratadas com polpa também poderia ser responsável pelos menores níveis de nitrogênio amoniacal nestas silagens, provavelmente pela rápida inibição da proteólise e/ou ação de bactérias secundárias, como aquelas do gênero *Clostridium* sp. (MUCK, 1987).

O teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total é um parâmetro qualitativo da silagem, que caracteriza o perfil fermentativo ocorrido no processo. Valores baixos de N-NH₃ indicam menor intensidade de proteólise ocorrida na silagem, sendo característica de um processo de melhor qualidade (IGARASI, 2002). Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), o conteúdo de N-NH₃ é real indicador da extensão em que ocorreu

a atividade dos clostrídios, uma vez que este composto é produzido somente em pequenas quantidades por outros microrganismos da silagem e enzimas das plantas.

A extensão da proteólise durante a ensilagem é influenciada por vários fatores, incluindo conteúdo de MS, pH e temperatura. Se a queda do pH for lenta, então mais proteína será quebrada (GUIM et al., 2004). Silveira (1987), ao fazer uma síntese de diversos trabalhos de vários autores diferentes, afirma que silagens que apresentam valores de nitrogênio amoniacal de até 8% do nitrogênio total são consideradas de boa qualidade. A relação entre a presença de umidade e a ocorrência de fermentação indesejável é amplamente observada em vários trabalhos, uma vez que os teores de MS variando em torno de 28 a 34% minimizam a ação dos clostrídios, desde que os teores de carboidratos solúveis e o poder tampão não sejam limitantes (ANDRADE; LAVEZZO, 1998a; BALSALOBRE; NUSSIO; MARTHA JÚNIOR, 2001; MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Os resultados obtidos no presente experimento concordam com Bernardino et al. (2003), onde avaliando a composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes níveis de casca de café (0; 10; 20; 30; ou 40%, com base na matéria original), observaram comportamento quadrático para o teor de N-NH₃, estimando teor mínimo de 1,3% com adição de 32,7% de casca de café. Esta redução pode ser atribuída à diminuição da atividade de bactérias do gênero *Clostridium*, reduzindo a proteólise proveniente desses microrganismos. Do mesmo modo, Braga et al. (2001), trabalhando com capim-elefante cv. Cameron ensilado com 5 idades diferentes (56; 70; 84; 98 ou 112 dias), revelaram que as concentrações de N-NH₃ foram significativamente afetadas pelas idades de corte, apresentando comportamento quadrático para este item, sendo que o menor valor foi encontrado para o capim cortado aos 112 dias de crescimento.

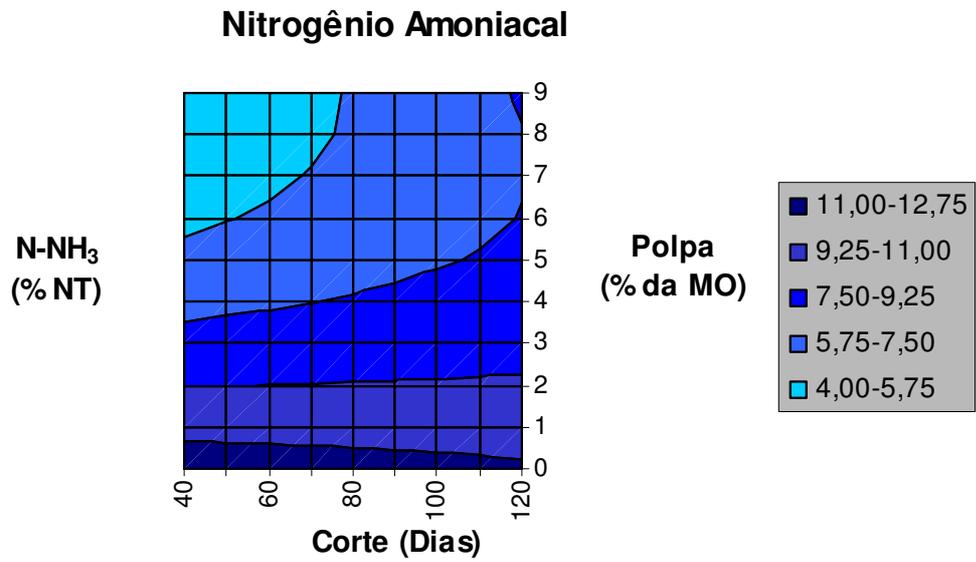
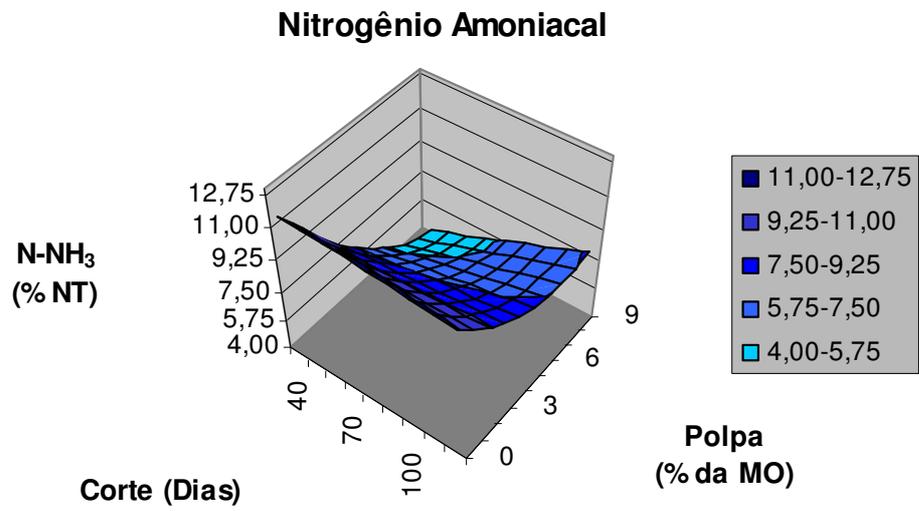


