

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA**

**Cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio para equinos
adultos estabulados**

RENATA VITARELE GIMENES PEREIRA

**BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA – UFMG
2014**

RENATA VITARELE GIMENES PEREIRA

**Cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio para equinos
adultos estabulados**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia, sob orientação da Professora Dra. Adalgiza Souza Carneiro de Rezende.

**BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA – UFMG**

2014

TESE defendida e aprovada em 24/02/2014 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:

Adalgiza Souza Carneiro de Rezende
Orientadora

Prof^ª. Eloísa de Oliveira Simões Saliba

Prof. Rafael Resende Faleiros

Prof^ª. Heloisa Helena Capuano de Rezende

Prof^ª. Raquel Silva de Moura

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades, ensinamentos e por cuidar de mim.

À minha família que sempre me apoiou e por toda paciência que tiveram comigo em todos os momentos.

Ao Wellyngton pela paciência, ensinamentos, companheirismo e ajuda em todas as etapas deste trabalho.

Aos meus amigos que entenderam as minhas ausências e sempre me incentivaram.

À professora Adalgiza pelas orientações.

Ao professor Rogério Martins Maurício pela amizade e orientações.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Barbacena por toda a infraestrutura para a realização da etapa experimental.

Ao professor Jorge Luiz Baumgratz pela confiança em mim depositada e por toda ajuda na etapa experimental.

Aos estagiários que foram meus braços, direito e esquerdo, e que com toda a alegria tornaram muito agradável todas as etapas deste trabalho (Luís Fernando, Duarte, Túlio, Felipe, Vinícius, André, Alysson, Leidiane, Ludmila, Teresa, Denise, Leonardo, Lenir, Christian, Guilherme, João Eduardo, João Felipe, Lucas, Paloma, Daiane, Jaqueline, Brenda, Josiele, Rogério, Thaís, Fernanda, Ana Laura,...).

Aos funcionários do Núcleo de Zootecnia, Equoterapia, Mecanização, Laboratório de química e Laboratório de Solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Barbacena por toda ajuda.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, Kelly e Marcos, pela ajuda nas análises laboratoriais.

À Professora Marília por toda paciência, explicações e ajuda na realização das análises sanguíneas.

Ao Professor Ivan e professora Ângela, ao Juliano Martins Santiago, à Ana Paula Madureira e ao Danilo pelo auxílio na realização das análises estatísticas.

Ao professor Geraldo Eleno e sua equipe (Fabiana e Bruno) pela realização das gastroscopias e orientações.

Aos cavalos do experimento e, em especial ao Astro (*in memoriam*), por tudo que me ensinaram e ajudaram: Zumbi, Orvalho, Malibu, Campeão, Mosaico, Ventura, Parafuso, Inoro, Gavião, Sorim, Bala Perdida, Bravo, Teco, Dourado e Mineiro.

A CAPES pela bolsa de estudo durante parte do doutorado e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

Agradeço a todos aqueles que me ajudaram e me incentivaram a realizar este trabalho!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E TABELAS	07
LISTA DE ANEXOS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS	13
RESUMO	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL.....	19
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 A equinocultura no Brasil.....	20
2.2 Cana-de-açúcar	21
2.2.1 Histórico e produtividade da cana-de-açúcar no Brasil.....	21
2.2.2 Utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal	23
2.2.3 Utilização da cana-de-açúcar na dieta de equinos	25
2.2.4 Hidrólise da cana-de-açúcar	26
2.3 Fisiologia da digestão dos carboidratos nos equinos	29
2.3.1 Estrutura dos carboidratos não estruturais e sua digestão em equinos	30
2.3.2 Estrutura dos carboidratos estruturais e sua digestão em equinos	31
2.4 Importância da forragem na dieta de equinos	33
2.5 Níveis de fibra na dieta de equinos	35
2.6 Métodos para a determinação do consumo e digestibilidade aparente em equinos	36
2.6.1 Método direto ou da coleta total de fezes	39
2.6.2 Métodos indiretos	39
2.6.2.1 Indicadores externos	41
2.6.1.1 Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®)	41
2.7 Comportamento e bem-estar de equinos estabulados	42
2.8 Perfil hematológico e bioquímico de equinos	44
2.9 Cálcio e fósforo	46
2.9.1 Importância do cálcio e do fósforo no organismo animal	46
2.9.2 Metabolismo e concentrações plasmáticas de cálcio e fósforo em equinos	48
2.9.3 Absorção e excreção do cálcio e do fósforo em equinos	50
2.9.4 Exigência de cálcio em equinos	52
2.9.5 Relação de cálcio e fósforo da dieta de equinos	54
2.9.6 Fontes inorgânicas de cálcio e de fósforo para equinos	54
2.9.7 Problemas causados pelo desequilíbrio de cálcio e fósforo da dieta de equinos	57
2.10 Referências bibliográficas	60
CAPÍTULO III - TEMPERATURA, PH, GRAU BRIX E VALOR NUTRITIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR <i>IN NATURA</i> OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS PARA A UTILIZAÇÃO NA DIETA DE EQUINOS	70
Resumo	70
Abstract.....	71
Introdução.....	72
Material e métodos	73
Resultados e discussão	75
Conclusões	85
Referências bibliográficas	85
CAPÍTULO IV – CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE EQUINOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR <i>IN NATURA</i> OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS.....	88

Resumo	88
Abstract.....	89
Introdução.....	89
Material e métodos	90
Resultados e discussão	95
Conclusões	110
Referências bibliográficas	110
CAPÍTULO V – COMPORTAMENTO DE EQUINOS ESTABULADOS E ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS	113
Resumo	113
Abstract.....	114
Introdução.....	114
Material e métodos	116
Resultados e discussão	117
Conclusões	121
Referências bibliográficas	121
CAPÍTULO VI – PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E CARACTERÍSTICAS FECAIS DE EQUINOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS	124
Resumo	124
Abstract.....	125
Introdução.....	127
Material e métodos	127
Resultados e discussão	129
Conclusões	136
Referências bibliográficas	137
CAPÍTULO VII – HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA SÉRICA DE EQUINOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS	139
Resumo	139
Abstract.....	140
Introdução.....	145
Material e métodos	142
Resultados e discussão	144
Conclusões	156
Referências bibliográficas	157
CAPÍTULO VIII – GASTROSCOPIA DE EQUINOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS	161
Resumo	161
Abstract.....	162
Introdução.....	163
Material e métodos	163
Resultados e discussão	165
Conclusões	168
Referências bibliográficas	169
CAPÍTULO IX - CONSIDERAÇÕES FINAIS	171
ANEXOS	172

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA.....	20
Figura 01. Reação de hidrólise alcalina entre os carboidratos estruturais da parede celular e o hidróxido de cálcio (Mota, 2008).....	27
Tabela 1. Concentrações médias de fósforo e cálcio de algumas fontes de fósforo	55
CAPÍTULO III – TEMPERATURA, PH, GRAU BRIX E VALOR NUTRITIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR <i>IN NATURA</i> OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS PARA UTILIZAÇÃO NA DIETA DE EQUINOS.....	70
Tabela 1. Composição química da cana-de-açúcar em g / Kg de matéria seca (MS) e em porcentagem (%) da matéria seca total.....	73
Figura 1- Temperatura (°C) da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas).....	75
Figura 2- PH da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas).....	75
Figura 3: Grau brix (%) da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas).....	76
Tabela 2 - Temperatura (°C), pH e grau brix da cana-de-açúcar nas diferentes concentrações (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) e nos diferentes tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 horas).....	77
Tabela 3 - Médias de matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada com óxido de cálcio (CaO) em diferentes concentrações (0,5; 0,75 e 1%) e armazenada em diferentes tempos (zero, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96)	81
Tabela 4 - Valores médios de fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) da cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada com óxido de cálcio (CaO) em diferentes concentrações (0,5; 0,75 e 1%) e armazenada em diferentes tempos (zero, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96).....	84
CAPÍTULO IV – CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE EQUINOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR <i>IN NATURA</i> OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS.....	88
Tabela 1 - Composição química dos alimentos consumidos pelos animais durante o período experimental em g / Kg de matéria seca e em porcentagem (%) da MS.....	93
Tabela 2 - Consumo de água em L / dia (CONH ₂ O), consumo de água em L / kg de matéria seca ingerida (CH ₂ O _{MS}), consumo de água em L / kg de peso vivo (CH ₂ O _{PV}), consumo de água em L / 100 Kg de peso vivo (CH ₂ O ₁₀₀) de equinos alimentados com cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas	96
Tabela 3 - Consumo de matéria seca em kg / 100 kg de peso vivo (CMSPV), consumo de matéria seca em g / kg de peso metabólico (CMSPM), digestibilidade aparente da matéria seca em % (DAMS), consumo de matéria orgânica em kg / 100 kg de peso vivo (CMOPV), consumo de matéria orgânica em g / kg de peso metabólico (CMOPM) e digestibilidade	

aparente da matéria orgânica em % (DAMO) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas..... 98

Tabela 4 - Consumo de matéria mineral em kg / 100 kg de peso vivo (CMMPV), consumo de matéria mineral em g / kg de peso metabólico (CMMPM), digestibilidade aparente da matéria mineral em % (DAMM), consumo de proteína bruta em kg / 100 kg de peso vivo (CPBPV), consumo de proteína bruta em g / kg de peso metabólico (CPBPM) e digestibilidade aparente da proteína bruta em % (DAPB) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas..... 101

Tabela 5 - Consumo de energia bruta em Mcal / dia (CEB), consumo de energia bruta em Mcal / dia / kg de peso metabólico (CEBPM), digestibilidade aparente da energia bruta em % (DAEB), consumo de energia digestível em Mcal / dia (CED), consumo de celulose em kg / 100 kg de peso vivo (CCELPV), consumo de celulose em g / kg de peso metabólico (CCELPM) e digestibilidade aparente da celulose em % (DACEL) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 101

Tabela 6 - Consumo de fibra bruta em kg / 100 kg de peso vivo (CFBPV), consumo de fibra bruta em g / kg de peso metabólico (CFBPM), digestibilidade aparente da fibra bruta em % (DAFB), consumo de fibra insolúvel em detergente neutro em kg / 100 kg de peso vivo (CFDNPV), consumo de fibra insolúvel em detergente neutro em g / kg de peso metabólico (CFDNPM) e digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente neutro em % (DAFDN) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 104

Tabela 7 - Consumo de fibra insolúvel em detergente ácido em kg / 100 kg de peso vivo (CFDAPV), consumo de fibra insolúvel em detergente ácido em g / kg de peso metabólico (CFDAPM), digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente ácido em % (DAFDA), consumo de hemiceluloses em kg / 100 kg de peso vivo (CHEPV), consumo de hemiceluloses em g / kg de peso metabólico (CHEPM) e digestibilidade aparente das hemiceluloses em % (DAHE) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas.....106

Tabela 8 - Consumo de cálcio em kg / 100 kg de peso vivo (CCAPV), consumo de cálcio em g / kg de peso metabólico (CCAPM), consumo de fósforo em kg / 100 Kg de peso vivo (CPPV) e consumo de fósforo em g / kg de peso metabólico (CPPM) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 107

Tabela 9 - Taxa de recuperação fecal (%) (TRF) pelo LIPE (1), produção fecal (kg de MS) (PF) e digestibilidade da matéria seca (DMS) em % determinadas a partir do indicador LIPE[®] (1) e pela coleta total de fezes (2) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas..... 108

Tabela 10 – Digestibilidade da proteína bruta (DPB), fibra bruta (DFB) e fibra insolúvel em detergente neutro (DFDN) em % determinadas a partir do indicador LIPE (1) e pela coleta total de fezes (2) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas..... 109

Tabela 11 - Digestibilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (DFDA), hemiceluloses (DHEM) e celuloses (DCEL) em % determinadas a partir do indicador LIPE (1) e pela coleta total de fezes (2) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas..... 109

CAPÍTULO V – COMPORTAMENTO DE EQUINOS ESTABULADOS E ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS 112

Tabela 1: Tempo (minutos) de ócio, alimentando e dormindo de equinos estabulados e alimentados com cana-de-açúcar *in natura* (I) e hidrolisada e armazenada nos tempos de 24 (II), 48 (III) e 72 (IV) horas, observados por cinco dias, durante 24 horas, com intervalos de sete dias entre cada período de observação.....120

Tabela 2 - Média (minutos) dos cinco dias de observação do tempo em que os animais permaneceram deitados, comendo sal, ingerindo água, defecando, urinando, andando, coprofagia, mordendo a baía, aerofagia e outros, quando estabulados e alimentados com cana-de-açúcar *in natura* (I) e hidrolisada e armazenada nos tempos de 24 (II), 48 (III) e 72 (IV) horas..... 120

CAPÍTULO VI – PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E CARACTERÍSTICAS FECAIS DE EQUINOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS 124

Tabela 1 - Média da temperatura ambiental (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental nos turnos manhã e tarde129

Tabela 2 - Média da frequência cardíaca (FC) (batimentos por minuto) e frequência respiratória (movimentos por minuto) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 e 72 horas durante os turnos manhã e tarde 130

Tabela 3 - Valores médios semanais (zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a) do pH das fezes de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 133

Tabela 4 - Valores médios semanais (zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a) dos teores de matéria seca (%) das fezes de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 135

CAPÍTULO VII – HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA SÉRICA DE EQUINOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS 139

Tabela 1 - Médias semanais de hemácias (hema) ($\times 10^6/\mu\text{l}$), hemoglobina (hemo) (g/dL), volume globular (vg) (%), volume corpuscular médio (vcm) (μ^3), concentração de hemoglobina corpuscular média (chcm) (g/dL) e leucócitos totais (leu) ($\times 10^3/\mu\text{l}$) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 144

Tabela 2 - Médias semanais de cálcio (Ca), fósforo (P) e fosfatase alcalina (FA) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 146

Tabela 3 - Médias semanais de aspartato aminotransferase (AST), lactato desidrogenase (LDH), gama glutamiltransferase (GGT) e de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 149

Tabela 4 – Médias semanais de proteína total (PT), ureia, creatinina (CREA) e glicose de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas 152

Tabela 5 - Média dos valores da resposta glicêmica (mg/dL) e equações de regressão de equinos alimentados com cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas nos tempos de 0 (jejum), 1, 2, 4, 6 e 8 horas após alimentação.....	154
CAPÍTULO VIII – GASTROSCOPIA DE EQUINOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS	
Tabela 1 - Classificação das úlceras gástricas, de acordo com o número de lesões e severidade.....	165
Tabela 2 – Médias e medianas da pontuação do número de lesões (PNL) e da severidade das lesões (PSL) da porção aglandular do estômago de equinos imediatamente antes (T1) e no 30º dia (T2) de consumo de cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas	165
Tabela 3 – Médias e medianas da pontuação do número de lesões (PNL) e da severidade das lesões (PSL) da porção glandular do estômago de equinos imediatamente antes (T1) e no 30º dia (T2) de consumo de cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas	167
Tabela 4 - pH do estômago de equinos imediatamente antes e no 30º dia de consumo de cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas.....	167

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I – PESO VIVO SEMANAL DOS ANIMAIS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL	172
Tabela 1 – Peso vivo (kg) de equinos alimentados com cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas nos tempos de 0, 7, 14, 21 e 28 dias após o início da alimentação	172
ANEXO II – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SAL MINERAL CONSUMIDO PELOS ANIMAIS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL POR KG DO PRODUTO.....	172
Tabela 1 – Composição química do sal mineral consumido pelos animais durante o período experimental por kg do produto	172
ANEXO III – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DO VALOR NUTRIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR	173
Tabela 1: Equações de regressão dos valores do grau brix da cana-de-açúcar para cada tempo de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas) em função das concentrações (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio.....	173
Tabela 2 - Equações de regressão dos valores de matéria seca final (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da cana-de-açúcar para cada tempo de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas) em função das concentrações (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio.....	174
Tabela 3 - Equações de regressão dos valores da matéria seca final (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas)	175
Tabela 4 - Equações de regressão dos valores de fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) da cana-de-açúcar para cada tempo de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas) em função das concentrações (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO)	177
Tabela 5 - Equações de regressão dos valores da fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas).....	177
ANEXO IV – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DOS VALORES DE HEMOGRAMA .	178
Tabela 1 - Equações de regressão dos valores de hemácias ($\times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (g/dL), volume globular médio (VGM) (%), volume corpuscular médio (VCM) (μ^3), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (g/dL) e valores de leucócitos totais (LEU) ($\times 10^3/\mu\text{L}$) de equinos alimentados com cana-de-açúcar para cada tempo (zero, 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a e 4 ^a semana) após o início da alimentação em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar (<i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas).....	178
Tabela 2 - Equações de regressão dos valores de hemácias ($\times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (g/dL), volume globular médio (VGM) (%), volume corpuscular médio (VCM) (μ^3), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (g/dL) e valores de leucócitos totais (LEU)	

(x10 ³ /μL) de equinos alimentados com cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas em função dos tempos de 0, 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a e 4 ^a semana após o início da alimentação	179
ANEXO V – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DOS VALORES DE BIOQUÍMICA SÉRICA.....	180
Tabela 1 - Equações de regressão dos valores de aspartato aminotransferase (AST) (U/L), lactato desidrogenase (LDH) (U/L), gama glutamiltransferase (GGT) (U/L), proteína total (PT) (g/dL), ureia (mg/dL), creatinina (CREA) (mg/dL), potássio (K) (mEq/L), cálcio (Ca) (mg/dL), fósforo (P) (mg/dL), fosfatase alcalina (FA) (UI/L) e glicose sanguínea (mg/dL) de equinos alimentados com cana-de-açúcar para cada tempo (0, 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a e 4 ^a semana) após o início da alimentação em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar (<i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas).....	180
Tabela 2 - Equações de regressão dos valores de aspartato aminotransferase (AST) (U/L), lactato desidrogenase (LDH) (U/L), gama glutamiltransferase (GGT) (U/L), proteína total (PT) (g/dL), ureia (mg/dL), creatinina (CREA) (mg/dL), cálcio (Ca) (mg/dL), fósforo (P) (mg/dL), fosfatase alcalina (FA) (UI/L) e glicose sanguínea (mg/dL) de equinos alimentados com cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas em função dos tempos de 0, 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a e 4 ^a semana após o início da alimentação	182
ANEXO VI – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DOS VALORES DE PH E MATÉRIA SECA DAS FEZES	183
Tabela 1- Equações de regressão dos valores do pH e matéria seca (MS) das fezes de equinos alimentados com cana-de-açúcar para cada tempo (0, 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a e 4 ^a semana) após o início da alimentação em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar (<i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas)	183
Tabela 2 - Equações de regressão dos valores do pH e matéria seca (MS) (%) das fezes de equinos alimentados com cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas em função dos tempos de 0, 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a e 4 ^a semana após o início da alimentação.....	183

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV.....	Ácidos graxos voláteis
AST.....	Aspartato aminotransferase
BA.....	Bahia
bpm.....	Batimentos por minuto
°C.....	Graus célsius
Ca.....	Cálcio
CDA.....	Coeficiente de Digestibilidade Aparente
CaO.....	Óxido de cálcio
Ca(OH) ₂	Cal hidratada micropulverizadas
CEL.....	Celulose
CHCM.....	Concentração de hemoglobina corpuscular média
CCAPM....	Consumo de cálcio em g / kg de peso metabólico
CCAPV....	Consumo de cálcio em kg / 100 kg de peso vivo
CCELPV...	Consumo de celulose em kg / 100 kg de peso vivo
CCELPM..	Consumo de celulose em g / kg de peso metabólico
CEB.....	Consumo de energia bruta em Mcal / dia
CED.....	Consumo de energia digestível em Mcal / dia
CFBPV....	Consumo de fibra bruta em kg / 100 kg de peso vivo
CFBPM.....	Consumo de fibra bruta em g / kg de peso metabólico
CFDNP..	Consumo de fibra insolúvel em detergente neutro em g / kg de peso metabólico
CFDNPV	Consumo de fibra insolúvel em detergente neutro em kg / 100 kg de peso vivo
CFDAPM	Consumo de fibra insolúvel em detergente ácido em g / kg de peso metabólico
CFDAPV	Consumo de fibra insolúvel em detergente ácido em kg / 100 kg de peso vivo
CNA.....	Comissão Nacional do Cavalo da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CPPM.....	consumo de fósforo em g / kg de peso metabólico
CPPV.....	consumo de fósforo em kg / 100 Kg de peso vivo
CHEPM...	consumo de hemiceluloses em g / kg de peso metabólico
CHEPV....	consumo de hemiceluloses em kg / 100 kg de peso vivo
CONH ₂ O....	Consumo de água em L / dia
CH ₂ OMS....	Consumo de água em L / kg de matéria seca ingerida
CH ₂ OPV.....	Consumo de água em L / kg de peso vivo
CH ₂ O100....	Consumo de água em L / 100 Kg de peso vivo
cm.....	Centímetro
CMMPV..	Consumo de matéria mineral em kg / 100 kg de peso vivo
CMMPM.	Consumo de matéria mineral em g / kg de peso metabólico
CMOPV.....	Consumo de matéria orgânica em kg / 100 kg de peso vivo
CMOPM....	Consumo de matéria orgânica em g / kg de peso metabólico