Figura 8 – Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre as concentrações de $N-NH_3$ (% do N total) em silagem de capim-elefante

Os resultados obtidos no presente estudo também concordam parcialmente com os encontrados por Rodrigues et al. (2005) em experimento com níveis crescentes de polpa cítrica (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 ou 15,0%) sobre a qualidade fermentativa e valor nutritivo da silagem de capim-elefante, onde mostraram que a adição de polpa diminuiu linearmente os valores de N-NH₃, provavelmente devido à baixa proteólise oriunda da atividade das enzimas da planta, já que grande parte das enzimas vegetais que desintegram proteína da forragem no interior do silo são ativas somente em pH acima de 5,0. Também Bernardes et al. (2003), analisando o capim Marandú (*Brachiaria brizantha*) ensilado com polpa cítrica peletizada (0; 5 ou 10% na matéria verde), concluíram que a adição deste sub-produto reduziu os teores de N-NH₃/N total conforme o acréscimo da quantidade de aditivo.

Tosi et al. (1995), em experimento com ensilagem de capim-elefante emurchecido ou não e adicionado ou não com 40% de melaço ou 40% de sabugo de milho triturado, notaram que a relação N-NH₃/N total das silagens foi maior nos tratamentos testemunha e emurchecido mais picagem, não havendo diferença significativa nos contrastes dos outros tratamentos.

Ávila et al. (2003b), observando o perfil de fermentação das silagens de capim Tanzânia aditivadas com polpa cítrica, farelo de trigo ou fubá de milho, em 4 doses (3; 6; 9 ou 12%) mais uma testemunha, sem aditivos, e 8 tempos de abertura dos silos (0; 1; 2; 3; 7; 14; 28 e 56 dias), observaram que os maiores teores de N-NH₃ (% do N total) podem ser estimados nos menores níveis de adição de polpa cítrica e nos maiores tempos de abertura, ou seja, na silagem final. Os menores teores de N-NH₃ (% do N total) podem ser estimados nos tempos iniciais e em qualquer nível de adição, pois no tempo zero não foram observadas diferenças nos teores de N-NH₃ (% do N total) em função dos níveis de polpa cítrica.

Pedreira et al. (2001), trabalhando com silagem de Tifton 85 com diferentes conteúdos de MS e níveis de polpa cítrica (0; 5 ou 10%), emurchecida ou não, concluíram que a

porcentagem de N-NH₃/N total diminuiu com o emurchecimento e adição de polpa cítrica. O mais alto valor de N-NH₃/N total (11,8%) foi observado na silagem das plantas não submetidas ao emurchecimento e sem adição de polpa cítrica. Neste mesmo caminho, Reis et al. (2003) estudaram o valor nutritivo do capim Tifton 85 ensilado com ou sem emurchecimento e com ou sem adição de polpa cítrica (5% na matéria natural). A análise mostrou que a porcentagem de N-NH₃/N total foi baixa (4,7 a 9,8%), provavelmente devida à baixa proteólise oriunda da atividade de enzimas da planta ou mesmo proveniente daquelas produzidas pelas bactérias do gênero *Clostridium*, resultando na preservação das proteínas (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; WOOLFORD, 1984).

Peres (1997), avaliando a polpa cítrica como aditivo (0; 5; 10 ou 15%) na ensilagem do capim-elefante, além de um tratamento com 10% de fubá como termo de comparação, pode afirmar que todos os tratamentos apresentaram baixos níveis de N-NH₃ (12,7; 11,8; 11,5; 10,9 e 12,5% do N total).

Por outro lado, Evangelista et al. (2001), utilizando o farelo de trigo ou polpa cítrica como aditivos na ensilagem de capim coast-cross com 7 ou 9 semanas de rebrota, observaram que ambos os aditivos aumentaram a presença de N-NH₃ na silagem produzida com o capim colhido com 7 semanas. Porém, estes valores foram baixos, não evidenciando degradação intensa de PB.

Finalmente, para a variável perdas de MS houve interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica, sendo que a idade de corte causou resposta linear e o nível de polpa cítrica resposta curvilínea. A diminuição das perdas de MS foi mais intensa quanto maior o teor de MS do capim. Isto se deveu provavelmente ao aumento nos teores de matéria seca com o avanço do estágio vegetativo da forrageira.

As perdas de um alimento ensilado podem ser quantificadas através do desaparecimento de MS ou energia durante o processo de ensilagem. As principais fontes de

perdas de energia são 1) o efluente, produzido durante o processo de secagem no campo e a compactação no silo, 2) a respiração residual durante a permanência da forragem no campo, enchimento do silo e imediatamente após a sua vedação, 3) o tipo de fermentação que ocorre durante o processo de armazenagem e 4) a deterioração aeróbia durante a estocagem da silagem e durante a retirada da forragem do silo (BALSALOBRE; NUSSIO; MARTHA JÚNIOR, 2001). Essas perdas, em conjunto, podem atingir patamares de 7 a 40% (MCDONALD, HENDERSON; HERON, 1991).

Peres (1997), avaliando a silagem de capim-elefante aditivada com polpa cítrica (0, 5, 10 ou 15%) ou fubá de milho (10%), concluiu que a maior recuperação de MS ocorreu no tratamento com 10% de polpa (91,1%) e a menor ocorreu no tratamento com 10% de fubá de milho (77,4%). Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários de recuperação de MS, ou seja, respectivamente 81,3; 86,4 e 80,0% para os tratamentos com 0, 5 ou 15% de polpa. Também Aguiar et al. (2000), em experimento com polpa cítrica (0, 5 ou 10%) como aditivo em silagens de capim Tanzânia, observaram redução nas perdas por gás em níveis de adição de polpa acima de 4,25%. Concomitantemente aos trabalhos anteriormente apresentados, Igarasi (2002), estudando as perdas na ensilagem de capim Tanzânia sob os efeitos do teor de MS, tamanho de partícula, estação do ano e presença de inoculante bacteriano, concluiu que o tratamento com adição de polpa cítrica peletizada produziu a menor quantidade de gás (2,86%), seguido pelo tratamento com pré-emurhecimento (4,35%) e pelo tratamento contendo a umidade original da forragem (5,31%).