CMSPV.....	Consumo de matéria seca em kg / 100 kg de peso vivo
CMSPM.....	Consumo de matéria seca em g / kg de peso metabólico
CPBPV....	consumo de proteína bruta em kg / 100 kg de peso vivo
CPBPM...	consumo de proteína bruta em g / kg de peso metabólico
CREA.....	creatinina
CTF.....	Coleta total de fezes
CV.....	Coeficiente de variação
DA.....	Digestibilidade Aparente
DACEL...	Digestibilidade aparente da celulose em %
DAEB.....	Digestibilidade aparente da energia bruta em %
DAFB.....	Digestibilidade aparente da fibra bruta em %
DAFDA...	Digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente ácido em %
DAFDN...	Digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente neutro em %
DAHE.....	Digestibilidade aparente das hemiceluloses em %
DAMM....	Digestibilidade aparente da matéria mineral em %
DAMO....	Digestibilidade aparente da matéria orgânica em %
DAMS.....	Digestibilidade aparente da matéria seca em %
DAPB.....	Digestibilidade aparente da proteína bruta em %
DISMS....	Digestibilidade <i>in situ</i> da matéria seca
DIVMS....	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
DIVFDN	Digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro
DIVFDA	Digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente ácido
DOD.....	Doenças ortopédicas do desenvolvimento
dL.....	Decilitro
EB	Energia Bruta
ED.....	Energia Digestível
EE.....	Extrato Etéreo
ESALQ....	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
FA.....	Fosfatase alcalina
FB.....	Fosfato bicálcico
FC.....	Frequência cardíaca
FDA.....	Fibra em Detergente Ácido
FDN.....	Fibra em Detergente Neutro
FR.....	Frequência respiratória
FT.....	fosfato de rocha de Tapira
g.....	Gramas
GGT.....	Gama glutamiltransferase
HEM	Hemiceluloses

Hema.....	Hemácias
Hemo.....	Hemoglobina
HSN.....	hiperparatireoidismo nutricional secundário
IBGE.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Kcal.....	Quilocaloria
kg.....	Quilograma
L.....	Litro
LDH.....	lactato desidrogenase
LEU.....	leucócitos totais
LIG.....	Lignina
LIPE [®]	Lignina purificada e enriquecida
m.....	metro
Mcal.....	Megacalorias
mg.....	miligrama
MM.....	Matéria Mineral
mm.....	milímetro
MO.....	Matéria Orgânica
mpm.....	Movimentos por minuto
MS.....	Matéria Seca
NaOH.....	hidróxido de sódio
NDT.....	Nutrientes digestíveis totais
NH ₃	amônia anidra
NS.....	Não significativo
P.....	Fósforo
PB.....	Proteína Bruta
PF.....	Produção fecal
PNL.....	pontuação do número de lesões
PSL.....	Pontuação da severidade das lesões
PT.....	proteína total
PV.....	Peso Vivo
%PV.....	Porcentagem do Peso Vivo
RS.....	Rio Grande do Sul
SISVAR	Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados
TRF.....	Taxa de recuperação fecal
TR.....	Temperatura retal
Trat.....	Tratamento
UI.....	Unidades internacionais
VCM.....	volume corpuscular médio
VG.....	volume globular
µl.....	Microlitro

RESUMO

No período seco do ano, a cana-de-açúcar é amplamente utilizada na dieta de equinos. No entanto, esta é utilizada sem critérios, sendo escassas as pesquisas que avaliaram a sua utilização na dieta desta espécie. O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com óxido de cálcio (CaO) e armazenada por até três dias na dieta de equinos adultos estabulados. Para isto foram realizados seis experimentos, sendo o primeiro avaliando somente a cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com CaO (0; 0,5; 0,75 e 1%) e armazenada por até 96 horas por meio da temperatura, pH, grau brix e valor nutritivo. Os demais experimentos utilizaram equinos adultos castrados (n=16), sem raça definida, com idade variando de seis a 13 anos, com peso médio de 372 a 407 kg e mantidos em baias individuais. O volumoso foi a cana-de-açúcar, fornecida à vontade e os animais foram suplementados com 1kg de farelo de trigo, 1 kg de farelo de soja e sal mineral à vontade. Os animais selecionados eram clinicamente sadios e sem histórico de alterações no sistema digestivo. Foram avaliados o consumo alimentar e de água, digestibilidade dos nutrientes, comportamento, hemograma completo, bioquímica sérica, parâmetros clínicos, características fecais, aspectos da mucosa gástrica e pH estomacal dos animais alimentados por trinta dias com cana-de-açúcar picada de 1 a 2cm *in natura* ou hidrolisada com 0,5% de CaO na matéria natural e armazenada durante 24, 48 ou 72 horas. Sob as condições de temperatura de 13,3 a 19,9°C e umidade relativa do ar de 79 a 87%, a adição de todas as concentrações de CaO estudadas foram eficientes para manter o valor nutritivo da cana e possibilitaram pouca variação da temperatura, pH e grau brix, permitindo que esta fosse utilizada por até 96 horas de armazenamento. No entanto, o CaO necessita ser adicionado à cana somente quando pretende-se armazená-la por período superior a 24 horas. Para utilização na dieta de equinos, sugere-se que seja utilizada a dose de 0,5% de CaO na cana-de-açúcar pela dificuldade do balanceamento dos teores de Ca/P da dieta com a inclusão de doses maiores. O consumo de matéria seca de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada está de acordo com as recomendações para a categoria animal. A cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada por 72 horas proporcionou maior consumo e digestibilidade dos nutrientes, indicando que a qualidade nutricional da cana nesse tratamento pode ser utilizada como volumoso na dieta de equinos adultos. A digestibilidade dos nutrientes da dieta de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e concentrado pode ser determinada pela LIPE[®]. Os tratamentos não influenciaram o tempo de ócio, tempo de alimentação e tempo dormindo dos equinos. Não foi observada a ocorrência de nenhum distúrbio de

comportamento em nenhum tratamento durante todo o período experimental. Os tratamentos também não influenciaram os parâmetros fisiológicos, as características físico-químicas das fezes, o hemograma e a bioquímica sérica dos animais, indicando que a cana não influenciou negativamente na higidez dos animais. Por meio dos métodos empregados e pelo período de estudo utilizado, não se observou influência dos tratamentos no pH estomacal, no número de úlceras gástricas e na severidade daquelas já existentes. Embora, numericamente, tenha se observado sinais clínicos do aumento do número e da severidade das úlceras na região aglandular devido ao consumo de cana.

Palavras-chave: conservação de alimentos, consumo, digestibilidade, volumoso

ABSTRACT

During the dry season the sugar cane is widely used in the diet of horses. However, it is used without criteria, with little research to evaluate its use in the diet of this species. The objective of this study was to evaluate the use of *in natura* or hydrolyzed sugar cane with calcium oxide (CaO) stored for up to three days, in the diet of adult stabled horses. For this purpose, six experiments were performed, the first being the sole evaluation of *in natura* or hydrolyzed sugar cane mixed with CaO (0, 0.5, 0.75 and 1%) and stored for 96 hours by means of temperature, pH, degree brix and nutritional value. The remaining experiments evaluated mongrel castrated adult horses (n = 16), aged six to 13 years, weighing 372-407 pounds and kept in individual stalls. The roughage was sugar cane and for balancing the Ca: P ratio and PB : ED, the animals were supplemented with 1 kg of wheat bran and 1 kg of soybean meal. The selected animals were clinically healthy and presented with no history of abnormal digestive tract. Intake, digestibility, behavior, blood count, serum biochemistry, clinical parameters, fecal characteristics and gastroscopy of animals fed for thirty days with cane sugar bite 1 to 2cm fresh or hydrolyzed with 0.5% CaO as fed and stored for 24, 48 and 72 hours were evaluated. Under the conditions of temperature and humidity of the present study, the addition of all the concentrations of CaO studied were effective to maintain the nutritional value of sugar cane and allowed little variation in temperature, pH and brix degree, allowing it to be used for up to 96 hours of storage. However, the CaO needs to be added to the sugar cane only when it is intended to store it for more than 24 hours. For the usage in the diet of horses, it is suggested that a dose of 0.5 % CaO be used in sugar cane face to the difficulty of balancing the levels of Ca / P of diet with the addition of higher doses. The intake of dry matter by horses fed with *in natura* or hydrolyzed sugar cane is according to the

recommendations for animal category. The hydrolyzed sugar cane, being stored for 72 hours, rendered greater intake and digestibility of nutrients, thereby improving the nutritional quality of cane to be used as roughage in the diet of horses. Nutrient digestibility of the diet of horses fed with *in natura* or hydrolyzed sugar cane and the concentrate can be determined by LIPE[®]. The treatment did not affect leisure time, feeding time and sleeping time of horses. It was not observed the occurrence of any behavior disorder in any treatment during the experimental period. The treatments did not affect the physiological parameters, the physicochemical characteristics of the feces, the blood count or the serum biochemistry of animals. By means of the methods employed and the period of study, no negative effect of the treatments were observed, either in stomach pH or in the number of gastric ulcers and severity of the existing ones. Although numerically clinical signs of the increasing number and severity of ulcers in the aglandular region have been observed due to the consumption of sugar. More studies in assessing the effects of sugar cane as food for horses in different environmental and provided for more than 30 days conditions are, then, required.

Keywords: food conservation, intake, digestibility, roughage

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, as pastagens constituem a maneira mais prática e econômica de fornecer alimentos para equinos, além de ser a mais próxima das características comportamentais naturais da espécie. Porém, aproximadamente 80% da matéria seca das forragens produzidas nas pastagens, durante o ano, está disponível no período chuvoso, tornando-se a estação seca um período crítico, no qual a produção de forragens é insuficiente, necessitando de suplementação com outros tipos de volumosos como a cana-de-açúcar.

A cana-de-açúcar é uma forrageira que apresenta elevada produtividade de massa por área, o que representa a principal vantagem de sua utilização, além de ser um volumoso com boa disponibilidade de energia, devido às altas concentrações de sacarose no período seco do ano. No entanto, apresenta baixos teores de proteína e de minerais, além de fibra de baixa digestibilidade, necessitando de suplementação dos animais para um melhor aproveitamento deste alimento.

No período seco do ano, a cana-de-açúcar é amplamente utilizada na alimentação de bovinos e sua utilização na dieta de equinos vem ocorrendo sem critérios, sendo esta relatada como causa de problemas clínicos como a cólica.

A necessidade de corte diário, devido à sua rápida fermentação em dias quentes, dificulta a utilização da cana em maior escala devido à dificuldade de mão de obra. Diante desta situação, opções como o tratamento químico da cana-de-açúcar *in natura* com óxido de cálcio ou a ensilagem podem ser válidas.

No entanto, ainda são escassos os trabalhos disponíveis na literatura que avaliam a cana-de-açúcar na dieta de equinos e não existem trabalhos que avaliem a utilização desta na forma hidrolisada para esta espécie.

Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio e armazenada na dieta de equinos adultos estabulados.

CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A equinocultura no Brasil

A criação e utilização do cavalo ocupam uma posição de destaque no Brasil. Segundo o censo do IBGE (2007) a tropa nacional possui em torno de 5.602.053 animais, sendo que Corumbá (MS) é a cidade com o maior número (0,5% do total nacional). Ainda de acordo com o IBGE (2007), o nível regional está sendo liderado pela região Sudeste (25,6%), seguido pelo Nordeste, com quase o mesmo percentual. Feira de Santana (BA) e Santana do Livramento (RS), respectivamente, ocupam a segunda e terceira posições no *ranking* municipal. Apesar do grande rebanho nacional, pouco se conhece sobre a situação atual do Agronegócio Cavalo, particularmente a sua contribuição na geração de renda e de postos de trabalho.

O Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalo, realizado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), a pedido da Comissão Nacional do Cavalo da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA (2006), mostrou ter o Brasil o terceiro maior rebanho equino do mundo, com 5,9 milhões de animais, ficando abaixo somente de China (7,9 milhões) e do México (6,3 milhões). No entanto, de acordo com dados da FAO (2013) o primeiro lugar do ranking é dos Estados Unidos (10.350.000), o segundo lugar do México (6.356.000), terceiro da China (6.337.380) e quarto do Brasil (5.437.000).

Ainda de acordo com o estudo da ESALQ, o Agronegócio Cavalo propicia uma movimentação de R\$ 7,3 bilhões por ano, gerando 640 mil empregos diretos e 3,2 milhões se forem incluídos os empregos indiretos. Em relação à exportação de carne equina, o Brasil é o quinto maior exportador do mundo, gerando uma receita de US\$ 34 milhões em 2005. (Lima, 2006).

No estudo realizado por Lima (2006) foram enumerados cerca de sessenta pontos de estrangulamento que impedem o desenvolvimento do setor e, dentre eles, o autor destacou que alguns dos principais entraves para o desenvolvimento da equinocultura no Brasil é a baixa qualidade e escassez no sistema de educação e pesquisas relacionadas à equinocultura.

Vieira (2011) realizou um estudo que caracterizou a equideocultura no estado de Minas Gerais. Este verificou que embora seja o maior do Brasil, o rebanho mineiro vem reduzindo e mesmo existindo uma íntima relação entre a distribuição de equinos e bovinos no estado, a

correlação entre a taxa de crescimento dos dois rebanhos é negativa. Estimou-se que a média do gasto anual com a criação de equinos em Minas Gerais seja de R\$468.907.276,21 e a maioria (85,23%) dos criadores entrevistados apontaram entraves que prejudicam o desenvolvimento do setor. Os principais foram: mercado e custo de produção, grande oferta de animais e concorrência desleal com grande número de leilões, baixa qualificação e custo alto da mão de obra, escassez de políticas públicas para incentivo da atividade e problemas relacionados com o manejo sanitário e nutricional. Em 2009, Minas foi responsável por 39,18% do total de carne equina exportada pelo país, mas a exportação de animais vivos do Estado ainda é incipiente (Vieira, 2011).

2.2. Cana-de-açúcar

2.2.1 Histórico e produtividade da cana-de-açúcar no Brasil

A cultura de cana-de-açúcar, uma das principais atividades econômicas no Brasil, compõe o mais antigo setor agroindustrial do país ocupando posição de destaque na economia. Essa importância está relacionada à sua múltipla utilização, que pode ser utilizada *in natura*, sob a forma de forragem para a alimentação animal, além de matéria prima para a indústria de açúcar e de álcool (Barbosa et al., 2006).

Saccharum officinarum ou cana sacarina é originária da Ásia meridional e foi introduzida na China. Seu uso, provavelmente em forma de xarope, é muito antigo. Os árabes a introduziram na Europa, iniciando seu cultivo na Andaluzia. Para suprir as necessidades da Europa e, diante da guerra entre Veneza, que monopolizava o comércio de açúcar, e os turcos, os portugueses começaram no século XIV a cultivá-la na Ilha da Madeira, enquanto os espanhóis a cultivavam nas Canárias. A América representou a possibilidade de grande expansão (MMAB, 2011).

A agricultura brasileira se iniciou na região nordeste do Brasil, no século XVI, com a criação das chamadas capitanias hereditárias e o início do cultivo da cana-de-açúcar. Baseada na monocultura, na mão de obra escrava e em grandes latifúndios, a agricultura permaneceria basicamente restrita à cana, com alguns cultivos diferentes para subsistência da população da região, por um longo período e, assim, deu-se início a história da agropecuária brasileira (MMAB, 2011).

Segundo o Museu da Memória Agropecuária no Brasil (MMAB, 2011) as primeiras mudas de cana foram trazidas para o Brasil da Ilha da Madeira em 1502. Já em 1550, muitos

engenhos distribuídos pelo litoral produziam açúcar de alta qualidade, equivalente ao produzido na Índia. Em meados do século 17, contando com incentivos para o cultivo e isenção de impostos de exportação, o Brasil tornou-se o maior produtor de açúcar-de-cana do mundo, com 230 engenhos produzindo dois milhões de arrobas do produto. É o auge da sociedade do açúcar, que tem no topo o senhor de engenho, o qual, mesmo sendo plebeu recebe privilégios de nobreza ou impenhorabilidade

Outros pólos de fabrico de açúcar cresceram nas Antilhas ou Caribe, como também em Angola, provocando produção excedente para os mercados internacionais. O ouro branco, como chegou a ser chamado o açúcar, embora fosse o grande motivo dos descobrimentos e chegadas coloniais, passou então a ser visto com interesse secundário. Em primeiro lugar estava agora a descoberta de ouro e de diamantes, que passaram a ser prioritários para a política e a economia colonial (MMAB, 2011).

O Brasil volta a ter importância econômica com a produção da cana-de-açúcar na década de 1970 com a produção de álcool combustível, ocupando novamente o lugar de maior produtor mundial. Em 1985 a produção mundial foi de 940 milhões de toneladas, um quarto desse total sendo produto brasileiro (MMAB, 2011).

O Brasil é hoje o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de etanol (Beauclair et al., 2005). A cana-de-açúcar é a maior fonte de energia renovável do país, com 15,9% de participação na matriz energética atual, superando pela primeira vez a oferta de energia hidrelétrica (14,8%), considerando-se o etanol combustível e a cogeração de eletricidade a partir do bagaço (Brasil, 2007).

A produção brasileira de cana-de-açúcar atingiu 717.462.101 toneladas em 2010, apresentando um aumento de 3,7% em relação à 2009. A área colhida cresceu 5,3%, alcançando 9.076.706 hectares. Contudo, o crescimento dos canaviais tem sido bem inferior ao ocorrido no período de 2006 a 2008. Dentre os principais motivos desta redução, está a crise econômica internacional, que restringiu os investimentos com diminuição da oferta de crédito, o que conseqüentemente acarretou uma retração no processo de implantação de novas usinas. Além disso, o clima mais seco, verificado em 2010, prejudicou o desenvolvimento das lavouras (IBGE, 2010).

Em 2010, a exemplo do que ocorreu em 2009, houve uma destinação maior da cana para fabricação de açúcar, embora a maior parte ainda seja direcionada à produção de etanol. Isto ocorreu em função da forte demanda mundial pelo açúcar, que teve como fatores a queda na produção de cana-de-açúcar da Índia, que passou de grande exportador a importador de

açúcar e o aumento da demanda pela China, valorizando o produto no mercado internacional (IBGE, 2010).

O Estado de São Paulo, maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, foi responsável por 59,5% da produção brasileira, com um aumento de 4,4% em relação ao ano anterior. A instalação de duas novas usinas e a grande quantidade de cana bisada (cana que não foi colhida em 2009) explicam o crescimento no estado, que aumentou sua área colhida em 4,3%. O Estado de São Paulo possui os maiores municípios produtores de cana-de-açúcar do Brasil, com destaque para Morro Agudo, com uma área de 96.900 hectares, sendo responsável por quase 2,0% da produção paulista (IBGE, 2010).

No Estado de Minas Gerais, a estimativa é uma produção de 60.603.247 toneladas, 3,8% superior a 2009, consolidando-se como segundo maior produtor nacional, sendo responsável por 8,4% da produção brasileira, sendo o município de Uberaba o maior produtor do estado, e o sétimo na classificação nacional, sendo responsável por 7,2% da produção mineira (IBGE, 2010).

A expansão dos canaviais atingiu com maior intensidade a Região Centro-Oeste. Goiás é o maior produtor da região, e sua produção apresentou um crescimento de 9,9% em relação a 2009, alcançando 48 000 163 toneladas. O estado do Mato Grosso do Sul apresentou um crescimento na produção de 37,9% em relação a 2009, ultrapassando Alagoas no ranking nacional. Este aumento é justificado pela expansão da área colhida, que cresceu 113.415 hectares (39,6%), alcançando 399.408 hectares (IBGE, 2010).

Em relação à Região Nordeste, os principais produtores são os Estados de Alagoas, com uma produção de 24.352.340 toneladas, e Pernambuco, com uma produção de 19.704.071 toneladas, o que corresponde a 35,4% e 28,6% da produção nordestina, respectivamente. Em Alagoas ocorreu uma redução de 9,1% na produção devido à queda de produtividade dos canaviais (9,1%), influenciada pelas enchentes que atingiram o estado em junho de 2010, ocasionando sérios prejuízos nos canaviais e nas indústrias (IBGE, 2010).

2.2.2 Utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal

O grande potencial da utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal deve-se à sua disponibilidade como volumoso no período da seca, sua produção elevada por hectare e por apresentar pequeno custo da tonelada de matéria seca e energia (Oliveira, 1999; Vilela, 2007).

O valor nutricional da cana-de-açúcar está diretamente ligado ao seu teor de açúcar, que pode chegar a 50% na matéria seca, proporcionando valores de nutrientes digestíveis totais da ordem de 55% a 60% (Rodrigues & Esteves, 1992).

Entretanto, apresenta baixo teor de compostos nitrogenados (<4%) e de minerais, principalmente o P e elevado teor de componentes fibrosos, assim como reduzida digestibilidade desta fibra, o que causa diminuição no consumo de matéria seca e menor ingestão de nutrientes (Oliveira, 1999; Rodrigues & Esteves, 1992; Vilela, 2007).

No entanto, a utilização deste volumoso de baixo valor nutritivo pode ser uma alternativa interessante para amenizar os efeitos da estacionalidade de produção de forragem no Brasil. Este volumoso vem sendo amplamente empregada na alimentação dos equinos durante a seca, principalmente naqueles criatórios onde existe também a criação de bovinos.

A cana-de-açúcar possui como características positivas o fácil cultivo; baixo custo de matéria seca produzida por unidade de área; coincidência de sua maior disponibilidade com o período de escassez de forragem e possuir um comportamento fisiológico diferente das outras gramíneas tropicais, onde a sua digestibilidade total aumenta com a maturidade da planta devido a um maior acúmulo de sacarose em relação ao das frações fibrosas, mantendo esse valor nutritivo por longo tempo após a maturação, justificando a sua utilização na alimentação animal durante o período da seca (Magalhães et al. 2000).

Fernandes et al. (2003) avaliaram a composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário), em três idades de corte (426, 487 e 549 dias). Os autores verificaram que o avanço da idade de corte propiciou aumento nos teores de matéria seca (MS) em 9,5%, as variedades de ciclo intermediário apresentaram teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) superiores às precoces, as quais se destacaram pelos elevados teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), cujos respectivos valores foram 487,56 e 471,03, e 287,87 e 247,54 g/kg MS para as variedades precoces e intermediárias, respectivamente. O NDT aumentou linearmente com a idade de corte, variando de 62,45 a 63,50%. As variedades precoces apresentaram maior teor de proteína bruta (PB) (28,8 g/Kg de MS) que as intermediárias (26,2 g/kg de MS) somente na idade ao corte de 549 dias. Segundo estes autores, apesar das variações apresentadas, o teor de PB não auxilia na escolha de variedades de cana-de-açúcar, considerando-se que é característica dessa forrageira, o baixo conteúdo em compostos nitrogenados. Já o teor de brix (sacarose) foi superior para as variedades intermediárias (22,1%) em relação às variedades precoces (19,7%) no último corte. Os teores de extrato etéreo variaram de 7,34 g/kg de MS para as variedades precoces a 6,08 g/kg de MS

para as variedades intermediárias aos 426 dias de corte. Os autores concluíram que as variedades de cana-de-açúcar de ciclo de produção intermediário apresentaram melhor valor nutricional que as precoces, caracterizadas pelos menores teores de FDN e FDA e maior porcentagem de NDT e brix.

2.2.3 Utilização da cana-de-açúcar na dieta de equinos

O emprego da cana-de-açúcar como volumoso na dieta dos equinos apresenta vantagens e desvantagens, sendo a principal vantagem sua palatabilidade. A grande aceitação da cana pelos equinos acontece, porque ela acumula um açúcar (sacarose), o que faz com que seja altamente palatável e energética. Segundo Watts (2009) ocorre grande preferência dos animais, além de um melhor desempenho destes, quando ocorre o consumo de forragens com níveis elevados de carboidratos não estruturais. Então, os animais que consomem a cana engordam com facilidade e adquirem uma pelagem lisa e brilhante. Mas essa alta concentração de sacarose da cana justifica o alerta de não fornecer esse volumoso para éguas lactantes e potros desmamados, já que o equino nasce com baixa atividade da enzima sacarase, necessária para a digestão da sacarose, o que pode dispô-los a diarreia quando eles têm acesso à cana antes de um ano de idade (Rezende & Pereira, 2012).

Devido a sua alta concentração de fibra de baixa digestibilidade, a cana não é indicada como único alimento volumoso a ser ofertado aos equinos. Recomenda-se, que, ela seja misturada, na proporção de um terço, com outro alimento volumoso, como o capim da capineira ou o feno, preferencialmente de leguminosas (Rezende & Pereira, 2012).

É importante ressaltar que a cana *in natura* é um volumoso que só deve ser ofertado aos equinos durante os meses de seca, pois na primavera e verão quando a temperatura ambiente e umidade relativa do ar são mais altas, a chance desse alimento fermentar é maior, o que dispõe os equinos a distúrbios gástricos (Rezende & Pereira, 2012).

Outra recomendação, quanto ao fornecimento da cana *in natura* para os equinos, é de que ela seja cortada diariamente, pois se for cortada e armazenada, pode ocorrer fermentação predispondo os animais a sérios distúrbios do aparelho digestivo, podendo, até mesmo, levá-los a óbito. Para que não ocorra essa fermentação no cocho, recomenda-se que, além de ser cortada no dia do fornecimento, a cana deve ser oferecida de forma fracionada no dia, como pela manhã e a tarde. É importante também, que se tenha o cuidado de, no momento do fornecimento, descartar os restos da cana que sobraram no cocho do oferecimento anterior,

pois estes podem já estar fermentados e neste caso levariam a contaminação do novo material fornecido (Rezende & Pereira, 2012).

Araújo et al. (2003) realizaram dois ensaios com a utilização de cana na dieta de equinos. No primeiro ensaio, foi avaliada a digestibilidade da cana-de-açúcar picada como alimento único. No segundo ensaio, foi testada a combinação de 59% de cana-de-açúcar picada e 41% de milho grão inteiro com base na matéria seca. O consumo diário médio de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia digestível (ED) e fibra em detergente neutro (FDN) da cana-de-açúcar exclusiva foram, respectivamente de 2,62 kg/dia; 132,58 g/dia, 6017 Kcal/kg e 1,64 kg/dia. Já o consumo diário médio de MS, PB, ED e FDN da cana-de-açúcar associada ao milho grão foi, respectivamente de 3,73 kg/dia, 242,49 g/dia, 12709 Kcal/kg e 1,38 kg/dia. Os autores justificam que, possivelmente, o baixo consumo de cana-de-açúcar verificado no primeiro ensaio esteja relacionado com a concentração de produtos da digestão no intestino delgado, como a glicose celular, e a produção de ácidos graxos voláteis no ceco (Frape, 1992).

São escassos os trabalhos sobre o consumo e a digestibilidade da cana-de-açúcar na dieta de equinos (Araújo et al., 1996; Garcia et al., 1997; Pereira & Queiroz, 1997; Figueiredo et al., 1999; Araújo et al., 2003; Rezende et al., 2012).

2.2.4 Hidrólise da cana-de-açúcar

Os agentes alcalinizantes, como o hidróxido de sódio (soda cáustica - NaOH), amônia anidra (NH₃) e, mais recentemente, cal virgem (CaO) e a cal hidratada micropulverizadas (Ca(OH)₂), são utilizados com diferentes tipos de volumosos, visando melhorar a qualidade destes alimentos e permitir um melhor aproveitamento dos nutrientes das dietas (Pedroso, 2003).

O aumento da disponibilidade de carboidratos em materiais ricos em ligninoceluloses e forragens a partir da utilização de substâncias alcalinas, como hidróxido de sódio, hidróxido de potássio e hidróxido de cálcio, envolvem a quebra das ligações entre lignina e carboidratos. Essa quebra pode ocorrer a partir da clivagem das ligações entre lignina e carboidratos, alterando a estrutura da lignina; reações de oxidação de compostos fenólicos, incluindo a lignina e hidrólise da parede celular de polissacarídeos em açúcares de cadeia curta, separando das regiões mais lignificadas (Van Soest, 1994).

O tratamento alcalino da gramínea altamente lignificada desfaz a ligação hemiceluloses-lignina, melhorando desta forma a digestibilidade das hemiceluloses que se encontravam incrustadas junto à lignina, contudo não destruindo a lignina (Boin et al. 1987).

Van Soest (1994) também afirmou que com este tratamento álcali é comum aumentar a digestibilidade do alimento, porém a taxa de digestão dos carboidratos disponíveis reduz. Este autor ressalta ainda que o tratamento álcali pode alterar quimicamente as estruturas dos carboidratos, pois durante as reações de hidrólise pode ocorrer cristalização, fazendo com que estes se tornem refratários à ação enzimática.

Segundo Mota (2008), tanto o CaO como a cal hidratada agiriam na fração fibrosa a partir da formação de uma base forte, o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), um agente alcalino com moderado poder de hidrólise, o qual vai reagir com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais. A reação da hidrólise alcalina entre os carboidratos estruturais da parede celular e o hidróxido de cálcio esta representada na Figura 01.

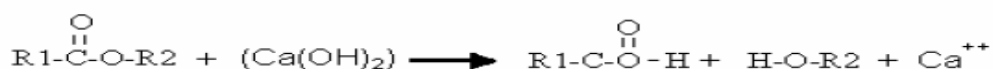


Figura 01. Reação de hidrólise alcalina entre os carboidratos estruturais da parede celular e o hidróxido de cálcio. Fonte: Mota, 2008.

Em que:

R1 = molécula de carboidrato estrutural;

R2 = outra molécula de carboidrato estrutural, (geralmente se trata das hemiceluloses) ou um átomo de hidrogênio de um ácido carboxílico, ou uma unidade fenilpropano da lignina.

No processo de hidrólise com CaO, a base forte forma-se por meio de reação exotérmica que pode ser constatada pelo aumento da temperatura na preparação da solução, a qual pode atingir 70° C. Já no caso da cal hidratada a base forte é o seu principal constituinte, portanto não ocorre aquecimento durante o preparo da solução, sendo este um ponto favorável à indicação deste tipo de cal na técnica de hidrólise da cana-de-açúcar *in natura* (Mota, 2008).

Além da ação hidrolítica, o Ca(OH)_2 mesmo possuindo uma baixa solubilidade com a água, promove a expansão da parede celular e ruptura de componentes dos tecidos de forragens hidrolisadas (Mota, 2008).

Os efeitos da hidrólise sobre a estrutura da fibra dos volumosos incluem a solubilização das hemiceluloses, o aumento da digestão da celulose e das hemiceluloses em razão da expansão da fração fibrosa (Jackson, 1977). A celulose se expande quando tratada

com agentes alcalinos e isto reduz as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose (Jackson, 1977).

O efeito da desestruturação das hemiceluloses e celulose oferece aos microrganismos maior área de exposição da fração fibrosa, aumentando o grau de utilização das diferentes frações de fibra. Geralmente, o efeito mais expressivo da hidrólise é a redução no conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN) nas canas tratadas com alguns tipos de cales virgens ou hidratadas, podendo ser atribuído à solubilização parcial das hemiceluloses com o aumento da digestibilidade, principalmente da FDN, matéria seca e hemicelulose (Oliveira et al., 2007).

Segundo Oliveira et al. (2008) a hidrólise em forragens refere-se à quebra da estrutura da fibra, sugerindo a solubilização de componentes como a celulose e hemiceluloses, proporcionando aumento da digestibilidade e consumo do alimento e melhora no desempenho animal.

Oliveira et al. (2002) relataram que agentes alcalinizantes como o NaOH, Ca (OH)₂, amônia anidra e CaO são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade de alimentos ricos em frações fibrosas de baixa digestibilidade, como o bagaço de cana-de-açúcar, pois estes agentes atuam solubilizando parcialmente a fração fibrosa da parede celular.

Manzano et. al. (2000) avaliaram *in vivo*, em ovinos, a digestibilidade do bagaço da cana e verificaram que o emprego de reagentes químicos e o uso de tratamento físico incrementam a digestibilidade deste, particularmente das frações fibrosas, o que resulta em maior valor de nutrientes digestíveis totais.

Oliveira et al. (2008) determinaram a composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar (IAC 862480 e RB 835453), hidrolisadas com três níveis de CaO (zero; 0,5 e 1,0%), e dois procedimentos (cana *in natura* e silagem). Estes autores verificaram que o tratamento com cal não influenciou os teores de extrato etéreo, celulose e de nutrientes digestíveis totais da cana-de-açúcar (P<0,05). Já os teores fibra em detergente neutro e de hemicelulose diminuíram em função das quantidades crescentes de cal (P<0,01), variando de 53,48 a 60,88 e de 18,80 a 25,40, respectivamente.

Mota (2008) avaliando o efeito do tratamento alcalino da cana-de-açúcar *in natura*, submetida ou não a hidrólise com 0,5% de cal virgem (CaO) ou cal hidratada (Ca(OH)₂) durante 12, 36 e 60 horas de armazenamento verificou efeito significativo (P<0,01) tanto para os tipos de cana (*in natura* ou hidrolisada) como para os tempos de armazenamento sobre a temperatura externa dos amontoados. Para pH e temperatura interna observou-se interação significativa entre os tipos de cana e tempos de armazenamento (P<0,01). Os tempos de armazenamento influenciaram os teores de proteína bruta (P<0,01) e matéria orgânica,

carboidratos totais e hemicelulose ($P < 0,05$). Para o teor de carboidratos não fibrosos, observou-se interação significativa entre os tipos de cana e tempos de armazenamento ($P < 0,05$). Para os minerais, somente o teor de cálcio teve aumento ($P < 0,01$) para os tipos de cana. Os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro tiveram aumento ($P < 0,01$) quando compararam às médias das canas hidrolisadas com cal virgem e hidratada em relação à média obtida com a cana *in natura*.

Rabelo et al. (2010) avaliaram o CaO como agente hidrolisante, utilizando como parâmetro a composição química bromatológica e DIVMS da cana-de-açúcar *in natura* (ausência de CaO) e adicionada de 0,5; 1,0 e 2,0% de CaO, durante quatro tempos de exposição das massas ao oxigênio (0; 3; 6 e 12 horas). Os autores verificaram que os teores de matéria seca e minerais, e valores de pH aumentaram linearmente à inclusão de CaO, enquanto a temperatura teve comportamento quadrático. O tratamento com CaO não influenciou os teores de FDN, fibra insolúvel em detergente ácido e lignina, apresentando valores médios de 40,28; 23,06 e 4,12% na matéria seca, respectivamente. A adição de CaO à cana-de-açúcar não foi capaz de alterar os coeficientes de DIVMS. Os autores concluíram que, de maneira geral, não houve benefícios sobre a composição química e bromatológica da cana-de-açúcar em resposta à adição de CaO.

2.3 Fisiologia da digestão de carboidratos em equinos

Os equinos são herbívoros que pastejam durante 18 a 19 horas/dia, por períodos de duas a três horas (Santos et al., 2012). Períodos de pastejo são separados por períodos de descanso, locomoção e de atividade social. Entretanto, a duração e frequência dos turnos de pastejo são influenciadas pela qualidade das forragens disponíveis e por fatores climáticos.

Os equinos são pastejadores seletivos. Eles não comem simplesmente as forragens que se encontram em abundância, eles baseiam a sua escolha em palatabilidade. Até que se esgotem as forragens preferidas, os equinos só comerão algumas de muitas espécies disponíveis (Lewis, 2000).

Os carboidratos são a principal fonte de energia na dieta de equinos e a principal origem destes são as forragens e os grãos. Os polissacarídeos são os maiores e mais complexos carboidratos na dieta de equinos, sendo eles a celulose, hemiceluloses, pectina e o amido (NRC, 2007).

2.3.1 Estrutura dos carboidratos não estruturais e sua digestão em equinos

Os carboidratos são produzidos por plantas a partir do dióxido de carbono do ar e da água, por meio da fotossíntese. Estes são compostos de açúcares simples ou monossacarídeos, tais como a glicose, dextrose, frutose, galactose e a xilose (Taiz & Zeiger, 2004). Muitas moléculas de glicose juntas por ligações α formam os polissacarídeos: amido (presente nas plantas) e o glicogênio (presente nos animais) (Lewis, 2000).

A sacarose é sintetizada no citosol e o amido no cloroplasto dos vegetais. Estes são formados a partir de trioses fosfato via frutose-1,6-bifosfato e glicose-1-fosfato. Esta conversão das trioses fosfato a glicose-1-fosfato é semelhante tanto na produção do amido como da sacarose, no entanto tais rotas possuem isoenzimas que são específicas ao cloroplasto ou ao citosol. O que determina se será produzido amido ou sacarose pelo vegetal é a concentração relativa de ortofosfato e triose fosfato (Taiz & Zeiger, 2004)

Estes carboidratos são chamados de solúveis, não estruturais ou não fibrosos e são facilmente utilizados pelos equinos proporcionando de 30 a 70% da energia dietética destes (Glensky, et al., 1976; Lewis, 2000).

Para os carboidratos serem absorvidos pelo intestino é preciso que as ligações α sejam quebradas para serem absorvidos como monossacarídeos. As ligações α do amido, glicogênio, sacarose e outros carboidratos solúveis são quebradas por enzimas digestivas. As enzimas dissacaridases, como a maltase, sacarase, lactase, estão presentes nos enterócitos da borda em escova do intestino e digerem, respectivamente, a maltose, sacarose e a lactose em duas unidades de monossacarídeos, que no caso da sacarose são a glicose e frutose. A amilase é secretada pelo pâncreas no interior do intestino delgado e esta decompõe o amido no dissacarídeo maltose (Lewis, 2000).

Os monossacarídeos absorvidos são usados para energia. Caso não seja necessária a energia no momento, ela é armazenada como glicogênio. Se os depósitos de glicogênio no fígado, rins e musculatura estiverem repletos, os monossacarídeos são convertidos e armazenados como gorduras. O glicogênio e as gorduras podem ser usados como energia, quando necessário (Lewis, 2000).

2.3.2 Estrutura dos carboidratos estruturais e sua digestão em equinos

As moléculas de glicose reunidas por ligações β em vez de α , formam o polissacarídeo estrutural, ou fibra insolúvel como é chamada a celulose (Lewis, 2000). As fibras de celulose formam a parede celular das plantas que estão emaranhadas com a lignina e polissacarídeos hemicelulósicos. Esta ligação da lignina com os carboidratos estruturais da parede celular, principalmente hemiceluloses, que é covalente do tipo éster (Jung & Allen, 1995), impede que esta fração seja nutricionalmente uniforme (Van Soest, 1967).

A parede celular possui duas fases de crescimento: a fase primária quando a planta está aumentando o seu tamanho através do alongamento, e ainda não há deposição de lignina enquanto que na fase secundária quando ocorre o espessamento, se dá a deposição da lignina na parede primária e na lamela média, juntamente com mais celulose e hemiceluloses. Desta forma, há mais deposição de lignina na parede secundária, fazendo com que as hemiceluloses e celulose depositadas posteriormente sejam menos lignificadas (Jung & Allen, 1995).

A celulose é a substância mais abundante no reino vegetal, é também o principal componente estrutural da parede celular das plantas. Quimicamente é um polímero das unidades D-glicose com ligação β -1,4. Neste caso, os seis átomos de carbono estão em posição "trans" dando desta maneira uma forma de microfibrila achatada à celulose, sendo que as unidades de glicose das células apresentam uma configuração tipo "cadeira" e também dispõem da ligação β , sendo mais estáveis internamente e, além disso, as microfibrilas apresentam perfeita interação graças às ligações do hidrogênio. Esta configuração deixa a celulose essencialmente insolúvel e extremamente resistente à degradação enzimática (Jung & Allen, 1995).

Já as hemiceluloses são uma mistura complexa e heterogênea de um grande número de polímeros de monossacarídeos, como glicose, xilose, manose, arabinose e galactose. Xiloglucano é a molécula predominante nas hemiceluloses que consiste em uma cadeia de unidades D-glicose com ligações β -1,4 e ramificações terminais de unidades xilose com ligação β -1,6. Essa molécula mantém ligação covalente com a fração péctica da parede da célula e ligação com o hidrogênio das microfibrilas da celulose (Jung & Allen, 1995). É a fração da parede celular mais intimamente ligada com a lignina, e como ocorre com a celulose, depois de desfeita sua ligação com a lignina, ela é facilmente digerida pelos microrganismos presentes no rúmen dos ruminantes (Maynard et al. 1984).

A lignina é um composto fenólico da parede celular dos vegetais, normalmente considerada indigerível e também inibidora da digestibilidade da parede celular, no entanto

confere maior capacidade de sustentação aos vegetais (Jung & Allen, 1995). A lignina possui alto peso molecular, sendo um polímero amorfo de origem fenilpropano. Sua formulação pode variar de uma planta para outra e a sua estrutura complexa de ligações de carbono a carbono e vínculos de éter é resistente a ácidos e álcalis (Maynard et al.1984).

Nas forragens de gramíneas, as ligações observadas entre a lignina e os carboidratos estruturais da planta são do tipo éster, sendo este tipo de ligação a mais fácil de hidrolisar. Contudo, esta ligação não é atacada pelas enzimas microbianas elaboradas pelos organismos anaeróbicos ou do próprio animal mamífero.

Os carboidratos estruturais são importantes para manter a motilidade e função gastrointestinais normais nos equinos. Além disso, também são importantes para evitar o consumo muito rápido dos carboidratos não estruturais que são facilmente digeridos e quando em excesso podem resultar em diarreia, cólica e laminite (Lewis, 2000).