Diferentemente dos resultados obtidos no presente experimento, Rodrigues et al. (2005), trabalhando com níveis crescentes de polpa cítrica em silagem de capim-elefante, notaram perdas maiores de MS à medida que se aumentou o nível de inclusão do aditivo na silagem. Segundo estes autores, o aumento da disponibilidade de carboidratos solúveis para os microrganismos, com a inclusão da polpa cítrica, foi possivelmente o fator que proporcionou

as maiores perdas. Do mesmo modo, Evangelista et al. (2003), avaliando a silagem de milho (*Zea mays* L.) sem espiga, enriquecida com aditivos como espiga de milho, polpa cítrica, amiréia, farelo de trigo e algumas combinações destes, notaram que as perdas na ensilagem foram maiores nos tratamentos sem espiga mais 2% de amiréia (11,10%) e sem espiga mais 4% de polpa cítrica (6,25%). Por outro lado, os tratamentos sem espiga e sem espiga mais 4% de farelo de trigo apresentaram pequenas perdas, 3,76 e 4,48%. Estas perdas, no entanto, foram superiores ao tratamento com espiga. Rodrigues et al. (2004b), avaliando os efeitos da adição de inoculante bacteriano sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa adicionada ou não de polpa cítrica (12%), chegaram à conclusão que, de forma geral, a adição de polpa melhorou a composição bromatológica e o perfil fermentativo, mas piorou as perdas e a estabilidade aeróbia da silagem.

Os efeitos da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre a temperatura máxima (Temp°Max), em °C, tempo para atingir a temperatura máxima (TempoT°Max), em horas, taxa para elevação da temperatura (Taxa), em °C/hora, e tempo para elevação da temperatura em 2°C (Tempo 2°C), em horas encontram-se na tabela 7.

Idade de corte e nível de polpa cítrica interagiram em relação à variável temperatura máxima (Temp°Max). A idade de corte causou resposta curvilínea e o nível de polpa resposta linear, aumentando a temperatura máxima conforme o aumento no nível de polpa cítrica, sendo este aumento maior quanto maior o teor de MS do capim. Fato que é provavelmente devido às maiores concentrações de carboidratos solúveis fornecidos pela polpa cítrica. A idade de corte e o nível de polpa cítrica não influenciaram o tempo para atingir a temperatura máxima (TempoT°Max) no presente experimento.

Tabela 7 - Efeito da idade de corte (Corte) e do nível de polpa cítrica (Polpa) sobre a temperatura máxima (Temp°Max), em °C, tempo para atingir a temperatura máxima (TempoT°Max), em horas, taxa para elevação da temperatura (Taxa), em °C/h, e tempo para elevação da temperatura em 2°C (Tempo2°C), em horas, coeficiente de variação (CV) e probabilidades estatísticas no experimento com silagem de capim-elefante

Tratamentos		Variáveis			
Corte	Polpa	Temp°Max	TempoT°Max	Taxa	Tempo2°C
Combinções					
40	0	34,81	92,13	0,16	13,63
	3	32,76	82,25	0,16	13,50
	6	32,95	80,88	0,15	12,25
	9	33,88	93,88	0,15	19,25
60	0	25,33	89,25	0,03	40,83
	3	29,10	88,13	0,09	25,88
	6	30,18	100,63	0,08	27,25
	9	29,49	73,63	0,09	24,88
80	0	28,77	65,00	0,10	27,50
	3	29,63	72,13	0,10	23,25
	6	30,61	74,88	0,12	33,25
	9	34,62	82,75	0,13	29,38
100	0	25,62	67,25	0,05	26,67
	3	28,68	87,38	0,07	31,13
	6	32,24	75,88	0,12	25,88
	9	30,35	79,88	0,09	38,38
120	0	30,16	82,75	0,09	32,63
	3	28,18	98,13	0,06	30,33
	6	33,27	70,13	0,14	31,63
	9	30,04	82,38	0,09	38,38
Estatística					
Média		30,53	81,96	0,10	27,08
CV		13,27	39,00	48,08	50,64
Probabilidades Estatísticas					
Corte					
	Linear (L)	0,0475	NS	0,0005	0,0006
	Quadrática (Q)	0,0134	NS	0,0015	NS
Polpa					
	Linear (L)	0,0049	NS	0,0165	NS
	Quadrática (Q)	NS	NS	NS	NS
Interação					
	Corte _L X Polpa _L	NS	NS	NS	NS
	Corte _L X Polpa _Q	NS	NS	NS	NS
	Corte _Q X Polpa _L	0,0351	NS	NS	NS
	Corte _Q X Polpa _Q	NS	NS	NS	NS

Os coeficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis temperatura máxima (Temp°Max), em °C, tempo para atingir a temperatura máxima (TempoT°Max), em horas, taxa para elevação da temperatura (Taxa), em °C/hora, e tempo para elevação da temperatura em 2°C (Tempo 2°C), em horas encontram-se na tabela 8.