Para os carboidratos estruturais serem absorvidos pelo intestino é preciso que as ligações β sejam quebradas para serem absorvidos como monossacarídeos. Porém, os animais não possuem enzimas capazes de quebrar as ligações β que ligam os monossacarídeos dos carboidratos fibrosos. Os microorganismos presentes no ceco e cólon dos equinos, assim como no rúmen dos bovinos, são capazes de quebrar estas ligações e convertê-los em ácidos graxos de cadeia curta ou voláteis (acético, propiônico e butírico, principalmente) (Lewis, 2000; NRC, 2007).

Esses ácidos graxos voláteis (AGVs) são absorvidos e proporcionam de 30 a 70% das exigências energéticas digestíveis totais dos equinos. Sendo que serão proporcionados 30% de energia quando a dieta for rica em carboidratos não fibrosos e 70% quando for rica em volumosos (Glensky, et al., 1976).

Os equinos e bovinos são igualmente efetivos na digestão dos alimentos pobres em fibra. No entanto, a digestão da fibra pelos equinos é cerca de 65 a 75% da digestibilidade desta nos bovinos. Os equinos compensam a digestibilidade energética baixa das rações ricas em fibra com um consumo maior dessa. Porém, os jumentos também podem digerir fibras com mais eficiência que os equinos e os pôneis (Pearson, et al., 1992 citado por Lewis, 2000).

Hoffman et al. (2001) propuseram um sistema de partição dos carboidratos na dieta de equinos o qual inclui três frações: carboidratos hidrolisáveis, os quais podem ser digeridos no intestino delgado; carboidratos rapidamente fermentáveis, os quais estão prontamente disponíveis para a fermentação microbiana; e carboidratos lentamente fermentáveis. Estes autores sugerem que os carboidratos hidrolisáveis são compostos por hexoses, dissacarídeos, alguns oligossacarídeos e os amidos não resistentes. Alguma fermentação destes componentes

pode ocorrer no estômago, e o primeiro produto da digestão destes componentes são os monossacarídeos e, assim a energia produzida a partir destes é relativamente alta. As frações rapidamente fermentáveis incluem a pectina, frutanos, hemiceluloses, amidos resistentes e alguns oligossacarídeos não digeridos no intestino delgado, sendo que o propionato e o lactato são os principais produtos desta fermentação. Os carboidratos lentamente fermentáveis incluem a celulose e as hemiceluloses que produzem principalmente acetato no intestino grosso.

O produto da fermentação microbiana dos carboidratos estruturais é principalmente o acetato, mas o propionato e o butirato também são produzidos (Hinz, et al., 1971; Moore-Colyer et al., 2000). O acetato pode ser usado diretamente como energia, porém possivelmente é usada para a síntese de ácidos graxos de cadeia longa, os quais podem ser armazenados ou secretados no leite de éguas em lactação (NRC, 2007).

Já o propionato oriundo da fermentação microbiana pode ser usado para a síntese de glicose no fígado. Este mecanismo de gliconeogênese, provavelmente, é muito importante para manter a homeostase da glicose em equinos alimentados somente com forragem (Argenzio & Hintz, 1970; Simmons & Ford, 1991). No entanto, em relação ao butirato oriundo da fermentação microbiana no intestino grosso dos equinos ainda não se sabe muito (NRC, 2007).

2.4 Importância da forragem na dieta de equinos

As forragens são as folhas, o caule e os talos das plantas e ainda, dependendo do estágio de maturidade, podem conter flores e sementes. Cada parte da planta apresenta uma composição química diferente e as proporções dos diferentes componentes químicos podem variar dependendo do estágio de crescimento da planta. Plantas jovens apresentam uma alta proporção de folhas e dessa forma, apresentam alta proporção de proteína, água e minerais, e uma pequena proporção de fibra e lignina. Com o avançar da maturidade da planta, o crescimento das folhas diminui e os caules ficam maiores, as estruturas reprodutivas se desenvolvem e o conteúdo celular diminui e, assim, estas transformações alteram a composição química da planta diminuindo seu valor nutricional (NRC, 2007).

As forragens apresentam carboidratos estruturais e carboidratos não estruturais, sendo estes últimos originados do conteúdo celular. A composição do conteúdo celular incluem

açúcares simples, glicose, frutose, sacarose e carboidratos de reserva como o amido ou frutanas. Juntos, os carboidratos estruturais e os não estruturais compõem a principal fonte de energia das forragens, sendo menor a eficiência da energia vinda da fermentação dos carboidratos estruturais do que a vinda da absorção da glicose no intestino delgado dos equinos (NRC, 2007).

As forragens podem ser oferecidas aos equinos colhidas ou não, e quando colhidas podem ser secas ou com alta umidade. As forragens são definidas como alimentos que contêm um teor de fibra bruta acima de 18% ou um teor de energia dietética baixa (Lewis, 2000, NRC, 2007).

A forragem quando não colhida (pastagem) ou colhida e oferecida verde ou na forma de feno constituem o alimento mais natural, mais seguro e frequentemente o mais barato na alimentação dos equinos (Lewis, 2000).

Os equinos apresentam anatomia e fisiologia digestiva adaptada para se alimentarem exclusivamente de forragens (herbívoros). Qualquer programa de alimentação que negligencie os níveis de fibra na dieta pode ter consequências indesejáveis sobre a fisiologia digestiva destes animais (Pagan, 1999). A fibra, além de ser importante para manutenção da população de microrganismos desejáveis no intestino grosso, proporciona aos equinos o efeito psicológico da saciedade e produção de β – endorfinas durante os movimentos de mastigação. A fermentação das fibras pelos microrganismos intestinais produz energia e previne a proliferação de outras bactérias, potencialmente patogênicas (Braga et al., 2008).

Segundo o NRC (2007) a digestão e o metabolismo dos carboidratos estruturais no intestino grosso dos equinos pode proporcionar a energia necessária para a manutenção de um equino. Porém esta fonte de energia não é suficiente para as necessidades de um equino de alto requerimento energético.

Segundo Lewis (2000), em relação aos outros alimentos oferecidos aos equinos, as forragens apresentam as seguintes características:

- Volumosas, isto é, com baixo peso por unidade de volume;
- Ricas em fibra e pobre em energia digestível. Uma forragem de qualidade média apresenta em torno de 28 a 38% de fibra bruta e de 2 a 2,2 Mcal/kg de matéria seca;
- Mais ricas em Ca e potássio e mais pobres em P;
- Mais ricas em vitamina A, E e K e, se forem secas ao sol, ricas em vitamina D;
- Variáveis no teor proteico. As leguminosas podem conter mais de 20% e as gramíneas até menos de 4% de proteína.

2.5 Níveis de fibra na dieta de equinos

A estacionalidade na produção de forrageiras e a necessidade de grandes áreas de solos para a produção das mesmas têm se mostrado como um dos grandes fatores limitantes na criação de equinos, principalmente, próximo aos grandes centros urbanos. Acredita-se que os problemas logísticos relacionados com oferta de forragem possam ser solucionados com o emprego de grandes quantidades de alimentos concentrados na dieta dos equinos. Porém, deve-se lembrar de que os equinos necessitam de um mínimo de fibra na dieta para manter o funcionamento do aparelho digestório e para satisfazer sua necessidade de mastigar, e por outro lado, a ingestão excessiva de alimentos concentrados pode levar a processos fermentativos indesejáveis, resultando no mau aproveitamento dos nutrientes, ou quadro de laminite e cólica. (Mota et al., 2008)

A literatura sugere valores bastante amplos sobre o nível mínimo de ingestão de fibra na dieta de equinos, de forma que permita maximizar o uso de alimentos concentrados, sem comprometer o processo digestivo, sugerindo percentuais de forragem de 25 a 50% da dieta total (Cunha, 1991; Pagan, 1999; Lewis, 2000; Mota et al., 2008).

Conceitos como fibra efetiva, fibra fisicamente efetiva e FDN efetivo, amplamente usados na dieta de bovinos não são estudados em equinos. Porém, pesquisas sobre o efeito da quantidade de fibra e o tipo de digestão e saúde gastrointestinal relacionados à fibra da dieta são necessárias (NRC, 2007).

Segundo Kline (1996), a dieta de equinos deve conter pelo menos 50% de forragem, embora alguns animais de alto desempenho tenham dificuldades de manter a condição corporal adequada com esta limitação de alimento concentrado. Conforme descrito por Frappe (1992), a porção de concentrado da ração diária pode ser de 0 a 50% e, excepcionalmente, poderá chegar a 75% da dieta. Pagan (1999) afirma que toda dieta de equinos deve ser constituída de pelo menos 25% de fibra (FDN). Já Lewis (2000) recomenda que a forragem constitua pelo menos 50% da matéria seca total da dieta.

Segundo o NRC (1989) a forragem deve ser fornecida em pelo menos 1 kg/100 kg de peso vivo por dia e alerta que se deve reduzir a quantidade de grãos a ser fornecida se a quantidade de forragem for menor do que a recomendada.

Mota et al. (2008) avaliaram a influência de dois níveis de fibra em detergente neutro (25 e 35%) provenientes de duas proporções de volumoso e concentrado (50:50 e 60:40%) na dieta de equinos sobre os parâmetros sanguíneos e clínicos. Estes autores notaram que ao diminuir o nível de fibra da dieta de 35 para 25%, houve aumento na produção de

fibrinogênio ($P < 0,05$), indicador de inflamação aguda, que passou dos valores médios de 166,63 para 266,40 mg/dL. Estes autores verificaram também aumento ($P < 0,05$) das plaquetas ($339,50 \pm 156,18 \times 10^3/\mu\text{L}$), quando os equinos foram alimentados com a dieta contendo 25% FDN (relação concentrado:volumoso de 60:40), com maior conteúdo de milho moído e farelo de soja, em comparação ($246,00 \pm 39,09 \times 10^3/\mu\text{L}$) ao tratamento com o mesmo nível de FDN, com proporção concentrado:volumoso 50:50 ($P < 0,05$). Segundo os autores, estes resultados podem ser indicativos de acidificação do conteúdo intestinal e alterações na microbiota bacteriana, causando lesões do epitélio intestinal e absorção de endotoxinas, provenientes da morte de bactérias gram-negativas, tendo como resultado processos inflamatórios sub-clínicos da mucosa intestinal. No entanto, os autores ressaltam que os valores de plaquetas observados estão dentro dos limites de normalidade.

Mota, et al. (2008) concluíram que o nível de fibra de 35% FDN não influenciou o hemograma, o cortisol nem as frequências cardíaca, respiratória e temperatura retal, com exceção do fibrinogênio. No entanto, a diminuição da fibra para 25%, resultou em alterações fisiológicas sub-clínicas, que causaram elevação das concentrações plasmáticas de fibrinogênio, plaquetas e volume corpuscular médio, aumentado à predisposição desses animais a episódios de laminite e cólica.

2.6 Métodos para a determinação do consumo e digestibilidade aparente em equinos

A correta estimativa do consumo e digestibilidade dos alimentos permite um melhor balanceamento das dietas de acordo com as exigências das diferentes categorias. Dessa forma, é possível um desempenho animal semelhante ao esperado, além de possibilitar uma alimentação econômica e nutricionalmente adequada.

A mensuração do consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta podem ser feitos por meio de indicadores que permitem individualizar o consumo, mesmo em sistemas nos quais os animais tenham acesso à mesma fonte de alimento, como os sistemas em pastejo (Saliba, 2005a).

O consumo de animais a pasto pode ser estimado através da produção fecal dividida pela digestibilidade aparente (Lippke, 2002), de acordo com a equação descrita a seguir:

$$\text{Consumo (kg de MS / dia)} = \frac{\text{Produção fecal (kg de MS/dia)}}{(1 - \text{Digestibilidade aparente})}$$

(Equação 1)

A produção fecal de animais a pasto pode ser medida através de indicadores externos, como no caso do LIPE[®] através da fórmula abaixo, descrita por Saliba (2005b):

$$PF \text{ (kg)} = \frac{\text{LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{(A_i / \text{MS fecal})} \times 100$$

(Equação 2)

Onde PF = Produção fecal;

A_i = Relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda a 1050 cm⁻¹ / 1650 cm⁻¹;

MS = matéria seca;

O A_i foi calculado através da fórmula: A_i = A₁₀₅₀ / A₁₆₅₀. Sendo que:

$$A = \log \frac{I_0}{I}$$

Onde, I₀ > intensidade e I < intensidade.

A digestibilidade da matéria seca pode ser determinada pelo método *in situ*, em que as perdas dos nutrientes após as incubações cecais *in situ* serão expressas como coeficientes de digestibilidade *in situ* da MS (DISMS), determinados pelo resíduo de cada saco, dos alimentos volumoso e concentrado, de acordo com a fórmula descrita por Moore-Colyer et al. (2002):

$$\text{DISMS (\%)} = \frac{(I \times \text{MS alimento}) - (F \times \text{MS resíduo})}{(I \times \text{MS Alimento})}$$

(Equação 3)

Onde:

I = quantidade de alimento (g) inserido em cada saco;

F = quantidade de resíduo (g);

MS = teor de matéria seca do alimento e do resíduo determinada a 105°C (INCT – CA, 2012).

A digestibilidade também pode ser determinada com a utilização de indicadores internos, em que o cálculo da digestibilidade pode ser feito como descrito por Lippke (2002):

$$\text{Digestibilidade} = 100 - 100 \frac{(\% \text{ indicador no alimento}) \times (\text{nutriente nas fezes (g)})}{(\% \text{ indicador nas fezes}) \quad (\% \text{ nutriente no alimento})}$$

(Equação 4)

Contudo, quando os animais são mantidos confinados em baias e tanto a produção fecal quanto o consumo são conhecidos, o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) do nutriente será obtido através da seguinte fórmula descrita por Pond et al. (1995):

$$\text{CDA (\%)} = \frac{(\text{Nutriente consumido (g)} - \text{Nutriente das fezes(g)})}{\text{Nutriente consumido (g)}} \times 100$$

(Equação 5)

A determinação da digestibilidade dos nutrientes de um alimento é de grande importância para descrever seu valor nutritivo (Araújo et al., 2000). A digestibilidade é a fração do alimento consumido que não é recuperada nas fezes, sendo expressa em porcentagem e, a partir da qual se determina os coeficientes de digestibilidade dos diversos nutrientes da dieta (Andriquetto et al., 1982).

A partir do conhecimento dos dados de digestibilidade dos alimentos é possível a escolha de alimentos mais digestíveis e o ajuste da dieta de forma mais adequada, pois quanto maior a digestibilidade dos nutrientes do alimento, maior será a quantidade de nutrientes disponíveis para os estados de manutenção, crescimento, reprodução e trabalho (Rezende, et al., 1998).

Van Soest (1994) definiu como digestibilidade aparente o balanço entre o nutriente do alimento menos o nutriente encontrado nas fezes, sendo que, nas fezes estão presentes também produtos metabólicos como bactérias e resíduos endógenos do metabolismo animal. A digestibilidade verdadeira é a diferença entre o nutriente da dieta e seus resíduos indigestíveis, isto é, livre de produtos metabólicos. Dessa forma, o coeficiente de digestibilidade verdadeira é sempre maior que o coeficiente de digestibilidade aparente, pois este contém um valor de perda metabólica incluído no valor das fezes (Van Soest, 1994).

Para que as investigações ligadas à nutrição tenham boa credibilidade, a escolha do método para avaliação do aproveitamento dos nutrientes da dieta é de fundamental importância. Para mensuração da digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta tem-se utilizado o método de coleta total de fezes que é considerado tradicional, mas muito trabalhoso. Já os indicadores, sejam eles internos ou externos, são pouco trabalhosos e podem ser utilizados nos cálculos de estimativa dos coeficientes de digestibilidade (Saliba, 2005a).

Também podem ser utilizadas a técnica dos sacos de náilon móveis, a técnica de digestão cecal *in situ* (Silva et al., 2009), a digestibilidade *in vitro* (Pereira et al., 1995) e a técnica de fermentação *in vitro* para produção de gás (Macheboeuf, et al., 1997).

2.6.1 Método direto ou da coleta total de fezes

A técnica de coleta total de fezes ou método direto é conhecida como a mais tradicional, exata e confiável técnica para determinar a produção fecal e o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes das dietas para equinos (Maurício et al., 1996).

Este método requer controle rigoroso da ingestão e excreção dos animais, o que o torna trabalhoso devido à grande quantidade de fezes produzida pelos equinos. Além disso, a coleta total de fezes é utilizada para estimar a digestibilidade do alimento de animais que estejam em gaiolas metabólicas ou em baias.

A utilização das gaiolas metabólicas, além de exigirem o confinamento dos animais, podem influenciar no comportamento ingestivo destes e segundo Le Du & Penning (1982), uma metodologia ideal para estimar consumo de matéria seca deve influenciar minimamente o comportamento animal, evitando quedas no consumo e, conseqüentemente no desempenho.

A coleta total de fezes de animais a pasto pode ser realizada através do uso de bolsas coletoras, porém esta técnica apresenta a desvantagem de ser difícil a utilização em fêmeas devido à contaminação das fezes com urina, além de possíveis perdas de fezes e, prováveis alterações no consumo (Le Du & Penning, 1982).

Apesar a exatidão dos dados obtidos através da coleta total de fezes, muitas vezes, devido à dificuldade de realização deste método, opta-se por métodos menos precisos, porém de mais fácil execução. Estes outros métodos de avaliação de digestibilidade são nomeados de métodos indiretos (*in situ*, *in vitro*, e indicadores), os quais apresentam certas facilidades de execução sobre o método da coleta total de fezes. Estes métodos além da simplicidade e conveniência de utilização podem proporcionar uma série de informações, como a quantidade ingerida de alimentos ou nutrientes específicos, a taxa de passagem da digesta por todo o trato digestório e a digestibilidade de todo alimento ou nutrientes específicos (Berchielli et al., 2000).

2.6.2 Métodos indiretos

Os indicadores são compostos de referência usados para monitorar aspectos físicos, como taxa de passagem, e aspectos químicos, como hidrólise e síntese, promovendo estimativas qualitativas ou quantitativas da fisiologia animal (Saliba, 1998). Os indicadores também são denominados como marcadores, traçadores, substâncias de referência ou

substâncias indicadoras. Estes indicadores podem ser internos, quando inerentes ou contidos no alimento, ou externos, quando adicionados à dieta (Rodriguez, et al., 2006).

A adoção de indicadores internos ou externos é justificada por facilitar a coleta de amostras de fezes em pequenas proporções, não necessitando do manuseio de grande quantidade de material fecal como na coleta total (Rodriguez, et al., 2006).

As propriedades ideais buscadas nos indicadores são: ser inerte, não tóxico, não ter função fisiológica, ser completamente recuperado nas fezes, poder ser processado com o alimento, ter tamanho apreciável, permanecer uniformemente distribuído na digesta, não ter influência sobre a motilidade e secreções intestinais ou sobre a microbiota intestinal, possuir um método específico e sensível de determinação e não influenciar nos processos digestivos (Saliba, 2005a).

No entanto, os métodos com indicadores fecais internos ou externos apresentam algumas desvantagens como a dificuldade de determinação pelos métodos laboratoriais utilizados na rotina; interferências com os componentes da dieta; variado índice de recuperação nas fezes e um período longo de adaptação ou estabilização da excreção do indicador (Cochran, 1986).

Como indicadores internos mais utilizados em equinos podem-se citar as ligninas, cinza insolúvel em ácido, cinza insolúvel em detergente ácido, a celulose indigestível e a fibra em detergente neutro e ácido indigestíveis (Araújo, et al., 2000; Oliveira, et al., 2003; Miraglia, et al., 1999; Stein, et al., 2006).

Já em relação aos indicadores externos, Maurício et al. (1996) citaram o óxido crômico e, mais recentemente, Lanzetta, et al. (2009) validaram a LIPE[®] para utilização na espécie equina. Sendo que a metodologia da LIPE[®] supera os erros obtidos nas análises gravimétricas que são realizadas quando se utiliza indicadores internos, isto porque a análise da LIPE[®] é feita por meio de espectroscopia no infravermelho.

Além da utilização dos indicadores também se pode avaliar a digestibilidade dos nutrientes *in vivo* e *in vitro*. As técnicas dos sacos móveis e da digestão cecal *in situ* são métodos *in vivo* que também podem ser utilizados para a estimativa da digestibilidade em equinos (Hyslop, 2006). Segundo Cochran et al. (1986) na técnica de digestibilidade *in vitro* é difícil reproduzir as condições *in vivo*, pois a digestibilidade é influenciada por efeitos associativos, como por exemplo, o nível de consumo, taxa de passagem e por interações destes fatores. Entretanto esta técnica tem sido utilizada com sucesso para estimativa do valor nutritivo dos alimentos para equinos (Applegate & Hershberger, 1969).

2.6.2.1 Indicadores externos

Os indicadores externos são compostos inertes que não fazem parte da dieta e podem ser fornecidos ao animal junto com a mesma ou não, em dose única ou dividida, ou ainda, de forma contínua. Uma das críticas no uso de indicadores externos é que estes podem levar a erros devido à taxa diferencial de passagem entre os resíduos alimentares e os indicadores (Saliba, 2005a).

O uso dos indicadores externos consiste na detecção e quantificação da sua concentração nas fezes (Saliba, 2005a). Alterações na excreção ou na análise destes indicadores nas fezes ou dietas podem comprometer a utilização dos mesmos nos ensaios de digestão (Oliveira et al., 2003).

2.6.2.1.1 Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE[®])

A LIPE[®] é um hidróxifenilpropano modificado e enriquecido, sendo um indicador de consumo e digestibilidade desenvolvido especialmente para pesquisa com o objetivo de facilitar a determinação das ligninas nas fezes (Saliba, 2005b).

A lignina da LIPE[®] foi isolada e enriquecida com grupamentos fenólicos não comumente encontrados nas ligninas da dieta animal. A LIPE[®] apresenta propriedades físico-químicas estáveis e consistência estrutural, pois permanece inalterada no trajeto do trato gastrintestinal. Pode ser totalmente recuperada nas fezes, permitindo sua utilização como indicador externo de digestibilidade (Saliba et al., 2003).

Segundo Saliba (2005b) em estudos comparativos com produtos de mesma aplicação que a LIPE[®] foi possível observar que esta não apresentou variações diurnas. O período de adaptação ao indicador para a obtenção de excreção uniforme nas fezes é de 48 horas e um período de colheita de fezes de três a cinco dias é satisfatório. A técnica analítica para dosagem da LIPE[®] nas fezes é a espectroscopia no infravermelho, uma técnica rápida, barata, sensível e não destrutível da amostra.

Lanzetta et al. (2009) ao trabalharem com potras alimentadas com feno de alfafa e concentrado comercial na proporção de 50:50, determinaram a digestibilidade dos nutrientes através do óxido crômico, LIPE[®] e CTF. Observaram taxa média de recuperação fecal da LIPE[®], de 95,94% sendo este valor semelhante ao da CTF. A produção fecal com a LIPE[®] (3,76kg) foi semelhante a da CTF (3,92kg). A digestibilidade da MS, PB, FND, FDA, CEL e

HEM obtidos a partir da LIPE[®] foram 64,86; 79,73; 56,04; 54,35; 47,56 e 58,70%, respectivamente, não diferindo, dos valores obtidos pela CTF. Os autores concluíram que a LIPE[®] foi eficiente como indicador de digestibilidade em equinos e pode ser utilizada em substituição a CTF.

2.7 Comportamento e bem-estar de equinos estabulados

O comportamento animal e alimentar de equinos estão relacionados a diversos fatores e, dentre eles, pode-se destacar o sistema de criação, a quantidade e a qualidade nutricional dos alimentos, o contato físico ou visual com outros equinos, além da característica comportamental do próprio animal (Lewis, 2000).

A necessidade do confinamento em cocheiras, devido à escassez de pastagens no período seco, falta de espaço ou devido à rotina dos treinamentos dos cavalos para esporte, principalmente nos centros hípicas, vem sendo motivo de estudo (Rezende et al., 2006a) com o objetivo de propiciar aos animais melhores condições de alimentação, nutrição, saúde física e mental e, conseqüentemente, bem-estar.

Algumas das principais causas de estresse em animais estabulados são: nutrição inadequada ou insuficiente, alterações climáticas, esforço físico exagerado, dor, ociosidade, presença ou ausência de cama, alojamento pequeno, falta de tranquilidade e falta de contato social com outros animais ou seres humanos (Lewis, 1985; Blood et al., 1989a; Blood et al., 1989b). Sendo que a tolerância a desequilíbrios ambientais é variável nos equinos (Goloubeff, 1993).

O estresse ocorre a partir de um estímulo adverso qualquer que excita os neurônios hipotalâmicos responsáveis pela liberação do hormônio liberador de corticotropina em proporções maiores do que ocorreria na ausência desse estímulo (Goloubeff, 1993).

Acredita-se que alguns animais apresentam determinados tipos de comportamento estereotipados quando estão sob estresse, e os distúrbios comportamentais serviriam para atenuar o estresse que o animal está sofrendo (McGreevy & Nicol, 1998). A resposta do animal a ambientes estressantes se manifesta através de alterações orgânicas e comportamentais. Se o animal pode modificar a situação através de comportamento apropriado (adaptação), a resposta fisiológica diminui. Se o animal não o consegue, o comportamento pode tornar-se estereotipado ou pode ser reprimido.

Comportamentos impróprios podem ser encontrados em animais que permanecem confinados por muito tempo em baias. Segundo McGreevy et al. (1995), cavalos criados em baias que permitem pouco contato visual com o meio exterior tendem a apresentar uma maior porcentagem de comportamentos anormais do que cavalos mantidos em baias que permitem um amplo contato visual com outros animais e seres humanos.

Além disso, dieta com muito concentrado e pouco volumoso também pode ocasionar desvios comportamentais que podem ser agressividade, inquietação, coprofagia e consumo do material da cama (Davidson & Harris, 2002; NRC, 2007; Domingues, 2009).

Segundo Rezende et al. (2006b), cavalos estabulados costumam ser contidos dentro da baia, principalmente quando apresentam determinados distúrbios de comportamento, como morder a grade/muro, aerofagia, entre outros. A mastigação de madeira é uma das alterações comportamentais que alguns equinos estabulados apresentam. Esse hábito geralmente não causa prejuízo ao cavalo, embora lascas de madeira possam causar infecção gástrica e excessivo desgaste dos dentes. O prejuízo maior é com a destruição de cercas, comedouros e cocheiras (Lewis, 1985).

Outros comportamentos estereotipados observados em cavalos estabulados estão relacionados ao movimento como andar em círculos e o balanço lateral da cabeça, pescoço e, às vezes, dos quartos dianteiros e traseiros (Rezende et al., 2006b).

Devido à estabulação, duas características da vida do cavalo selvagem estão ausentes na vida do cavalo estabulado: a convivência com outros animais e o tempo de pastejo (Rezende et al., 2006).

Os equinos são herbívoros e a necessidade da utilização de volumosos de qualidade na dieta destes é importante para prevenir distúrbios digestivos, mantendo no intestino grosso desses a população microbiana desejável. A fibra também proporciona aos equinos o efeito psicológico da saciedade e produção de β - endorfinas durante os movimentos de mastigação (Braga et al., 2008).

O manejo alimentar de cavalos estabulados, que geralmente recebem grandes quantidades de alimento concentrado, tem importante influência sobre o seu comportamento geral. Se a quantidade de alimentos volumosos oferecida aos animais é insuficiente, os indicadores de saciedade podem não ser ativados e os cavalos permanecem com alta motivação à procura de alimentos (McGreevy et al., 1995; Johnson et al., 1998) o que os predispõe a desvios de comportamento.

Conhecer a distribuição percentual do tempo através da observação do comportamento animal e obter avaliação objetiva dos sistemas gerenciais sobre animais e efeitos associados à

saúde e o bem-estar animal têm demonstrado ser oportuna com relação aos cavalos estabulados (McGreevy et al., 1995).

Além disso, o conhecimento da distribuição percentual do tempo é importante para sugerir práticas alimentares visando aproximar-se ao máximo, ao comportamento alimentar apresentado pelo animal na natureza (Ribeiro et al., 2009).

2.8 Perfil hematológico e bioquímico de equinos

O sangue é um tecido líquido que circula no sistema vascular e funciona como um sistema de transporte do corpo. Este é constituído de uma fração líquida, o plasma na qual se encontram os seus constituintes celulares: eritrócitos (hemácias ou glóbulos vermelhos), os leucócitos ou glóbulos brancos e as plaquetas (Bacila, 2003).

O sangue apresenta 85% de água e 15% de sólidos. Dos sólidos, a maior parte é composta por eritrócitos e de várias proteínas que se encontram em mistura no plasma. O plasma forma de 55 a 70% do volume total do sangue, sendo seu volume maior a água. Em solução o plasma contém gases dissolvidos, minerais, enzimas, hormônios, vitaminas e seus derivados coenzimáticos e metabólitos variados (Bacila, 2003).

O perfil sanguíneo, isto é, o hemograma e a bioquímica sérica, é uma ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional (González & Scheffer, 2003). Dessa maneira, é de grande interesse o estudo do perfil sanguíneo de equinos ao estudar novos alimentos para esta espécie.

A bioquímica sérica reflete de modo fiel as adaptações do animal diante de desafios nutricionais, fisiológicos e desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional (González & Scheffer, 2003; Dittrich, 2012). Além disso, fornece subsídios na interpretação do funcionamento hepático, renal, pancreático, ósseo e muscular (Dittrich, 2012).

Ainda em relação ao perfil bioquímico, Dittrich (2012) o define como sendo a dosagem de substâncias no sangue e a sua interpretação, com os objetivos de diagnóstico, prognóstico, tratamento e conhecimento da fisiologia animal, nutrição, toxicologia, endocrinologia, patologia, doenças metabólicas e carenciais dos animais, podendo ser utilizado como indicador dos processos adaptativos do organismo, no metabolismo energético, proteico e mineral.

Payne & Payne (1987), citado por Gonzáles & Scheffer (2003), definiram o conceito de perfil metabólico como sendo a análise de componentes sanguíneos aplicados a populações e tendo aplicações práticas no manejo alimentar.

Então, a interpretação deste perfil metabólico deve ser associada ao histórico e ao exame clínico do animal (Dittrich, 2012). Esta interpretação é complicada em rebanhos e em indivíduos, devido aos mecanismos que controlam os níveis dos metabólitos sanguíneos e às variações que ocorrem causadas por fatores como raça, idade, estresse, dieta, nível de produção, clima e estado fisiológico (gestação e lactação). Além destes fatores, ao se analisar o perfil metabólico de um animal é importante ter como referência valores de animais sob as mesmas condições regionais e da população em particular (Gonzáles & Scheffer, 2003; Gonzáles & Silva, 2006).

Dessa forma, para a correta interpretação dos valores do perfil bioquímico é imprescindível o conhecimento de valores padrões de referência (Balarin et al., 2005) para cada situação, região e raça estudada.

No entanto, na prática da clínica equina, devido às escassas referências para comparação, nos deparamos frequentemente com a dificuldade de interpretar os resultados dos exames bioquímicos. O conhecimento desses dados é importante por permitir ao clínico delimitar as possíveis doenças suspeitas, confirmar diagnósticos, sugerir prognósticos e avaliar a eficácia da terapia e dos programas nutricionais utilizados (Leadon, 1992).

Lopes et al. (1993) no Brasil, observaram diferenças significativas nas concentrações séricas das enzimas aspartato aminotransferase, lactato desidrogenase e gama glutamil transferase em equinos Puro Sangue Inglês sadios, em relação aos valores de referência de autores estrangeiros. Os autores enfatizaram a necessidade de cada laboratório determinar seus valores de referência.

Corroborando a afirmação de Lopes et al. (1993), Balarin et al. (2005) consultando a literatura observaram diferenças significativas na atividade de várias enzimas em equinos PSI, de acordo com o local onde os experimentos foram realizados. Estes autores afirmam ainda que tais diferenças podem inviabilizar uma interpretação correta quando esses valores forem utilizados em outras regiões, demonstrando a importância de se estabelecer valores regionais de referência.

Também são escassos os trabalhos nacionais a respeito da comparação dos valores hematológicos de referência para equinos em diferentes faixas etárias, alimentados com diferentes dietas, sob diferentes intensidades de treinamento e/ou de diferentes raças e formas de manejo (Howard et al., 2003).

Para o hemograma de repouso, o intervalo normal de um cavalo é bastante estreito, ao passo que há intervalos muito mais amplos entre raças de cavalos, com uma variação maior, devido à idade e ao estado/tipo de treinamento (Kingston, 2008).

Os índices de células vermelhas mostram a maior variação entre as raças. Isto diz respeito a fatores como a expansão do volume do plasma observado em animais de enduro, mas não em cavalos Puro Sangue Inglês ou Quarto de Milha. Além disso, o temperamento de um cavalo também pode afetar significativamente os índices de células vermelhas (Kingston, 2008).

É possível afirmar que a hematologia e a bioquímica sérica são ferramentas importantes para avaliar a dieta dos equinos, pois podem ocorrer alterações no equilíbrio metabólico dos animais a partir do emprego de novos alimentos. No entanto, geralmente, os valores da hematologia e da bioquímica sérica não fornecem informações diretas sobre a dieta, mas são muito úteis na avaliação da saúde e da doença dos animais.

2.9 Cálcio e fósforo

2.9.1 Importância do cálcio e do fósforo no organismo animal

Embora constitua somente a menor parte, em peso, da dieta dos equinos, os minerais constituem um papel importante na saúde desta espécie. Estes estão envolvidos em um grande número de funções no corpo dos equinos, incluindo o balanço ácido-básico, formação de componentes estruturais, cofatores enzimáticos, transferência de energia, dentre outras muitas funções (NRC, 2007).

O Cálcio (Ca) é o elemento mineral mais abundante no organismo animal. Cerca de 99% do Ca e entre 80 a 85% do fósforo (P) corpóreo estão localizados no esqueleto e dentes, sendo que cerca de 35% dos ossos são compostos por Ca. Apenas uma pequena parte da concentração orgânica desses elementos está presente no sangue (Bacila, 2003; Huff & Meacham, 1986).

Além de atuar como constituinte do osso e do dente, o cálcio possui outras importantes funções nos animais como participação na contração muscular, efeito moderador na excitação vagal, atua na permeabilidade da membrana celular e dos capilares, ativa a transmissão do impulso nervoso na excitabilidade neuromuscular, antagoniza a ação do sódio e do potássio sobre o coração, é essencial para a coagulação, é necessário para a liberação da insulina das

células β das ilhotas de Langherans do pâncreas, influenciando assim, o metabolismo dos carboidratos (Bacila, 2003).

O P existe em grande quantidade no osso (14 a 17%) (El Shorafa et al. 1979), onde é depositado ou retirado na dependência das taxas sanguíneas de fosfato inorgânico. Este mineral tem grande importância no metabolismo celular, em especial pela sua participação direta nos mecanismos bioquímicos ligados ao metabolismo energético (NRC, 2007). Vários componentes da célula são ésteres de ácido fosfórico, muitos dos quais dotados de elevada energia de hidrólise. Dessa maneira, este mineral tem ampla participação no metabolismo de carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos (Bacila, 2003; Lehninger, et al., 2006).

Em ruminantes, o P é encontrado em altas concentrações no rúmen (Witt & Owens, 1983), sendo que cerca de 50 a 70% deste é de origem endógena, secretado principalmente pela saliva. No rúmen o P possui duas importantes funções: atuar como tampão, evitando a queda do pH ruminal resultante da produção de ácidos orgânicos, além de fornecer P para a microbiota do rúmen, já que este é o constituinte das paredes das células microbianas. Segundo Hall et al. (1966), as células desses microorganismos contêm cerca de 20 a 60 g de P / kg de matéria seca presentes como ácidos nucleicos (80%) e fosfolipídios (10%). São observadas taxas de crescimento microbiano mínimas quando a concentração de P no meio está entre 40 e 80 mg de P / L (Chico et al., 1965 Hall et al.; 1966).

Em equinos, as mesmas funções do P no rúmen são observadas no intestino grosso. Segundo Moura et al., (2011) uma possível disponibilização de P no intestino grosso, o qual faz parte da estrutura química de tampões fosfatos importantes na manutenção do pH intestinal, pode favorecer a manutenção e/ou melhoria da microbiota celulolítica, levando a uma maior fermentação da fibra.

2.9.2 Metabolismo e concentrações plasmáticas de cálcio e fósforo em equinos

A concentração do Ca sanguíneo é regulada pelo paratormônio (hipercalcemiante) e pela calcitonina (hipocalcemiante), sendo que o osso é a fonte principal para o Ca circulante. O paratormônio mobiliza Ca do osso e a excreção urinária de fosfato e, dessa maneira, eleva as concentrações sanguíneas de Ca. A calcitonina, por sua vez, produz hipocalcemia e hipofosfatemia, promovendo a deposição de Ca no osso, dessa maneira, quando ocorre elevação de Ca sérico há estímulo para a secreção desse hormônio (Bacila, 2003).

Os estudos físico-químicos sobre o metabolismo nos ossos mostram que as trocas de Ca entre os ossos e fluidos corporais ocorrem por dois processos: a) trocas iônicas, que correspondem ao processo rápido, na superfície óssea, quando excesso de Ca é incorporado à molécula de fosfato tricálcico; b) trocas lentas ou processo de recristalização, que correspondem à penetração de Ca trocável no interior do osso (Vitti, et al., 2008).

Os osteoblastos, que são células responsáveis pela formação e mineralização óssea, possuem elevadas concentrações da enzima fosfatase alcalina na superfície da sua membrana citoplasmática. Esta enzima, quando liberada, contribui para o início da mineralização e o progressivo crescimento dos cristais de Ca (Frandsen, et al., 2011).

A partir dos osteoblastos adjacentes à matriz orgânica recentemente sintetizada brotam vesículas do seu citoplasma e por meio da fosfatase alcalina ocorre a hidrólise dos íons fosfato para o interior desta vesícula. Os íons de Ca vindos dos fosfolipídios da membrana também adentram a vesícula. Ocorre então, saturação de Ca e P levando à precipitação do fosfato de cálcio que quando a vesícula é rompida é espalhado pela matriz. Todo este processo é característico de quando está ocorrendo, pela primeira vez, a formação e mineralização do tecido ósseo (Frandsen et al., 2011).

Por ser regulada por vários hormônios, a concentração plasmática dos minerais não é um reflexo do estado nutricional do animal quando este controle homeostático está funcionando normalmente. Outros métodos de determinar o equilíbrio mineral, tal como a excreção urinária, estão sendo investigados como indicadores mais sensíveis do estado nutricional (Van Saun, 2000).

De acordo com Lewis (2000) um desequilíbrio nutricional de Ca em excesso ou em deficiência não causa alterações na concentração plasmática deste mineral, porém estas alterações podem ser percebidas nas concentrações de paratormônio e de vitamina D. Já as concentrações de P podem se alterar em função de desequilíbrios na dieta.

O NRC (2007) também afirma que as concentrações de P podem se alterar devido ao menor controle hormonal dos níveis deste no sangue, em comparação ao controle exercido sobre o Ca, sendo possível que os valores de P sanguíneos sejam um indicativo do estado nutricional do animal (NRC, 2007).

No entanto, a ausência de uma concentração plasmática alterada de Ca e P não indica que não se encontra presente um desequilíbrio nutricional destes nutrientes. Uma deficiência ou um excesso dietético, geralmente, devem ser prolongados e severos antes que ocorra uma alteração na concentração plasmática destes nutrientes, e que a intensidade da alteração na

concentração plasmática possa não ser o suficiente para ser diagnosticada, tal como ocorre com desequilíbrios dietéticos de P (Lewis, 2000).

De acordo com Geiser et al. (1989) o Ca total do sangue encontra-se ligado à albumina, ionizado e formando complexos (citrato, bicarbonato e fosfato). O Ca ligado à proteína corresponde cerca de 50% do Ca sanguíneo e não é difusível. O Ca complexado e ionizado são ativos, sendo que esta última forma é a mais fisiologicamente ativa.

Com o P ocorre da mesma forma. Após entrar na corrente sanguínea o P circula, parte ligado a uma proteína transportadora, parte complexado e parte na forma ionizada, seguindo pela circulação até o fígado, onde é redistribuído aos diferentes tecidos. O balanço de P é finalmente estabelecido entre a retenção líquida de P nos ossos e tecidos moles, a retenção no útero gravídico e a produção de leite, quando houver (Forbes, 1983).

Para Lewis (2000), os valores de P plasmático em equinos adultos variam de 2,5 a 5 mg/dL, já em animais em crescimento rápido estes valores são de 5 a 9 mg/dL. Ainda segundo este autor os valores de Ca total são de 10,5 a 13,5 mg/dL. Já segundo Bacila (2003) os níveis de P no soro de equinos são de 7,92 mg/dL e os níveis de Ca são de 12,2 mg/dL.

Mélo et al. (2012) avaliando os efeitos da suplementação com concentrado extrusado, rico em óleo, não verificaram efeito da dieta sobre os valores de Ca, variando de 10,3 a 10,8 mg/dL. Estes autores também não verificaram efeito da dieta sobre os valores de P plasmático que variaram de 5,2 a 5,5 mg/dL. Esta ausência de influência da dieta sobre os minerais plasmáticos é esperada devido ao eficiente controle hormonal que ocorre sobre estes minerais.