Tabela 8 – Coeficientes de regressão e de determinação (R^2) para as variáveis Temp°Max, TempoT°Max, Taxa e Tempo 2°C no experimento com silagem de capim-elefante

	Coeficientes de Regressão						R^2
	Intercepto	Corte	Corte ²	Polpa	Polpa ²	Corte x Polpa	
Temp°Max	40,8405	-0,28438	0,00151	0,09535	-	0,00314	0,1916
TempoT°Max	-	-	-	-	-	-	-
Taxa	0,2535	-0,00399	0,000021	0,003167	-	-	0,2372
	11,2044	0,19980	-	-	-	-	0,1719

Para a variável taxa para elevação da temperatura (Taxa), não houve interação entre a idade de corte e o nível de polpa cítrica, sendo que a idade de corte causou resposta curvilínea e o nível de polpa causou resposta linear, aumentando a taxa de elevação da temperatura conforme o aumento no nível de polpa. As silagens que receberam maiores teores de polpa cítrica apresentaram maiores valores de carboidratos solúveis residuais que provavelmente foram utilizados para reações promovidas por microrganismos oportunistas ao ambiente aeróbio. Finalmente, para a variável tempo para elevação da temperatura em 2 °C (Tempo 2°C), houve somente efeito linear para a idade de corte, aumentando o tempo para elevação da temperatura conforme o aumento no teor de MS do capim.

Segundo Muck (2002), conceitualmente, estabilidade aeróbia pode ser avaliada como sendo o tempo observado para que a massa da silagem, após retirada do silo, apresente elevação em 2°C em relação à temperatura ambiente. Como alternativa, a estabilidade aeróbia pode ser caracterizada pela temperatura acumulada durante 5 dias após a abertura dos silos

(O'KIELY et al., 1999) ou, ainda, como uma taxa de elevação da temperatura observada dividida pelo tempo necessário para alcançar a máxima temperatura (RUPPEL et al., 1995).

A instabilidade aeróbia da silagem está associada principalmente com o desenvolvimento de bactérias aeróbias, de fungos e de leveduras (WOOLFORD, 1990). Segundo Coblenz (1995), o tempo entre a remoção da silagem do silo e o início do aquecimento espontâneo no cocho é dependente de fatores como o número de microrganismos aeróbios na silagem, tempo de exposição ao ar antes da alimentação, características fermentativas da silagem e condições climáticas.

Driehuis, Elferink e Van Wikselaar (2001) e Filya (2003) citam que a deterioração aeróbia não é somente a maior causa de redução no valor nutricional das silagens, como também um alto risco de proliferação de microrganismos potencialmente patogênicos ou indesejáveis. A deterioração é evidenciada por uma elevação na temperatura e no pH, causada pelo metabolismo de açúcares e ácidos orgânicos (WOOLFORD, 1990). Este metabolismo será mais intenso, quanto melhor for a qualidade da silagem, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis residuais e de ácido lático, principais substratos utilizados pelos microrganismos indesejáveis (JOBIM, 2005).

O aumento da temperatura máxima alcançada e da taxa de elevação da temperatura, observado com a adição da polpa cítrica, concorda com o trabalho de Rodrigues et al. (2004a), que estudaram o uso de inoculante microbiano e adição de polpa cítrica em silagem de alfafa. Rust, Kim e Enders (1989) afirmaram que o aumento das concentrações de ácido lático, resultado do incremento da fermentação do tipo homofermentativa, poderia resultar em silagens menos estáveis à deterioração aeróbia, quando da abertura do silo.

Bernardes (2003), trabalhando com silagens de capim Marandú ensilado com polpa cítrica peletizada (0, 5 ou 10%), utilizou o padrão de elevação de 1°C na massa ensilada em relação à temperatura ambiente, como conceito de estabilidade aeróbia. Este autor concluiu

que as três silagens foram estáveis de acordo com a metodologia imposta ao estudo. Entretanto, verificou-se que, ao longo do prolongamento de exposição aeróbia, houve tendência de elevação da temperatura, principalmente no tratamento com maior porcentagem de adição de polpa cítrica.

Em trabalho com silagem de capim Tanzânia, onde o conceito de estabilidade aeróbia utilizado foi a temperatura acumulada durante 5 dias após a abertura dos silos, Igarasi (2002) verificou efeito significativo para a alteração do teor de matéria seca, com a maior temperatura acumulada observada no tratamento contendo polpa cítrica em relação aos tratamentos pré-emurchecimento e forragem original.

O cuidado com o manejo da silagem após a abertura do silo é um fator importante a se destacar, pois a maior deterioração aeróbia de silagens aditivadas com polpa cítrica, no presente experimento, está associada principalmente às maiores concentrações de carboidratos solúveis residuais e ácido lático, bem como menores concentrações de ácidos acético e ácido butírico, que são indicativos de uma boa fermentação ocorrida na silagem.

5 CONCLUSÕES

A inclusão de polpa cítrica peletizada em silagem de capim-elefante é indicada para melhorar a qualidade de fermentação e o valor nutritivo.

Recomenda-se a inclusão de 0,7% de polpa cítrica peletizada para cada unidade percentual de matéria seca que o capim possuir abaixo de 32% de MS.

Um fator importante a se destacar neste procedimento é o cuidado com o manejo da silagem após a abertura do silo. Pois, por apresentar um produto final de melhor qualidade, este pode ser mais susceptível à degradação aeróbia.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. N. S.; CRESTANA, R. F.; BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; SANTOS, P. M.; CORSI, M. Avaliação das perdas de matéria seca em silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ. 2000. Trabalho 0772. CD ROM.
- ALVES DE BRITO, C. J. F.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C.; ALQUINI, Y. Anatomia quantitativa e degradação in vitro de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 2, p. 223-229, 1999.
- ANDRADE, J. B. Produção de feno. **Boletim técnico**, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, n. 44, 1999, 34 p.
- ANDRADE, J. B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem de capim-elefante. IV Fermentação ruminal em ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 2025-2036, 1998b.
- ANDRADE, J. B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. III Valor nutritivo e consumo voluntário e digestibilidade em ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 2015-2023, 1998a.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 10. ed. Washington: A.O.A.C., 1980. 1015 p.
- AQUINO, D. C.; NEIVA, J. N. M.; MORAES, S. A.; SÁ, C. R. L.; VIEIRA, N. F.; LOBO, R. N. B.; GONÇALVES, J. S. Avaliação do valor nutritivo da silagem de capim-elefante *Pennisetum purpureu* com diferentes níveis de subproduto do maracujá *Passiflora edulis*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. Trabalho 95631. CD ROM.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; TAVARES, V. B. Perfil de fermentação das silagens de capim Tanzânia com aditivos. Teores matéria seca e proteína bruta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003a. Trabalho 14345. CD ROM.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; TAVARES, V. B. Perfil de fermentação das silagens de capim Tanzânia com aditivos. Teores de nitrogênio amoniacal e pH. **Ciência Agrotécnica**, v. 27, n. 5, p. 1144-1151, 2003b.

BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. Workshop sobre silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 890-911.

BERNARDES, T. F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-marandú (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada.** 2003. 118 p. Tese (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, 2003.

BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; CORREA, L. A.; MOREIRA, A. L.; SILVEIRA, R. N. Perfil fermentativo e microbiológico do capim Marandú (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. Trabalho 165755. CD ROM.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R.; SOUZA, A. L.; ROCHA, F. C.; PEREIRA, O. G.; JUNQUEIRA, B. A.; TONUCCI, R. G. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes níveis de casca de café. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. Trabalho 0152. CD ROM.

BRAGA, A. P.; RIBEIRO, H. U.; BARRA, S. B.; BARRA, P. B.; VASCONCELOS, S. H. L. Avaliação das silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) – cv. Cameron, em diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. Trabalho 0761. CD ROM.

BRAGA, A. P.; RIBEIRO, H. U.; BARRA, S. B.; BARRA, P. B.; VASCONCELOS, S. H. L.; BRAGA, Z. C. A. C. Composição químico-bromatológica das silagens de capim-elefante cv. Cameron, em cinco idades de corte. **Caatinga**, v. 14, n. 1/2, p. 17-23, 2001.

CAMPOS, F. P.; LANNA, D. P. D.; BOSE, M. L. V. Degradabilidade do capim-elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método in vitro/gás. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 217-225, 2002.

CARVALHO, M. P. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1996. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 171-214.

CARVALHO, M. P. Polpa cítrica na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. Bovinos Leiteiros. 1., 1999, **Anais...** Espírito Santo do Pinhal: Fundação Pinhalense de Ensino – CREUPI, 1999. p. 91-113.

CASTRO, F. G. F.; NUSSIO, L. G.; SIMAS, J. M. C.; HADDAD, C. M.; TOLEDO, P.; COELHO, R. M.; MARI, L. J. Perfil bacteriológico da silagem de Tifton 85 (*Cynodon* sp.) sob efeito de pré-emurchecimento e de inoculante bacteriano-enzimático. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 0578. CD ROM.

CHAMBERLAIN, D. G. The silage fermentation in relation to the utilization of nutrients in the rumen. **Process Biochemistry**, v. 4, n. 1, p. 60-63, 1987.

COAN, R. M.; VIEIRA, P. F.; SILVEIRA, R. N.; RESI, R. A.; MALHEIROS, E. B.; PEDREIRA, M. S. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros fermentativos das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 416-424, 2005.

COBLENTZ, W. **Principles of silage making**. Arkansas: University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating, 1995. 6 p.

COELHO, E. M.; ÍTAVO, L. C. V.; MIGLIANO, L. C. B.; DIAS, A. M.; GOMES, R. C. Uso de aditivos absorventes para confecção de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. Trabalho 172953. CD ROM.

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 Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 1131. CD ROM.

DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia**, v. 33, n.3, p. 111-136, 1995.

DESCHAMPS, F. C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1358-1369, 1999.

DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S. J. W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v. 56, n. 4, p. 330-343, 2001.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768-1771, 1961.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; GOMES, V. M.; SANTOS, R. V.; SIQUEIRA, G. R.; MACIEL, G. A. Silagem de milho (*Zea mays* L.) sem espiga enriquecida com aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ., 2003. Trabalho 10124. CD ROM.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; BERNARDES, T. F. Avaliação de algumas características da silagem de gramínea Estrela Roxa (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 941-946, 2000.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; SIQUEIRA, G. R.; SANTOS, R. V. Aditivos na ensilagem de coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) 1. Farelo de trigo e polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 0032. CD ROM.

EVANGELISTA, A. R.; ROCHA, G. P. **Forragicultura**. Lavras – MG.: Universidade Federal de Lavras- UFLA. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1997. 246 p.

FARIA, V. P. Técnicas de produção de silagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 1., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1986. p. 119-144.

FARIA, V. P.; TOSI, H.; GODOY, C. R. M. Polpa de laranja seca e fresca como aditivos para ensilagem de capim-elefante Napier. **O Solo**, v. 64, n. 1, p. 41-46, 1972.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1424-1431, 2001.

FERREIRA, J. J.; SILVA, J. F. C.; GOMIDE, J. A. Efeito do estágio de desenvolvimento, do emurhecimento e da adição de raspa de mandioca sobre o valor nutritivo da silagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Experimentiae**, v. 17, n. 1, p. 84-108, 1974.

FIALHO, M. P. F.; TRAVAIM, M. F.; DIAS, M.; ROSA, R. B.; REZENDE, L. H. G. S.; ALBERTINI, T. Z.; DETMANN, E.; ÍTAVO, C. C. B. F.; MORAIS, M. G. Avaliação da silagem de milho (*Pennisetum americanum*) submetida a diferentes aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ., 2003. Trabalho 94036. CD ROM.

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 11, p. 3575-3581, 2003.