Vinocur et al. (1999) avaliaram os teores sanguíneos de Ca e P e a atividade sérica de fosfatase alcalina (FA) em potros Puro Sangue Inglês em dois experimentos. O primeiro experimento foi composto por um grupo de potros com alterações flexurais congênitas e outro normal, e o segundo por potros de sobreano com evidências clínicas de epifisite, potros de 2,5 anos com histórico de epifisite e outro grupo de animais normais. Os autores verificaram que os teores médios de Ca, P e FA, em geral, se mantiveram em todos os grupos dentro de parâmetros considerados normais. Foi encontrada diferença significativa para FA nos dois experimentos. No primeiro experimento a FA foi de 274 e 643 UI para o grupo com alterações flexurais congênitas e grupo normal, respectivamente. No segundo experimento a FA observada foi de 422, 143 e 322 UI para os grupos com 1,5 anos de idade com epifisite, sadios e com 2,5 anos de idade com histórico de epifisite prévia, respectivamente. Em relação ao P, no primeiro experimento, este variou de 6,1 e 6,8 mg/dL, para o grupo com alterações flexurais congênitas e sadios, respectivamente. Para as médias de Ca no segundo experimento foram observados os valores de 12,4, 13,3 e 12,0 mg/dL, já para o P os valores foram de 5,8,

5,3 e 5,2 mg/dL, para os grupos com 1,5 anos de idade com epifisite, sádios e com 2,5 anos de idade com histórico de epifisite prévia, respectivamente. A relação Ca:P na corrente sanguínea se manteve próxima a 2:1 em todos os grupos, caracterizando o mecanismo de equilíbrio homeostático.

Segundo Vinocur et al. (1999), apesar dos níveis de Ca, P e FA estarem dentro da normalidade, as diferenças observadas no primeiro experimento para o P e a FA, onde os animais controle apresentaram valores significativamente mais elevados, pode ser atribuído a maior atividade osteoblástica nesta idade. No segundo experimento as diferenças encontradas nos valores de P e FA entre os potros do grupo com epifisite e dos normais da mesma idade talvez resultem de uma maior atividade óssea, tardia, de recuperação, nos potros com epifisite. Segundo estes autores, como os valores tanto dos animais enfermos como sádios permaneceram dentro dos parâmetros de referência e a coleta do sangue ocorreu, provavelmente, dias ou semanas após a fase aguda da doença, conclui-se que a dosagem de Ca, P e FA de forma individual não é informativa e nem deve ser tomada como método de diagnóstico. Porém, quando se trabalha com um número maior de animais e se tem a possibilidade de utilizar um grupo controle saudável conhecido, a constatação da presença de diferenças significativas nos valores de Ca, P e FA poderá oferecer um apoio diagnóstico.

2.9.3 Absorção e excreção do cálcio e do fósforo em equinos

O Ca é absorvido no intestino delgado (Lewis, 2000) e sua absorção é influenciada pelo paratormônio, andrógenos e estrógenos, pela vitamina D e necessidade deste na dieta (Hintz, 1993). Já a corticotrofina e a cortisona diminuem sua absorção (Bacila, 2003). A excreção do Ca ocorre por via renal, sendo influenciada pelo consumo deste mineral e do tipo de dieta (Meyer, 1995).

Segundo o NRC (2007) a absorção do Ca é considerada eficiente quando é de 50%, sendo este valor considerado para todas as idades. No entanto, afirma também que a absorção verdadeiramente eficiente pode ser maior do que 70% em equinos jovens e declinar com o avançar da idade.

A absorção verdadeira do P é bastante variável e tipicamente varia de 30 a 55%. Esta variação depende de outros constituintes da dieta, quantidade e qual tipo de P é consumido, categoria e idade do cavalo. Em éguas em lactação e cavalos em crescimento o valor de

absorção do P é de 45%, pois a dieta destas categorias é, geralmente, suplementadas com P inorgânico (NRC, 2007).

O excesso de P na dieta em qualquer forma se conjuga com o Ca, impedindo a sua absorção. Contrariamente, o excesso de Ca dietético possui pouco efeito na absorção do P. Isso ocorre, pois como dito anteriormente, no equino, o Ca é absorvido no intestino delgado, enquanto que o P é absorvido no intestino grosso, dessa forma o Ca não se encontra disponível no intestino grosso. Consequentemente, o excesso de Ca na dieta é menos prejudicial do que o excesso de P (Lewis, 2000).

Diferentemente ao que foi descrito por Lewis (2000), Van Doorn et al. (2004) afirmam que altos níveis de Ca na dieta podem diminuir a absorção de P. Isto pode ser observado a partir do trabalho deles que constataram que a absorção de P diminuiu de 25% em dietas contendo 0,148 g de Ca / kg de peso vivo (pv) / dia para 11 e 13% quando foram fornecidas dietas contendo 0,316 e 0,535g de Ca / kg de pv / dia, respectivamente.

Segundo o NRC (2007), altas concentrações de Ca na dieta de equinos podem sim diminuir a absorção de P (NRC, 2007) sendo que a excreção também é afetada, pois segundo Chapuis-Lardy et al. (2004) ocorre a formação de complexo Ca-P que reduz a disponibilidade de ambos os minerais.

Quando ocorre excesso de magnésio ou alumínio na dieta, a absorção de P também é reduzida (Bacila, 2003), sendo que esta ocorre no intestino grosso (Lewis, 2000) e sua excreção ocorre principalmente pelas fezes (Bacila, 2003).

A excreção do P pelas fezes possui duas frações: uma exógena, que é a fração do elemento de origem alimentar que não foi disponível para absorção ou que foi disponível e não absorvido (Furtado, 1996), e outra endógena, composta pela saliva, suco gástrico e debris celulares (Bravo & Meschy, 2003). Segundo Barcellos (1998), a fração da dieta que é absorvida constitui a absorção verdadeira, enquanto que a diferença entre o P consumido e o P das fezes, representa a absorção aparente.

Vitti et al. (2008) estudaram o metabolismo de Ca e P nos equinos em crescimento que receberam diferentes níveis de suplementação de Ca: 0,15; 0,45 e 0,75% na dieta, utilizando-se o modelo determinístico e compartimental, a partir de informações sobre o estudo de metabolismo e cinética de Ca e P em tecidos, obtidas pela técnica da diluição isotópica. Os autores constataram que os níveis dietéticos de Ca tiveram influência na absorção real do Ca, sendo menor para o nível 0,15% (4,97 g Ca/dia). As trocas de Ca entre o sangue e o trato digestivo foram menores para o nível 0,15%, já a mobilização entre o sangue e os ossos e sangue e tecidos moles não foi influenciada pelos tratamentos. O balanço de Ca nos ossos e

tecidos foi menor para o nível de 0,15%. Eles observaram também que os níveis de Ca dietéticos tiveram influência no P eliminado através da urina, sendo este valor maior para o tratamento 0,15% (2,49 g/animal/dia). A absorção real média do P foi de 83%, não havendo diferenças para os tratamentos. Foi verificada deposição óssea média de 9,69 g de P/animal/dia, indicando que a quantidade de P fornecida foi adequada em relação à tolerância permissível à amplitude na relação Ca:P para equinos em crescimento. Não foram observadas diferenças significativas entre os fluxos de P nos diversos compartimentos. Os autores concluíram que a ingestão de níveis crescentes de Ca afetou o metabolismo e a cinética deste elemento, entretanto, a proporção Ca:P é o fator predominante para determinar a excreção, retenção e absorção de Ca. Concluíram também que a deposição de Ca no osso foi influenciada pela quantidade ingerida deste mineral, já o metabolismo de P em equinos em crescimento não foi afetado pelos teores de Ca da dieta.

Segundo Vitti et al. (2008) deve-se considerar ainda o efeito do hormônio da paratireoide, que em dietas deficientes em Ca atua no sentido de manter os níveis plasmáticos deste mineral e pode acarretar maior excreção de P pelos rins.

Grace et al. (2003) não observaram mudanças na absorção aparente do Ca quando potros desmamados foram alimentados com dietas contendo de 3,5 a 12 g de Ca / kg de matéria seca. Também não foram observadas mudanças na força do osso para estas concentrações de Ca na dieta.

2.9.4 Exigência de cálcio em equinos

As exigências nutricionais dos equinos são compostas por dois fatores: as exigências de manutenção mais aquela para as atividades físicas e/ou atividade fisiológica específica (crescimento, lactação, gestação). Essas exigências são aditivas e devem ser preenchidas com o objetivo do animal manter o peso, condição corporal e boa saúde. Assim como em animais de produção, o desequilíbrio entre nutrientes pode levar a um baixo desempenho.

As exigências de manutenção incluem aquelas apenas para manter o animal (manutenção de temperatura corporal, circulação sanguínea, batimentos cardíacos, etc) mais um mínimo de exercício naturalmente necessário para o bem estar deste. Estas exigências são diretamente dependentes do tamanho (peso vivo) do animal, do ambiente (regiões frias ou quentes) e da eficiência individual dos processos digestivos e metabólicos.

Segundo o NRC (1989), levando em consideração que a absorção do Ca é de 50% e que as perdas endógenas deste mineral são de 20mg de Ca/ kg de peso vivo (pv) / dia, um cavalo de 500 kg necessita de 20g/dia ou 0,04g de Ca/ kg de pv.

Buchholz-Bryant et al. (2001) utilizando análise de regressão, trabalharam com 12 equinos castrados e sedentários de três diferentes idades e calculou que o requerimento de um cavalo de 500kg é de 21g de Ca/dia ou 0,043g de Ca/ kg de pv. Esses valores são muito semelhantes aos recomendados pelo NRC (1989) e dessa forma, o NRC (2007) não achou necessário alterar estes valores.

Para potros, o NRC (2007) considera as perdas endógenas de 36 mg de Ca/kg de pv com 50% de absorção e 16 g de Ca / kg de pv ganho. Então a necessidade de Ca diária de potros é calculada a partir da seguinte fórmula: $(0,072 \text{ g de Ca} \times \text{kg de pv}) + (32 \text{ g de Ca} \times \text{ganho médio de peso diário (kg)})$.

Segundo o NRC (2005) quando são fornecidas quantidades adequadas de P, o máximo de Ca tolerável na dieta de equinos é de 2% em relação à ingestão total de matéria seca.

Furtado et al. (2009) estudaram o metabolismo de Ca em equinos em crescimento recebendo dietas com diferentes níveis desse mineral, utilizando 12 machos, com média de 12 meses de idade e peso vivo médio de 221,0 kg, mantidos com três dietas contendo 0,15; 0,45; ou 0,75% de Ca e 0,23% de P, com o auxílio de um marcador radiativo (7,4 MBq de ^{45}Ca (CaCl_2)). Os autores verificaram que os níveis de Ca plasmático, Ca total na urina e Ca endógeno nas fezes não diferiram entre os níveis de Ca da dieta com valores médios de 11,76; 5,54 e 20,86 mg / kg de pv /dia, respectivamente. A disponibilidade biológica de Ca (média de 81,71%) também não diferiu entre os níveis de Ca e as regressões lineares entre níveis de Ca na dieta e Ca total ingerido, Ca absorvido, Ca total nas fezes e Ca retido foram expressas, respectivamente pelas equações: $y=10,7+2,78x$ $r^2=1,0$; $y=12,41+2,24x$ $r^2=0,99$; $y=5,97+0,92x$ $r^2=0,93$ e $y=6,4+1,70x$ $r^2=0,94$, com médias de 135,80; 113,21; 47,37 e 82,90 mg/kg de pv/dia, respectivamente. Estes autores concluíram que a disponibilidade biológica de Ca não é influenciada pelos níveis de Ca nas dietas e nas condições experimentais, os resultados obtidos, de 19,0 g de Ca/animal/dia, sugerem que as exigências de Ca de equinos criados em condições brasileiras são menores que as preconizadas em tabelas internacionais de exigências nutricionais para equinos.

2.9.5 Relação de cálcio e fósforo da dieta de equinos

É importante o consumo adequado de Ca e P pelos equinos, sendo secundário a este a importância da relação entre Ca:P da dieta. Se o consumo de Ca for menor do que o de P, isto é, relação Ca:P menor que 1:1, a absorção do Ca pode ser prejudicada. Mesmo que a dieta contenha adequados níveis de Ca, se o consumo de P for excessivo, podem ocorrer anormalidades no esqueleto (Schryver, et al., 1971).

Se tanto as quantidades de Ca como as de P na ração forem adequadas para preencher as necessidades do animal, a proporção de Ca:P na ração do equino adulto pode variar provavelmente de 0,8:1 a 8:1, e na do equino em crescimento, de 0,8:1 a 3:1 sem resultar em problemas. No entanto, devido à variação no teor e na disponibilidade do Ca e do P nos alimentos, não se recomenda um proporção de menos de 1:1 para qualquer equino e mais de 6:1 em equinos adultos (Lewis, 2000).

Segundo Hintz et al. (1997) quando se utiliza alguns alimentos como farelo de trigo e aveia na dieta de equinos deve-se tomar cuidado, pois estes apresentam altas concentrações de P e baixas de Ca. Então é importante a suplementação de Ca nestas dietas para equilibrar a relação Ca:P e não causar problemas nos animais.

2.9.6 Fontes inorgânicas de cálcio e de fósforo para equinos

No Brasil, a principal fonte de P utilizada na alimentação animal é o fosfato bicálcico, no entanto, esta apresenta um custo relativamente elevado. Diante desta situação existe grande interesse em avaliar fontes de P não convencionais. Nesse sentido, os fosfatos de rocha mostram-se como alternativa ao uso de P em dietas de animais. A partir da década de 80, o uso dessas fontes de P têm sido estudadas por inúmeros pesquisadores, principalmente voltadas para suínos e aves. São escassas as pesquisas visando avaliar a utilização de diferentes fontes minerais para equinos, principalmente fontes alternativas de P, que poderiam reduzir o custo da suplementação e da alimentação como um todo (Tosi et al., 1999).

A farinha de ossos, o primeiro produto a ser utilizado no mundo como fonte de Ca e P suplementar, tem apresentado uso restrito, principalmente devido ao fato de apresentar sua composição com qualidades variáveis e sua oferta limitada. Além disso, com o advento da doença da vaca louca seu emprego com essa finalidade tende a desaparecer (Lopes, 2001).

Carbonato, sulfato e óxido de Ca são comumente formas inorgânicas de Ca (Highill, et al., 2005, citado pelo NRC, 2007). O consumo voluntário das fontes de Ca não é muito efetivo pelos equinos (Hintz, 1987), sendo uma possível alternativa para este problema a sua mistura aos grãos ou a outros alimentos palatáveis para o atendimento do consumo das suas exigências.

O P pode ser ingerido pelos animais como mono, di ou trifosfato, ou na forma orgânica, como fitatos, fosfolipídios ou fosfoproteínas (Pizzolante, 2000).

As fontes de P inorgânico comumente encontradas são: ácido fosfórico (24% P), fosfato bicálcico (18,5% P), fosfato de rocha (9% P), fosfato de rocha defluorinado (18% P), fosfato diamônico (20-23% P), fosfato dissódico (20,5% P), fosfato monocálcico (21% P), fosfato monossódico (22,4% P), trifosfato de sódio (25,3% P), fosfato supertriplo (17,5% P), fosfato monoamônico (21% P) e fosfato termomagnésio (7,5% P) (Lima et al., 1999).

O fosfato de rocha ou rocha fosfática é a rocha fosfatada simplesmente moída. É o minério de fosfato beneficiado por concentração física na sua forma natural. Os depósitos de fosfatos de rocha podem ter duas origens geológicas: ígnea e sedimentar (Chaves, 1994).

O fosfato bicálcico e os fertilizantes fosfatados solúveis, tais como o superfosfato triplo e o monoamônio fosfato, são fabricados a partir da mesma matéria-prima, ou seja, da rocha fosfática (Cardoso, 1991). Inicialmente, a rocha fosfática é tratada com ácido sulfúrico, resultando numa mistura de ácido fosfórico e sulfato de Ca (gesso). O fosfato bicálcico é obtido adicionando-se calcário ao ácido fosfórico, ao passo que com a adição de mais rocha fosfática ao ácido fosfórico produz-se o superfosfato triplo. A principal forma do P no superfosfato triplo é o fosfato monocálcico, solúvel em água. O monoamônio fosfato é produzido pela reação do ácido fosfórico com a amônia em fase gasosa (Cardoso, 1991).

Na Tabela 1 podem-se observar as concentrações médias de Ca e de P de algumas fontes para utilização na alimentação animal.

Tabela 1. Concentrações médias de fósforo e cálcio de algumas fontes de fósforo

Fonte	Fósforo %	Cálcio %
Fosfato bicálcico	18	23-24
Farinha de osso autoclavada	24	10,5
Farinha de osso calcinada	31,4	16
Monoamônio fosfato	23	-
Superfosfato triplo	20-21	15
Fosfato de rocha de Tapira	14,8	33
Fosfato de rocha de Patos	10,6	23
Fosfato de rocha de Araxá	10	36

Adaptado de Lopes, 2001.

A biodisponibilidade de um nutriente é a proporção ou a porcentagem do seu consumo que pode ser absorvida pelo intestino, tornando-se disponível para o uso no metabolismo ou para a estocagem nos tecidos (Veloso et al., 1991). Também pode ser expressa em termos relativos que compara o ingrediente considerado a outro tomado como padrão, ao qual é atribuído valor de 100% (Lopes, 2001).

Nenhum composto fosfatado apresenta P completamente disponível. Assim, a disponibilidade varia de acordo com a fonte de P utilizada, sendo esta importante na seleção das fontes mais convenientes (Veloso et al., 1991).

Considerando ser o aproveitamento do P dependente da solubilidade que apresenta no ponto de contato com as membranas onde é absorvido e dos fatores que agem para mantê-lo em solução (Maciel & Lebouté, 1978), a fração absorvida é diretamente proporcional à quantidade do mineral ingerida e solubilizada (Field, 1981). A determinação da solubilidade é desta forma, muito importante na avaliação da biodisponibilidade de fontes de minerais utilizadas na alimentação animal.

Sendo assim, a concentração de P em um alimento tem pouco significado nutricional, a não ser que seja acompanhado de informações sobre sua disponibilidade biológica (Mabe, 1997).

A técnica de solubilidade em ácido cítrico a 2% vem sendo a mais utilizada para prever o valor biológico dos fosfatos (Duarte et al., 2003). Os métodos *in vivo* mensuram os parâmetros biológicos e/ou desempenho zootécnico, tais como absorção verdadeira, alternando retirada e fornecimento do elemento ao animal (Ammerman et al., 1965), digestibilidade verdadeira (Heinze et al., 2004), níveis séricos, atividade da fosfatase alcalina (Vinocur et al., 1999; Mélo, et al., 2012), teor de cinzas na costela (Wise et al., 1991), velocidade de crescimento (Tosi et al., 1999), exame radiológico, bem como a técnica de diluição isotópica com o uso de radioisótopos (Vitti et al., 2008).

Lopes et al. (2003) a partir do estudo do fluxo de P entre os compartimentos fisiológicos ou anatômicos de equinos, avaliaram a absorção e disponibilidade desse mineral com o P proveniente de diferentes fontes de fosfato (Fosfato de Tapira, fosfato de Patos de Minas, fosfato bicálcico e farinha de ossos) utilizando-se um modelo determinístico e compartimental, onde o trato gastrintestinal, os ossos e tecidos moles, em conjunto, representaram os compartimentos, em fluxo bidirecional com o sangue. Estes autores verificaram que o P excretado nas fezes e na urina e o fluxo bidirecional de P dos tecidos moles e ossos para o sangue não são influenciados pelo tipo de fonte de P, quando os fosfatos Tapira, Patos de Minas, bicálcico ou farinha de ossos são adicionados às dietas de equinos; o

fluxo de P do trato digestivo para o sangue depende do tipo de fosfato existente nas dietas, sendo maior nos fosfatos bicálcico, Patos de Minas e farinha de ossos; a disponibilidade biológica e a absorção real do P nos fosfatos Patos de Minas e da farinha de ossos em dietas de equinos são similares à do fosfato bicálcico, sendo que estes constituem então, fontes alternativas para suplementação dietética de P em equinos.

Tosi et al. (1999) avaliaram o desenvolvimento corporal de 18 potras com idade média de 11 meses e peso vivo médio de 250 kg, alimentadas com três dietas contendo fosfato bicálcico (FB); 50% de fosfato bicálcico mais 50% fosfato de rocha de Tapira (BT) e fosfato de rocha de Tapira (FT), incorporados ao concentrado (1,5% do peso vivo/animal/dia) e ao sal mineralizado (50g/animal/dia), a partir do efeito dos diferentes níveis de flúor e P presentes no fosfato de rocha de Tapira sobre o desempenho destes animais. Os autores verificaram que o nível médio de flúor nas dietas FB, BT e FT foi, respectivamente, de 53,0; 90,0 e 184,0 ppm. Segundo os autores, o consumo diferenciado de fluoreto nas diferentes dietas não acarretou efeitos sobre os parâmetros ganho de peso, perímetro torácico, perímetro do joelho e perímetro da canela. Os animais que receberam a dieta contendo exclusivamente fosfato de rocha apresentaram menor aumento de altura na cernelha (1,27cm) quando comparados àqueles que receberam dietas contendo fosfato bicálcico (1,55 e 1,30cm), não sendo recomendável a utilização do fosfato de rocha de Tapira como fonte exclusiva de P na dieta de equinos.

2.9.7 Problemas causados pelo desequilíbrio de cálcio e fósforo da dieta de equinos

Macrominerais especialmente Ca, P e magnésio formam complexos minerais nos ossos. A densidade do osso, os minerais e o conteúdo de Ca em ossos trabeculares e subcondrais aumentam em cavalos até os quatro anos de idade (Van Der Harst, et al., 2005) sugerindo que um balanceamento inadequado dos macrominerais consumidos pelos equinos até esta idade pode afetar o desenvolvimento e a força do osso (NRC, 2007).

O desequilíbrio dietético de Ca e de P podem resultar tanto numa diminuição da concentração de Ca ionizado quanto do aumento de P na corrente sanguínea. O desequilíbrio pode estar relacionado com uma menor absorção intestinal de Ca ou aumento da absorção de P. O aumento da concentração sérica de P ou redução sérica de Ca ionizado estimula a hipersecreção de paratorhormônio para manter a homeostase do Ca (David et al., 1997).

Inadequadas concentrações de P, assim como de Ca e vitamina D, produzem raquitismo, mudanças no crescimento e osteomalácia em animais adultos (NRC, 2007).

Segundo o NRC (2007) o desequilíbrio de Ca e P na dieta aumentam os riscos de doenças ortopédicas do desenvolvimento (DOD). As DOD são um complexo de anormalidades musculoesqueléticas que podem afetar cavalos em crescimento. Estas condições incluem deformidades angulares dos membros, epifisites, quistos ósseos subcondrais, osteocondroses, contratura de tendão (porém não congênita) e malformação cervical vertebral (McIlwraith, 2004).

O desenvolvimento de DOD ocorre de anormalidades na ossificação endocondral em uma ou duas das áreas de crescimento do osso, cartilagem epifisal (McIlwraith, 2004).

O hiperparatiroidismo secundário nutricional (HSN) (“Cara inchada”) resulta de uma dieta com uma relação Ca: P inadequada, levando a um aumento da concentração de P na corrente sanguínea. Essa doença pode ser causada por uma dieta com baixo teor de Ca, alta de P, ou com baixo teor de vitamina D. Além disso, os animais que estão em pastagens que contêm uma quantidade excessiva de oxalato podem desenvolver sinais clínicos de HSN. Altas concentrações de oxalato é suficiente para diminuir a absorção intestinal de Ca por quelar com este no trato gastrointestinal (David et al., 1997).

Selim et al. (2012) avaliaram a composição macroelementar óssea de 30 pares do osso terceiro metacarpiano equino e sua relação com a idade, sexo, peso, raça, alimentação e atividade dos animais. As concentrações médias de cálcio [Ca] e fósforo [P] das amostras foram 205 ± 62 mg/g e 97 ± 32 mg/g, respectivamente. A relação [Ca]/[P] encontrada foi de $2,12 \pm 0,13$, indicando que a proporção entre o Ca e P no tecido ósseo é constante e aproximadamente igual à razão 2:1. A avaliação entre os animais com atividade física intensa e os animais com atividade física leve, em que a quantidade de material mineralizado para o primeiro e segundo conjuntos foram, respectivamente, $[Ca] = 222 \pm 57$ mg/g e $[Ca] = 179 \pm 47$ mg/g, evidenciou a existência de correlação estatística entre o depósito de material mineral e a função exercida pelos animais. Os autores concluíram que os resultados podem ser utilizados como subsídios para estudos posteriores acerca de possíveis correlações com enfermidades de origem fisiológica ou nutricional frente à casuística de fraturas e outras afecções comuns ao aparelho locomotor equino.

Savage et al. (1993a) observaram que potros desmamados alimentados com dietas contendo altos níveis de Ca (1,95%) apresentaram um número similar (33%) de ocorrências de lesões histológicas discondroplásticas do que os potros alimentados com dieta controle (17%) a qual apresentava a relação Ca:P de 1,3:1. Neste mesmo trabalho, os potros foram

alimentados com 388% das recomendações de P do NRC (1989) e apresentaram numerosas e severas lesões de osteocondrose, mas não sinais clínicos de HSN.

Em outro trabalho, no qual potros desmamados foram alimentados com níveis adequados de Ca na dieta e excesso de P (1,7%), causando um desequilíbrio da relação Ca:P, Savage et al. (1993b) observaram 83% de incidência de discondroplasia histológica de jarrete, ombro e/ou articulação intervertebral. Estas lesões nas articulações foram atribuídas ao hiperparatireoidismo nutricional secundário induzido pelo desequilíbrio de Ca:P.

A deficiência de Ca na dieta de potros pode levar à osteopenia. Esta condição é caracterizada pela pobre mineralização do tecido osteóide com a probabilidade de alargar as articulações e quebra de ossos longos. Em animais adultos, a dieta inadequada em Ca pode resultar em enfraquecimento dos ossos e incidência de claudicação (NRC,2007).

Segundo Knight et al. (1985) citado pelo NRC (2007) potros apresentam menor incidência de doenças metabólicas dos ossos quando são alimentados com dietas contendo 1,2% de Ca comparado com potros alimentados com dietas contendo 0,2% de Ca na dieta, os quais apresentam severas doenças metabólicas nos ossos.

2.10 Referências bibliográficas

AMMERMAN, C.B.; CHICCO, C.F.; MASRI, N.N.; et al. Availability of inorganic phosphates to calves and to cellulolytic rumen microorganism *in vitro*. *Journal of Animal Science*, v. 24, p. 872, 1965.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. *Nutrição Animal*. 2ed. São Paulo: Nobel, 1982. 395 p.

APPLEGATE, C.S.; HERSHBERGER, T.V. Evaluation of *in vitro* caecal fermentation techniques for estimating the nutritive value of forages for equine. *Journal Animal Science*, n. 28, p.18-22, 1969.

ARAÚJO, K.V., LIMA, J.A., TEIXEIRA, J.C. et al. Determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes de alguns concentrados e volumosos para equinos, pela técnica do saco de náilon móvel. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 25, n.5, p.944-956, 1996.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al. Comparação entre indicadores internos e o método da coleta total para determinar digestibilidade os nutrientes de dietas mistas em equinos. *Ciência agrotécnica*, v. 24, n.4, p. 1041-1048, 2000.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al.; Avaliação de períodos de coleta total de fezes para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, n.4, p.886-893, 2003.

ARGENZIO, R.; HINTZ, Glucose tolerance and effect of volatile fatty acids on plasma glucose concentration in ponies. *Journal of Animal Science*. v. 30, p. 514-519. 1970.

Association of Official Analytical Chemistry. *Official methods of analysis*. 16th ed. AOAC International. Arlington. 1025 p. 1995.

BACILA, M. *Bioquímica Veterinária*. 2 ed. Robe: São Paulo, 2003. 583 p.

BALARIN, M.R.S.; LOPES, R.S.; KOHAYAGAWA, A.; et al. Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-glutamyltransferase. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 2, p. 211-218, 2005.

BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. *Anais...* Viçosa:UFV/DZO, 2006. p.245-276.

BARCELLOS, J.O.J. *O papel do fósforo na nutrição de bovinos de corte*. In: DIAZ GONZALEZ, F.H.; OSPINA, H.; BARCELLOS, J.O.J. (Ed.). *Nutrição mineral em ruminantes*. 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998. p. 23-72.

BEAUCLAIR, E. G. F. de et al. O uso de maturadores químicos na cana-de-açúcar. São Paulo: APTA, 2005. Disponível em: < <http://www.apta.sp.gov.br>>.

Acesso em: 2008.

BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C. L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 3, p. 830-833, 2000.

BLOOD, D. C.; RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C. Distúrbios do apetite, ingestão de alimentos e estado nutricional: alotriofagia. In: BLOOD, D. C. & RADOSTITS, O. M. *Clínica Veterinária*. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1989a. 66 p.

BLOOD, D. C.; RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C. Estados sistêmicos gerais: estresse. In: BLOOD, D. C.; RADOSTITS, O. M. *Clínica Veterinária*. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1989b. p. 45-47.

BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D'ARCE, R. D. Cana-de-açúcar e seus subprodutos na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. (Coord.) *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, v. 2, p. 805-850, 1987.

BRAGA, A.C.; ARAÚJO, K.V.; LEITE, G.G.; et al. Níveis de fibra em detergente neutro em dietas para equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.11, p.1965-1972, 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Balanço energético nacional 2008: ano base 2007. Brasília (DF): MME, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=17036>. Acesso em: out. 2008.

BRAVO, D.; MESCHY, F. Towards revised dietary phosphorus in growing lambs and the calculation of phosphorus requirements. *Journal of Agricultural Science*, v. 16, p. 19-26, 2003.

CARDOSO, J.L.A. Produção, processamento e perspectiva do fosfato na alimentação animal. In: MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1991, Campinas. *Anais...* Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1991. p.35-52.

- CHAVES, N. *Uso de fontes alternativas de “fósforo mineral” na alimentação de animais: apreciação técnica, legal e econômico-social*. Belo Horizonte: UFMG, 1994.12p. Parecer submetido à apreciação da Comissão Especial de Alimentação Animal. Em 24/08/1994.
- CHAPUIS-LARDY, L.; FIORINI, J.; TOTH, J.D. et al. Phosphorus concentrations in dairy feces: variability and affecting factors. *Journal of Dairy Science*, v.87, n.12, p.4334-4341, 2004.
- CHICCO, C.F.; AMMERMAN, C.B.; GAY, L.C et al. Utilization of inorganic ortho-meta-, and pyrophosphates by lambs and by cellulolytic rumen microorganisms *in vitro*. *Journal Animal Science*, v. 24, p. 355-363, 1965.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *Journal Animal Science*, v.63, n.5, p.1476-1483, 1986.
- CUNHA, T.J. *Horse feeding and nutrition*. 2.ed. London: Academy Press, 1991. 445p.
- DAVDSON, N.; HARRIS, P. Nutrition and welfare. In: ___ *The welfare of horse*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. v.1, p.45-76.
- DAVID, J.B.; COHEN, N.D.; NACHREINER, E. Equine nutritional secondary hyperparathyroidism. *Compendium on Continuing Education*, v.19, n.12, p. 1380-1386, 1997.
- DITTRICH, R.L. Exames laboratoriais de avaliação hepática nos equinos: perfil bioquímico sanguíneo. In: SIMPÓSIO ALAGOANO DE MEDICINA EQUINA, 2, 2012. Maceió. *Revista Brasileira de Medicina Equina*, supl. 1, v. 40, 2012.
- DOMINGUES, J.L. Uso de volumosos conservados na alimentação de equinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. *Anais...* Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009. p.259-269.
- DUARTE, H.C.; GRAÇA, D.S.; BORGES, F.M.O.; et al. Comparação de métodos *in vitro* para a determinação da biodisponibilidade do fósforo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 5, p. 436-441, 2003.
- EL SHORAF, W.M.; FEASTER, J.P. e OTT, E.A. Horse metacarpal bone: age, ash content, cortical area and failure-stress interrelationships. *Journal Animal Science*, v. 49, p. 979-982, 1979.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Produção de animais 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>. Acesso em 08 setembro 2014.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (Precoce e Intermediário) em três idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- FIELD, A.C. So problems in determining dietary allowances of macroelements for ruminants. In: ANNUAL INTERNATIONAL MINERALS CONFERENCE, 4. 1981. St. Petersburg. *Anais...* Mundelein: IMCC, 1981. p. 1-11.

FIGUEIREDO, D.M., ARAÚJO, K.V., LIMA, J.A.F., et al. Valores de digestibilidade de alimentos volumosos para equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.4, p.766 - 772, 1999.

FRAPE, D.L. *Nutrición y alimentación del caballo*. Zaragoza: Acribia, 1992. 404p.

FRANDSON, R.D.; WILKE, W.L.; FAILS, A.D. *Anatomia e Fisiologia dos Animais de Fazenda*. 7 ed. Guanabara Koogan 2011. 432 p.

FURTADO, C.E.; QUADROS, J.B.S.; VITTI, D.M.S.S.; et al. Disponibilidade biológica e exigências de cálcio em equinos em crescimento recebendo dietas com diferentes níveis de cálcio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.493-499, 2009.

GARCIA, J.A.S.; SILVA, J.F.C.; FONSECA, D.M. et al. Cana-de-açúcar (*Sccharum officinarum*, L.) na ração de equinos em fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.3, p.528-538, 1997.

GEISER, D.R.; FAULK, D. Ionized calcium in the horse. *Equine Practice*, v. 11, n. 5, p. 25-28, 1989.

GLENSKY, M.J. SMITH, R.M.; SPIRES, H.R.; et al. Measurement of volatile fatty and production ratio in the cecum of the pony. *Journal of Animal Science*, v. 42, p. 1465, 1976.

GOLOUBEFF, B. Distúrbio do comportamento alimentar. In: GOLOUBEFF, B. *Abdome agudo equino*. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1993. p. 17-21.

GONZÁLES, F.H.D.; SCHEFFER, J.L.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA, 1. 2003. Porto Alegre. Anais... p. 73-88. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/13177>. Acesso em 28/nov/2012.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. *Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária*. 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. 360p.

GRACE, N.D.; PEARCE, S.G.; FIRTH, E.C. et al. Content and distribution for macro and micro-elements in the body of pasture fed young horses. *Australian Veterinary Journal*, v. 77, p. 172-176, 1999.

HALL, O.G.; BAXTER, H.D.; HOBBS, C.S. Effect of phosphorus in different chemical forms *in vitro* cellulose digestion by rumen microorganisms. *Journal of Animal Science*, v. 20, p. 817-819, 1961.

HIGHFILL, J.L.; POTTER, G.D.; ELLER, E.M.; Comparative absorption of calcium fed in varying chemical forms and effects on phosphorus and magnesium. p.37-42. 2005. In 19th EQUINE SCIENCE SOCIETY, Tucson, AZ, 2005.

HINTZ, H.F., et al. Availability of phosphorus in wheat bran when fed to ponies. *Journal of Animal Science*, v. 36, p. 522-525, 1973.

HINTZ, H.F. Self-selection of calcium by horses. *Equine Practice*, v. 9, p. 5-6, 1987.

HINTZ, H.F. Straight from the horse's mouth: nutritional secondary hyperparatiroidism still happens. *Equine Pract*, v. 19, p. 5-6, 1997.

- HOFFMAN, R.M.; WILSON, J.A.; KRONFEL, D.S.; et al. Hydrolizable carbohydrates in pasture, hay and horse feed: direct assay and seasonal variation. *Journal of Animal Science*, n. 79, p. 500-506, 2001.
- HOWARD, D.L.; BENSI, F.J.; GACEK, F.; et al. Determinações plasmáticas de glicose, colesterol e triglicérides em potras sadias, da raça Brasileiro de Hipismo. *Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science*, v. 44, n. 6, p. 454-458, 2007.
- HUFF, A.N.; MEACHAM, T.N. Vitamin and mineral nutrition for the horse. *Equine Practice*, v.8, n. 4, p. 32-38, 1986.
- HYSLOP, J. J. *In situ* and mobile bag methodology to measure the degradation profile of processed feeds in different segments of the equine digestive tract. *Livestock Production Science*, v.100, p. 18-32, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção de la pecuária municipal 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/espanhol/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1269>. Acesso em: 28 agosto 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/PAM2010_Publicacao_completa.pdf> Acesso em: 17 outubro 2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CIÊNCIA ANIMAL – INCT – CA. *Métodos para análises de alimentos*. Viçosa, 2012. 214p.
- JACKSON, M.G. The alkali treatments of straws. *Animal Feed and Technology*, v.2, n.2, p.105-130, 1977.
- JOHNSON, K.G.; TYRREL, J.; ROWE, J. B.; et al. Behavioural changes in stabled horses given nontherapeutic levels of virginiamycin. *Equine Veterinary Journal*, v. 30, n. 2, p. 139-143, 1998.
- JUNG, H.G., ALLEN, M.S.. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal Animal Science*, v. 73, n. 3 p. 2774-2790, 1995.
- KLINE, K.H. Horse feeds and feeding. *Feedstuffs*, v.68, n.30, p.75-78, 1996.
- KIGHT, D.A.; GABEL, A.A.; REED, S.M. et al. Correlation of dietary mineral to incidence and severity of metabolic bone disease in Ohio and Kentucky. p. 445. 1985. In: 31st Am. Association Equine Practice, F. J. Milne, Ed. Lexington, K.Y: Am. Association Equine Practice.
- KINGSTON, J.K. Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K.W.; GEOR R.J.; KANEPS A.J. *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Philadelphia: Elsevier, 2008. p. 398-409.
- LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S. et al. Validação do Lipe[®] como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos. *Rev. Bras. Zootec.* v.38, n.1, p. 69-74, 2009.

- LEADON, D. P. Clinical Pathology Data. In: Robinson, N.E. *Current Therapy in Equine Medicine*, v.3, p.822-828, 1992.
- LE DU, Y.L.P.; PENNING, P.D. Animal based techniques for estimating herbage intake. In: LEAVER, J.D (Ed.) *Herbage intake Handboock*. Kurlley, UK: The British Grassland Society, 1982. p. 937-1075.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. *Princípios de Bioquímica*. 4.ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202p.
- LEWIS, L. D. Problemas associados com a alimentação. In: LEWIS, L. D. *Alimentação e cuidados com o cavalo*. São Paulo: Editora Roca, 1985. p. 91-122.
- LEWIS, L.D. *Nutrição clínica equina: alimentação e cuidados*. Roca: São Paulo, 2000. 710 p.
- LIMA, R.A.S.; SHIROTA, R.; BARROS, G.S.C. *Estudo do complexo do agronegócio cavalo*. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2006. 256p. (Relatório Final).
- LIMA, F.R. FERNANDES, J.I.M.; OLIVEIRA, E. Laboratory evaluatiosn of feed-grade na agricultura-grade phosphates. *Poultry Science*, v. 78, p. 1717-1728, 1999.
- LIPPKE, H. Estimation of Forage Intake by Ruminants on Pasture. *Crop Science*, v. 42, n. 3, p. 869–872, 2002.
- LOPES, H.O.S. Fontes alternativas de fósforo para a redução de custos do sal mineral para bovinos. *Documentos*, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001, 44p.
- LOPES, J.B.; FURTADO, C.E.; VITTI, D.M.S.; et al. Metabolismo do fósforo em equinos. 1. Avaliação dietética de diferentes fontes de fósforo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1339-1347, 2003.
- LOPES, S.T.A.; KRAUSE, A.; COSTA, P.R.S. Determinação dos valores médios das enzimas AST, LDH, GGT e FA no soro de equinos sadios em Santa Maria, RS. *Ciência Animal*, v. 23, n. 3, p. 301-3, 1993.
- MACIEL, M.L.C.; LEBOUTE, E.M. Avaliação de farinhas de osso por métodos indiretos e biológicos. In: ANUÁRIO TÉCNICO DO INSTITUTO DE PESQUISAS ZOOTÉCNICAS “FRANCISCO OSÓRIO”, 5, 1978. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 1978, p. 609-658.
- MABE, I. *Biodisponibilidade de fósforo para poedeiras em fosfatos de cálcio puros, fosfatos bicálcicos comerciais e fosfato de rocha*. 1997. 153 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassunga, 1997.
- MACHEBOEUF, D.; JESTIN, M.; ANDRIEU, J., et al. Prediction of the organic matter digestibility of forages in horses by the gas test method. In: SYMPOSIUM ON *IN VITRO* TECHNIQUES FOR MEASURING NUTRIENT SUPPLY TO RUMINANTS, 1997, Penecuick. Proc... Penicuick: British Society Animal Science, 1997. p. 59.
- MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas completas para vacas em lactação. I. Produção e composição de leite. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, VIÇOSA, MG. 2000. *Anais...*37º SBZ, CD-ROM, 2000.