FOLDAGER, J. **Protein requirement and non protein nitrogen for high producing cow in early lactation**. 1977. 167 p. East Lansing, Ph. D. Thesis - Michigan State University, 1977.

GONÇALVES, J. F.; NEIVA, J. N. M.; VIEIRA, N. F.; FIALHO, G. S. O.; LOBO, R. N. B. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de diferentes níveis de subprodutos do processamento de acerola (*Malpighia glabra* L.) e de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 1, p. 131-137, 2004.

GUIM, A.; ANDRADE, P.; ITURRINO-SCHOCKEN, R. P.; FRANCO, G. L.; RUGGIERI, A. C.; MALHEIROS, E. B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado e tratado com inoculante microbiológico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2176-2185, 2002.

GUIM, A.; PIMENTA FILHO, E. C.; SOUZA, M. F.; SILVA, M. M. C. Padrão de fermentação e composição químico-bromatológica de silagens de Jitirana (*Ipomoea glabra* Choisy) e Jitirana peluda (*Jacquemontia asarifolia* L. B. Smith). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2214-2223, 2004.

HALL, M. B. Recent advanced in non-NDF carbohydrates for the nutrition of lactating cows. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 1., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA-FAEPE, 2001, p. 139-148.

HARRISON, J. H.; BLAUWIEKEL, R.; STOKES, M. R. Fermentation and utilization of grass silage. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 10, p. 3209-3235, 1994.

HEINRICH, J. **Silage fermentation**: Substrates and their end products. The Pennsylvania State University, Veterinary Science Extension, 1999. Disponível em: <<http://vetextension.psu.edu>>. Acesso em: 28 jul. 2005.

HEINRICH, J.; KONONOFF, P. **Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator**. Pennsylvania: Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University, DAS 02-42. 2002. 14p.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v. 33, n. 6, p. 1306-1311, 1993.

HERLING, V. R.; NAKASUKA, C.; KOBAYASHI, E. T.; OLIVEIRA, L.; LOURENÇO, J.; LACAZ RUIZ, R.; LIMA, C. G. Avaliação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) submetido a diferentes tratamentos e ensilado em mini-silos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. Trabalho 036. CD ROM.

IGARASI, M. S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho da partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano.** Piracicaba, 2002. 151 p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

IGARASI, M. S.; NÚSSIO, L. G.; BRUNO, E. J. M. Levantamento de índices técnicos associados à produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. Trabalho 1404. CD ROM.

JOBIM, C. C.; FURTADO, C. E.; SCAPINELLO, C.; REIS, R. A. Produção e utilização de silagem de grãos de cereais. II Simpósio de Forragicultura e Pastagens – NEFOR – UFLA. Disponível em: <<http://www.nucleoestudo.ufla.br/nefor>>. Acesso em: 30 out. 2005.

JOHNSON, R. R.; BALWANI, T. L.; JOHNSON, L. J.; McCLURE, K. E.; DEHORITY, B. A. Corn plant maturity. II Effect on in vitro cellulose digestibility and soluble carbohydrate content. **Journal of Animal Science**, v.25, n. 3, p.617-623, 1966.

KISSMANN, K. G. **Plantas Infestantes e Nocivas** . 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. Tomo I.

KUNG JR., L. **Silage fermentation and additives** – microbial and forage additive compendium. Minnetonka, MN.: Miller Publishing Co., 2001. 17p.

KUNG JR., L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. University of Wisconsin – **Focus on forage**. v. 3, n. 13, 2001. 5 p.

LAMIC. **Atividade de água**. Laboratório de Análises Micotoxicológicas. Disponível em: <<http://www.lamic.ufsm.br/Aw.html>>. Acesso em: 01 maio 2004.

LAMMERS, B. P.; BUCKMASSTER, D. R.; HEINRICHS, E. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forages and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996.

LAVEZZO, W. Ensilagem de capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM. **Anais...** 12., 1994, Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 169-275.

LAVEZZO, W. Silagem de capim-elefante. **Informe Agropecuário**. v. 11, n. 132, p. 50-57, 1985.

LIMA, J. A.; EVANGELISTA, A. R.; OLIVEIRA, S. G.; SILVA, C. L.; BERNARDES, T. F. Aditivos na ensilagem de coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) II – Farelo de trigo e polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. Trabalho 0324. CD ROM.

LIMA, J. A.; EVANGELISTA, A. R.; SANTOS, R. V.; SIQUEIRA, G. R. Aditivos na silagem de coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) 2. Sacharina e Fubá. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 0033. CD ROM.

MACHADO FILHO, L. C. P. ; MÜHLBACH, P. R. F. Efeito do emurchecimento na qualidade das silagens de capim-elefante cv. Cameron (*Pennisetum Purpureum* Schumach.) e de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), avaliadas quimicamente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 15, n. 3, p. 225-233, 1986.

MAHANNA, B. **Troubleshooting silage problems**. Disponível em <<http://www.pionner.com/xweb>>. Acesso em: 20 outubro 1997.

MCCULLOUGH, M. E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, v. 49, n. 13, p. 49-52, 1977.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley, 1981. 226 p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. In: **The biochemistry of silage**. Ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 226 p.

MIR, Z.; JAN, E. Z.; ROBERTSON, J. A. Effects of microbial inoculant and moisture content on preservation and quality of round baled alfafa. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 75, n. 1, p. 15-23, 1995.

MORAIS, J. P. G. Silagem de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 89-95.

MOURA, M. S. C.; CARVALHO, F. F. R.; GUIM, A.; MARQUES, D. H. M.; FERREIRA, R. C. Efeito de aditivos sobre a velocidade de deterioração de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 1157. CD ROM.

MUCK, R. E. **Dry matter level effects on alfalfa silage quality**. Transactions of the American Society in Agriculture and Engineering, v. 30, n. 1, p. 7-11, 1987.

MUCK, R. E. **Effects of corn silage inoculants on aerobic stability.** In: INTERNATIONAL MEETING ; CIGR World Congress. 15., 2002, Chicago. **Annual...** Chicago, Illinois, USA: ASAE, 2002. 13 p.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal Dairy Science**, v. 71, n. 3, p. 2992-3002, 1988.

MUHLBACH, P. R. F. **Additives to improve the silage making process of tropical forages.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 161, 1997.

NARCISO SOBRINHO, J. N. **Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), em três estádios de maturidade, submetido ao emurchecimento.** Piracicaba, 1998. 105 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** 7. ed. Washington: National Academy Science, 1996. 242 p.

NUSSIO, L. G. Controle do processo de fermentação. In: CURSO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE GRAMÍNEA TROPICAL. 1., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, p. 121-138, 2000.

NUSSIO, L. G.; LIMA, L. G.; MATTOS, W. S. Produção de volumosos para o inverno. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. Bovinos Leiteiros. 1., 1999, **Anais...** Espírito Santo do Pinhal: Fundação Pinhalense de Ensino – CREUPI, 1999. p. 75-90.

O'KIELY, P.; MOLONEY, A.; KEATING, T.; SHIELS, P. **Maximizing output of beef within cost efficient, environmental compatible forage conservation systems.** Dunsany: Teagast, 1999. cap. 3, p. 31-43.

ONSELEN, V. J. V.; LOPEZ, J. Efeito da adição de fontes de carboidratos e de um produto enzimático comercial na composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 17, n. 5, p. 421-427, 1988.

PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. Crescimento estacional de cultivares de capim-elefante. **Boletim Indústria Animal**. v. 39, n. 1, p. 29-41, 1982.

PEDREIRA, M. S.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. A.; COAN, R. M.; SILVEIRA, R. N.; AZEVEDO, P. T.; SEIXAS, P. F. 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. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 0192. CD ROM.

PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P.; PASSOS, L. P.; FREITAS, V. P.; VERNEQUE, R. S.; BARRA, R. B.; SILVA, C. H. P. Variação da qualidade de folhas em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e híbridos de capim-elefante x milho (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*), em função da idade da planta. **Ciência Agrotécnica**, v. 24, n. 2, p. 490-499, 2000.

PEREIRA, J. R. A.; ROSSI JR., P. **Manual prático de avaliação nutricional de alimentos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. 25 p.

PERES, J. R. **Avaliação da polpa de citros seca e peletizada como aditivo na ensilagem do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum)**. Piracicaba, 1997. 82 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. The Buffering Constituents of Forage. **Journal Science Food Agriculture**, v. 17, p. 264-268, 1966.

QUADROS, D. G.; FIGUEIREDO, M. P.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; FERREIRA, J. Q. Perfil da fermentação e degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de capim-elefante com diferentes percentuais de casca de café. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. Trabalho 1268. CD ROM.

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

QUEIROZ FILHO, J. L.; SILVA, D. V.; NASCIMENTO, I. S.; SANTOS, E. A.; OLIVEIRA FILHO, J. J. Produção de matéria seca e qualidade de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 262-266, 1998.

RANJIT, N. K.; KUNG JR., L. The effects of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 3, p. 526-535, 2000.

REIS, R. A.; COAN, R. M.; PEREIRA, M. S.; PANIZZI, R. C.; BERNARDES, T. F.; SILVA, J. M. N. Valor nutritivo do capim Tifton 85 ensilado com diferentes conteúdos de umidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. Trabalho 142842. CD ROM.

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

REZENDE, L. H. G. S.; BULCÃO, R. A. A.; NUNES, A. B.; DIAS, M.; GONÇALVES, W. F.; DETMANN, E.; MORAIS, M. G.; ÍTAVO, C. C. B. F. Efeito de diferentes níveis de polpa cítrica de laranja e cama de frango sobre alguns parâmetros fermentativos de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) var. Roxo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. Trabalho 1443. CD ROM.

ROCHA JÚNIOR, V. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BRITO, A. F.; RODRIGUES, N. M. Produção de ácidos orgânicos das silagens de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. Trabalho 0403. CD ROM.

ROCHA, F. C.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; FREITAS, A. W. P.; BERNARDINO, F. S. Níveis de uréia e períodos de amonização sobre o valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) – cv. Napier. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 1179. CD ROM.

RODRIGUES NETO, A. J.; BERGAMASCHINE, A. F.; ISEPON, O. J.; ALVES, J. B.; HERNANDEZ, F. B. T.; MACEDO, M. P. Efeito de aditivos no valor nutritivo de silagens feitas com subproduto da extração do palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* H. B. K.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1367-1375, 2001.

RODRIGUES, P. H. M.; ALMEIDA, L. F. S.; LUCCI, C. S.; MELOTTI, L.; LIMA, F. R. Efeito da adição de inoculantes microbianos sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa adicionada de polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1646-1653, 2004a.

RODRIGUES, P. H. M.; ANDRADE, S. J. T.; ALMEIDA, L. F. S.; MEYER, P. M.; LIMA, F. R.; LUCCI, C. S. Inoculação microbiana da alfafa para ensilagem sobre digestibilidade aparente em carneiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1925-1930, 2001.

RODRIGUES, P. H. M.; BORGATTI, L. M. O.; SOUZA, R. W.; PASSSINI, R. Níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1138-1145, 2005.

RODRIGUES, P. H. M.; PEDROSO, S. B. G.; MELOTTI, L.; ANDRADE, S. J. T.; LIMA, F. R. Composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante obtida em diferentes tipos de silos experimentais e no silo tipo trincheira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2386-2392, 2002.

RODRIGUES, P. H. M.; RUZANTE, J. M.; SENATORE, A. L.; LIMA, F. R.; MELOTTI, L.; MEYER, P. M. Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 538-545, 2004b.

ROUSH, W.B.; PETERSEN, R.G.; ARSCOTT, G.H. An application of response surface methodology to research in poultry nutrition. **Poultry Science**, v. 58, p. 1504-1513, 1979.

RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E.; GALTON, D.M. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 1, p. 141-153, 1995.

RUST, S. R.; KIM, H. S.; ENDERS, G. L. Effects of microbial inoculant fermentation characteristics and nutritive value of corn silage. **Journal of Production and Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 235-241, 1989.

SANDERSON, M. A. **Aerobic stability and in vitro fiber digestibility of microbially inoculated corn and sorghum silages**. Stephenville: Texas A&M University Research and Extension Center, 1992. p. 505-514.

SARAN NETTO, A.; PAIVA, F. A.; HERLING, V. R.; LIMA, L. G. Efeito de aditivos e pré-umurecimento na composição química de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. Trabalho 245. CD ROM.

SAS. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS User's guide: statistics**. Versão 5. Cary: SAS, 1985.

SCHEFFER DE ROJAS, S. M. **Efeitos de aditivos e do momento de vedação na qualidade da silagem de milho em condições de laboratório**. 1976. 83 p. Tese (Mestrado) – Faculdade de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1976.

SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; REIS, R. A.; COAN, R. M.; BERNARDES, T. F.; PANIZZI, R. C.; POIATTI, M. L.; PEDREIRA, M. S. Alterações químicas e microbiológicas nas silagens de capim Tifton 85 após a abertura dos silos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 464-471, 2005.

SCHROEDER, J. W. **Silage fermentation and preservation**. Bulletin AS-1254. NDSU Extension service, North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, 2004.

SILVA, J. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979. p. 190-236.

SILVEIRA, A. C. Produção e utilização de silagens. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 12., 1987, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: Fundação Cargill, 1987. p. 119-134.

SILVEIRA, A. C.; LAVEZZO, W.; TOSI, M.; GONÇALEZ, D. A. Consumo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Shum.) submetidas a diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 8, n. 2, p. 287-299. 1979.

SOARES, J. P. G.; DERESZ, F.; AROEIRA, L. J. M.; VERNEQUE, R. S.; ANDRADE, P.; BERCHIELLI, T. T. Efeito da idade do capim-elefante manejado sob corte sobre a composição química da forragem e o consumo por vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. Trabalho 665. CD ROM.

SOUZA, A. L.; BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; ROCHA, F. C.; PIRES, A. J. V. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante *Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon com diferentes níveis de casca de café. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 0800. CD ROM.

SOUZA, A. L.; BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; ROCHA, F. C.; PIRES, A. J. V. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 828-833, 2003.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **The Journal of the British Grassland Society**, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

TOSI, H. Conservação de forragem como consequência do manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 1., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1973. p. 117-140.

TOSI, H., RODRIGUES, L. R. A., JOBIM, C. C.; OLIVEIRA, M. D. S.; SAMPAIO, A. A. M.; ROSA, B. Ensilagem do capim-elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 6, p. 909-916, 1995.

TOSI, H.; BONASSI, I. A.; ITURRINO, R. P. S.; FURTADO, C. E.; DRUDI, A. Avaliação química e biológica da silagem de capim-elefante, cultivar Taiwan A-148, preparada com bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 11, p. 1313-1317, 1989.

TOSI, H.; FARIA, V. P.; GUTIERREZ, L. E.; SILVEIRA, A. C. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Taiwan A-148, como planta para ensilagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 295-299, 1983.

TOSI, P.; MATTOS, W. R. S.; TOSI, H.; JOBIM, C. C.; LAVEZZO, W. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Taiwan A-148, ensilado com diferentes técnicas de redução de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 947-954, 1999.

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v. 74, n. 1, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Cornell University, 202 p., 1985.

VASCONCELOS, S. H. L.; BRAGA, A. P.; RIBEIRO, H. U.; OTANI, A. E.; BARRA, B. P.; SILVA, A. C. Efeito da adição de rama de meloeiro (*Cucumis melo* L.) sobre a composição químico-bromatológica da silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), cv. Cameron. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 0427. CD ROM.

VILELA, D. Aditivos para silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu, **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**. Coronel Pacheco-MG: EMBRAPA – CNPGL, p. 117-164, 1994.

VILELA, D.; CRUZ, G. M.; CARVALHO, J. L. H. Efeito de alguns aditivos sobre a qualidade e valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Circular Técnica**, EMBRAPA – CNPGL, n.15, 1982. 15 p.

VILELA, H. **Silagem de gramínea (capim) tropical**. Disponível em: <<http://www.zootecnia.com.Br/forragicultura/silagemdegramínea.html>>. Acesso em: 25 abr. 2004.

VILELA, H.; BARBOSA, F. A.; DIAS, E. T.; RODRIGUEZ, N.; BENEDETTI, E. Qualidade das silagens de capim-elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso) submetidos a três tempos de emurchecimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 323-324.

WING, J. M. Citrus feedstuffs for dairy cattle. Gainesville: University of Florida, Bulletin n. 829, 1982. 15 p.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal Applied Bacteriology**, v. 68, n. 2, p. 101-116, 1990.

WOOLFORD, M. K. **The Silage Fermentation**, New York: Marcel Dekker Inc., 1984. v. 14.

YANG, C. M.; HUANG, S. C.; CHANG, T.; CHENG, Y. H.; CHANG, C. T. Fermentation acids, aerobic fungal growth, and intake of napiergrass ensiled with nonfiber carbohydrates. **Journal Dairy Science**, v. 87, n. 3, p. 630-636, 2004.

YOKOTA, H.; OHSHIMA, M. Silage quality of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) ensiled with rice bran. **Animal Science and Technology**, v. 68, n. 3, p. 305-309, 1997.