- MANZANO, R.P.; FUKUSHIMA, R.S.; GOMES, J.D.F.; et al. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n. 4, p.1196-1204, 2000.
- MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES,L.C.; RESENDE, A.C. et al. Determinação da digestibilidade aparente em equídeos através do óxido crômico, da lignina e da coleta total das fezes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.48, n.6, p.703-711, 1996.
- MAYNARD, L.A., LOOSLI, J.K., HINTZ, H.F., et. al. *Nutrição animal*. 3.ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A. 1984 726p.
- MCGREEVY, P.; CRIPPS, P.J.; FRENCH, N.P. et al. Management factors associated with stereotypic and redirected behavior in Thoroughbred horse. *Equine Veterinary Journal*, v.27, n.2, p.86-91, 1995.
- MCGREEVY, P. D.; NICOL, C. J. Physiological and behavioral consequences associated with short term prevention of crib-biting in horses. *Physiology & Behavior*, v. 65, n. 1, p. 15-23, 1998.
- MEYER, H. *Alimentação de cavalos*. São Paulo: Livraria Varela, 1995. 303p.
- MCILWRAITH, C.W. Developmental orthopedic disease: problem limbs in Young horses. *Journal Equine Veterinary Science*, v. 24, p.475-479, 2004.
- MIRAGLIA, N.; PONCET, C.; MARTIN-ROSSET, W. Effect of feeding state and breed on the rate of passage of particulate matter through the gastro-intestinal tract of horse. *Annales De Zootechnie.*, v. 41, n. 1, p. 69-69, 1992.
- MOORE-COLYER, M.J.S. Effects of soaking hay fodder for horses on dust and mineral content. *Animal Science*, n. 63, p. 337-342, 1996.
- MOTA, D. A. *Diferentes tipos de cales na hidrólise da cana-de-açúcar in natura IAC 86-2480*. 2008. 54f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Jaboticabal, 2008.
- MOTA, J.S.; ARAÚJO, K.V.; LEITE, G.G.; et al. Concentrações plasmáticas de cortisol e parâmetros sanguíneos, bioquímicos e fisiológicos em equinos sob dieta com diferentes níveis de fibra. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia*, v.15, n.2, p.107-125. 2008.
- MOURA, R.S. DE; SALIBA, E.O.S.; ALMEIDA, F.Q.; et al. Digestibilidad aparente de dietas con probióticos o fitasa para potros Mangalarga Marchador. *Archivos Zootecnia*, v. 60, n. 230, p. 193-203. 2011.
- MUSEU DA MEMÓRIA AGROPECUÁRIA NO BRASIL – MMAB. História da agropecuária no Brasil por ciclo econômico. Disponível em: <http://www.fazendeiro.com.br/museu/historia/historia.asp>. Acesso em 22 de fevereiro de 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient Requirements of Horses*. 5 ed. Washington: National Academy, 1989. 100p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Mineral Tolerance of Animals*. 2 ed. Washington: National Academy, 2005. 496p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient Requirements of Horses*. 6 ed. Washington: National Academy, 2007. 341p.
- OLIVEIRA, M.D.S. *Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos*. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 128p.
- OLIVEIRA, C. A. A.; ALMEIDA, F.Q.; VALADARES FILHO, S.C. Estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes em dietas para equinos, com o uso de óxido crômico e indicadores internos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1681-1689, 2003
- OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; et. al. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, *in natura* e ensilada para bovinos. *Ciência animal brasileira*, v.8, n.1, p. 41-50, 2007.
- OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C.; MOTA, D.A.; et. al. Efeito da hidrólise com cal virgem sobre a composição bromatológica da cana de-açúcar. *Veterinário Notícias*, Uberlândia, v. 14, n. 1, p. 19-27, 2008.
- PAGAN, J.D. Carbohydrates in equine nutrition. *Feed Mix*, v.7, n.4, p.9-12, 1999.
- PAYNE, J.M.; PAYNE, S. *The Metabolic Profile Test*. Oxford University Press, 1987.
- PEARSON, R.A., CUDDEFORD, D., ARCHIBALD, R.F. et al. Digestibility of diets containing different proportions of alfalfa and oat straw in thoroughbreds, Shetland ponies, highland ponies and donkeys. 1992. FIRST EUROPÄISCHE KONFERENZ ÜBER DIE ERNÄHRUNG DES PFERDES, Institut für Tierernährung, Tierärztliche Hochschule, Hannover, p. 153–157, 1992.
- PEDROSO, A. F. *Aditivos químicos, microbiológicos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.)*. 2003. 120f. Tese (Doutorado) – ESALQ, Pirassununga, 2003.
- PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; CARMO, M.B. Avaliação de métodos para a determinação da digestibilidade aparente em equinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.24, n.3, p.382-390, 1995.
- PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. Digestibilidade aparente em equinos alimentados com capim elefante (*Penisetum purpureum*, Schum) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em diversas combinações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 1, p. 105-110, 1997.
- PIZZOLANTE, C.C. *Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte*. 2000. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2000.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. *Animal nutrition and feeding*. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 615 p.
- RABELO, C.H.S; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, D. A.; et al. Composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.4, p. 1137-1149, 2010.

- REZENDE, A.S.C; GONÇALVES, L.C; CARVALHO, M.A.G. et al. Digestibilidade aparente em equídeos submetidos a três condutas de arraçãoamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 50, n. 4, p. 429-434, 1998.
- REZENDE, M.J.M.; McMANUS, C.; MARTINS, R.D. et al. Comportamento de cavalos estabulados do exército brasileiro em Brasília. *Ciência Animal Brasileira*, v.7, n.1, p.17-25, 2006a.
- REZENDE, M.J.M.; McMANUS, C.; MARTINS, R.D. et al. Comportamento de cavalos das raças bretã e percheron estabulados. *Ciência Animal Brasileira*, v. 7, n. 1, p. 17-25, 2006b.
- REZENDE, A.S.C.; PEREIRA, R.V.G. Cana-de-açúcar: saiba quais são os prós e contras deste volumoso aos equinos. *Revista da Associação Brasileira dos Criadores do Caval Mangalarga Marchador*, n. 73, p. 74-78, 2012.
- REZENDE, A.S.C.; MAURÍCIO, R.M.; CARVALHO, W.T.V. et al. Aerobic stability of sugar cane *in natura* hydrolysed with calcium oxide to be used in equine diets. *Forages and grazing in horse nutrition*. v. 132, p. 271-274, 2012.
- RIBEIRO, L.B.; FURTADO, C.E.; TONELLO, C.L. et al. Comportamento e distúrbios alimentares em equinos durante ensaio de metabolismo recebendo volumosos com diferente qualidade nutricional acrescido de probiótico (*saccharomyces cerevisiae*). *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia*, v.16, n.1, p. 134-143. 2009.
- RODRIGUES, A. A.; ESTEVES, S. N. *Cana-deaçúcar e uréia para alimentação de bovinos na época da seca*. São Carlos: Embrapa-UEPAE, 1992. 30 p. (Circular Técnica, 6)
- RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 43, 2006, João Pessoa. Anais ... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, p.33-352.
- SALIBA, O.E.S. *Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais*. 1998. 142 f. Tese (Doutorado em ciência animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.
- SALIBA, E.O.S. (Coord.). Mini curso sobre o uso de indicadores. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005a. p. 34-35.
- SALIBA, E.O.S. Uso de indicadores: passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005b. p. 04-22.
- SANTOS, E.L.; CAVALCANTI, M.C.A.; LIRA, J.E.; et al. Manejo nutricional e alimentar de equinos: Revisão. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 9, n. 5, p. 1911–1943, 2012.
- SAVAGE, C.J.; MCCARTHY, R.N.; JEFFCOTT, L.B. Effects of dietary phosphorus and calcium on induction of dyschondroplasia in foals. *Equine Veterinary Journal Suplemento*, v. 16, p. 80-83, 1993a.

- SAVAGE, C.J.; MCCARTHY, R.N.; JEFFCOTT, L.B. Histomorphometric assessment of bone biopsies from foals fed diets high in phosphorus and digestible energy. *Equine Veterinary Journal Suplemento*, v. 16, p. 89-93, 1993b.
- SCHRYVER, H.F.; HITZ, H.F.; CRAIG, P.H. Phosphorus metabolism in ponies fed varying levels of phosphorus. *Journal Nutritional*, v. 101, p. 1257-1263, 1971.
- SELIM, M.B.; MOTA, T.; ABURAYA, J.H.; et al. Avaliação da composição macroelementar do osso terceiro metacarpiano de equinos. *Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science*, v. 49, n. 3, p. 210-214, 2012.
- SIMMONS, H.S.; FORD, E.J.H. Gluconeogenesis from propionate produced in the colon of the horse. *British Veterinary Journal*, v. 147, p. 340-345. 1991.
- SILVA, V.P.; ALMEIDA, F.Q.; MORGADO, E.S. et al. Digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos determinada pela técnica dos sacos móveis em equinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, n.1, p.82-89, 2009.
- STEIN, R.B.S.; TOLEDO, L.R.A.; ALMEIDA, F.Q. et al. Estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca por meio de indicadores internos em equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.2, p. 504-511, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TOSI, H.; VIANA, D.V.M.; FURTADO, C.E.; et al. Avaliação do fosfato de rocha com baixo teor de flúor na alimentação de equinos em crescimento. *Acta Scientiarum*, v.21, n.3, p.721-724, 1999.
- VAN DER HARST, M.R.; VAN DE LEST, C.H.; DEGROOT, J.; et al. Study of cartilage and bone layers of the bearing surface of the equine metacarpophalangeal joint relative to different time scales of maturation. *Equine Veterinary Journal*, v. 37, p. 200-206, 2005.
- VAN DOORN, D.A.; VAN DER, S., EVERTS, H. et al. The influence of calcium intake on phosphorus digestibility in mature ponies. *Journal Animal Physiology Nutrition*, v. 88, p. 412-418, 2004.
- VAN SAUN, R.J. Blood profiles as indicators of nutritional status. *Advances in Dairy Technology*, v. 12, p. 401. 2000.
- VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feeds analysis and its applications to forages. *Journal of Animal Science*, v.26, n.1, p.119-128, 1967.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476 p.
- VELOSO, J.A.F.; FURTADO, M.A.O.; BORGES, F.M.O. Avaliação de fontes de fósforo. I – Biodisponibilidade do fósforo de dez fontes para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991. João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, v. 28, 1991. P.325.
- VILELA, H. Melaço em pó com volumosos na alimentação de éguas em reprodução. *Artigos científicos*, 2007. Disponível em:

<http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_melaco_po_eguas_reproducao.htm/>. Acesso em: 04 mai. 2007.

VINOCUR, M.; BRASS, K.E.; DEPRÁ, N.M.; et al. Cálcio, fósforo e atividade da fosfatase alcalina no soro de potros puro sangue de corrida sob duas diferentes situações clínicas. *Arquivos da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, v.27, n.1, 1999.

VITTI, D.M.S.S.; FURTADO, C.E.; QUADROS, J.B.S.; et al. Efeitos de diferentes níveis de cálcio dietético na cinética de cálcio e fósforo em equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.478-486, 2008.

WATTS, K.A. Carbohydrates in Forage: What is a Safe Grass? Advances in equine nutrition. *Kentucky Equine Research*, v. 4, p. 29-42, 2009.

WITT, K.; OWENS, F.M. Phosphorus ruminal availability and effects on digestion. *Journal of Animal Science*, v. 56, p. 930-937, 1993.

CAPÍTULO III - TEMPERATURA, PH, GRAU BRIX E VALOR NUTRITIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS PARA UTILIZAÇÃO NA DIETA DE EQUINOS

Resumo: A cana-de-açúcar tem sido utilizada como forrageira na dieta dos equinos durante o período de seca. Ela apresenta como inconveniente a necessidade de sua colheita diária, pois pode ocorrer fermentação do material cortado predispondo os equinos a distúrbios do aparelho digestório. Como alternativa para a colheita diária, existem pesquisas com a cana picada e hidrolisada na dieta de bovinos, não existindo estudos sobre esta na dieta de equinos. Objetivou-se com este trabalho avaliar a temperatura, o pH, o grau brix e o valor nutritivo da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com óxido de cálcio para conservação durante o seu armazenamento e posterior utilização na dieta de equinos. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas foram a cana-de-açúcar *in natura* acrescida de zero; 0,5; 0,75 e 1% de óxido de cálcio e as subparcelas foram os tempos de hidrólise de 0; 6; 12; 24; 36; 48; 72 e 96 horas. A cana foi picada entre 1 e 2 cm, foram feitos montes de 10 kg e esta foi misturada manualmente com o óxido de cálcio sem diluição. Foi avaliada a temperatura, o pH e o grau brix da cana-de-açúcar de cada tratamento em cada tempo estudado. Determinou-se a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo, fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e energia bruta. Durante a realização do trabalho a temperatura ambiente variou de 13,3 a 19,9°C e a umidade relativa do ar de 79 a 87%. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) em relação aos teores de MS, PB, FB, FDN, FDA, HEM, CEL e LIG entre os tratamentos testados. Sob estas condições de temperatura e umidade, a adição de todas as concentrações de CaO estudadas foram eficientes para manter o valor nutritivo da cana e possibilitaram pouca variação da temperatura, pH e grau brix, permitindo que esta seja utilizada por até 96 horas de armazenamento. No entanto, nas condições ambientais estudadas, o CaO necessita ser adicionado à cana somente quando pretende-se armazená-la por período superior a 24 horas. Sugere-se que para utilização na dieta de equinos seja utilizada a dose de 0,5% de CaO na cana-de-açúcar pela dificuldade do balanceamento dos teores de Ca/P da dieta com a inclusão de doses maiores. Ainda existem poucos trabalhos disponíveis na literatura que avaliam a cana-de-açúcar hidrolisada em diversas condições de temperatura e umidade, e os resultados

disponíveis apontam para a necessidade de novas pesquisas por serem muitas vezes inconstantes em relação aos álcalis e as concentrações utilizadas.

Palavras chave: conservação de alimentos, fermentação, forrageira

Abstract: The sugar cane has been used with forage in the diet of horses during the scarcity of pasture. It shows how inconvenient the need for its daily harvest, fermentation because the material can occur cut predisposing horses to disorders of the digestive system. As an alternative to the daily harvest surveys are minced and hydrolyzed in the diet of cattle cane, there are no studies on this in the diet of horses. The objective of this study was to evaluate the temperature, pH, brix degree and nutritive value of sugar cane *in natura* and hydrolyzed with calcium oxide for preservation during storage and subsequent use in the diet of horses. We used a randomized split -plot design with five replications. The plots were sugar cane *in natura* plus zero, 0.5, 0.75 and 1 % calcium oxide and the subplots were the hydrolysis times of 0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 hours. The cane was chopped between 1 and 2 cm, 10 kg loads were done manually and this was with the calcium oxide mixed without dilution. Temperature, pH and degree brix of sugar cane each treatment at each time point studied was evaluated. Determined the dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract, crude fiber (CF) , neutral detergent fiber (NDF) , acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG) , hemicellulose (HEM), cellulose (CE) and gross energy . During the work the ambient temperature ranged from 13.3 to 19.9 ° C and relative humidity 79-87 % . No differences ($P > 0.05$) in respect of DM, CP, CF, NDF, ADF, HEM, CEL and LIG among the treatments tested. Under these conditions of temperature and humidity adding all CaO concentrations studied were effective to maintain the nutritional value of sugar cane and allowed little variation in temperature, pH and brix degree, allowing it to be used for up to 96 hours of storage. However, the CaO needs to be added only when the reed is intended to store it for more than 24 hours. It is suggested for use in the diet of horses the dose of 0.5 % CaO in sugar cane by the difficulty of balancing the levels of Ca / P diet with the inclusion of higher doses to be used. Although there are few studies in the literature that evaluate the sugar cane hydrolyzed under varying conditions of temperature and humidity , and the results available indicate the need for further research because they often fickle in relation to alkalis and concentrations used.

Keywords: food conservation, fermentation, forage

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) tem sido comumente utilizada no Brasil como volumoso (Ribeiro et al., 2009; Domingues et al., 2011) no manejo nutricional dos equinos durante o período de escassez de pastagens. A utilização da cana-de-açúcar na dieta de equinos ocorre por sua boa aceitação pela espécie e por esta apresentar um melhor valor energético em relação às pastagens neste período, devido ao seu acúmulo de sacarose (Bendahan et al., 2009). Além destas vantagens, a cana-de-açúcar é um alimento volumoso altamente energético (Oliveira et al., 2007) e, ao contrário dos outros alimentos energéticos utilizados na dieta de equinos, como o milho e o trigo, não compete com a alimentação humana. Desta maneira, a cana-de-açúcar é um volumoso energético com potencial para utilização na alimentação de equinos.

No entanto, a cana-de-açúcar apresenta como inconveniente de sua utilização como forrageira na dieta de equinos a necessidade de sua colheita diária. Isto ocorre porque, quando esta é cortada e armazenada, pode ocorrer fermentação do material cortado, o que pode predispor os equinos a distúrbios do aparelho digestório (Rezende et al., 2012).

Como alternativa para a colheita diária da cana-de-açúcar utilizada na dieta de bovinos, mais recentemente, foram desenvolvidas pesquisas com a cana picada e hidrolisada com o hidróxido de sódio, óxido de cálcio e o hidróxido de cálcio como agentes alcalinizantes, visando o seu armazenamento de maneira a manter a qualidade nutritiva desta forrageira e minimizar a utilização de mão de obra sem, contudo, ser necessário o investimento em equipamentos (Faria et al., 2000; Oliveira et al., 2007; Mota et al., 2010; Domingues et al., 2011).

Inicialmente, foram utilizados agentes alcalinizantes fortes, como o hidróxido de sódio (NaOH) e, mais recentemente, óxido de cálcio (cal virgem) e hidróxido de cálcio (cal hidratada). As vantagens da cal sobre o NaOH são sua fácil utilização (menos corrosivas) e seu baixo custo (Domingues et al., 2011).

A hidrólise da cana-de-açúcar tem como objetivo a elevação do pH da cana hidrolisada para inibir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, permitindo assim, a estocagem desse material por um período maior.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a temperatura, o pH, o grau brix, e o valor nutritivo da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com óxido de cálcio para conservação durante seu armazenamento e posterior utilização na dieta de equinos.

Material e métodos

O experimento foi realizado no município de Barbacena, em Minas Gerais, no Núcleo de Zootecnia do Instituto de Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sudeste de Minas – Campus Barbacena.

Barbacena localiza-se a uma latitude 21°13'33" sul e a uma longitude 43°46'25" oeste, possui um clima tropical de altitude, com invernos frios e verões amenos. A temperatura média anual da cidade é de 18,8°C, com médias mínimas de 10°C e máximas de 26,7°C.

Durante todo o período experimental foi mensurada variação da temperatura e da umidade relativa do ar¹, sendo respectivamente de 13,3 a 19,9°C e de 79 a 87%.

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas foram a cana-de-açúcar *in natura* acrescida de zero; 0,5; 0,75 e 1% de óxido de cálcio e as subparcelas foram os tempos de hidrólise de 0; 6; 12; 24; 36; 48; 72 e 96 horas.

A cana-de-açúcar foi colhida manualmente no primeiro corte, com nove meses de idade. Sua composição química² está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química da cana-de-açúcar em g / Kg de matéria seca (MS) e em porcentagem (%) da matéria seca total

Componente	Composição (g/kg MS)	Composição (% da MS)
Matéria seca (%)	26,62	-
Matéria orgânica	967,81	96,781
Matéria mineral	32,19	3,219
Cálcio	2,42	0,242
Fósforo	0,78	0,078
Energia bruta (cal / g de MS)	4130,42	-
Proteína bruta	21,59	2,169
Extrato etéreo	96,46	9,646
Fibra bruta	375,42	37,542
Fibra insolúvel em detergente neutro	664,40	66,440
Fibra insolúvel em detergente ácido	389,46	38,946
Hemiceluloses	274,94	27,494
Celulose	329,97	32,997
Lignina	59,49	5,949
Grau Brix ¹	19°	-

¹ Não se encontra em g/Kg de MS ou % da MS

¹ Minipa® - Relógio termo-higrômetro

² Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG

Após ser colhida foi picada de 1 a 2 cm por meio de uma ensiladora acoplada a um trator. Após picada, foi misturada manualmente com o óxido de cálcio (CaO)³ sem diluição. Foram feitos montes de 10 kg, com cinco repetições de cada tratamento. Os montantes de cana-de-açúcar expostos ao CaO foram armazenados em um galpão de modo a impedir a exposição dos mesmos ao sol e à chuva (Pancoti et al., 2011). Foram retiradas e mantidas congeladas amostras em duplicata de aproximadamente 300 g de cada repetição de cada tratamento para posterior análise do valor nutritivo⁴.

A temperatura foi mensurada em cada monte de cana por meio de uma sonda acoplada ao termômetro⁵. Também foi avaliado o pH⁶ e o grau brix⁷ da cana-de-açúcar de cada tratamento em cada tempo estudado, no caldo que foi retirado da cana utilizando-se um prensa hidráulica.

As amostras congeladas foram posteriormente descongeladas à temperatura ambiente e então, pesadas, acondicionadas em bandejas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Em seguida, foram novamente pesadas e moídas em moinho tipo Willey, em peneira de 1 mm. O material foi acondicionado em frascos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados para posterior determinação do valor nutritivo.

Foram realizadas as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra bruta (FB) foram analisadas segundo INCT - CA (2012). Já as análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), hemiceluloses (HEM) e a celulose (CEL) foram determinadas de acordo com Van Soest (1994). A energia bruta (EB) foi determinada por calorímetro adiabático. As análises para a determinação do valor nutritivo da cana-de-açúcar foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG.

Os dados foram submetidos à análise de regressão e de variância com as médias comparadas pelo teste Tukey (P<0,05) utilizando-se o Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados - SISVAR^{®8} (Ferreira, 2008).

³ Quallical® – Cal virgem micropulverizada (67% de CaO)– CARBOTEX QUÍMICA IND. COM. E PART. LTDA

⁴ Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG

⁵ INCOTERM L.T. ®- Termômetro digital interno/externo, max/min, Resolução: 0,1°C

⁶ pHmetro portátil

⁷ INSTRUTHERM® - Refratômetro portátil

⁸ Versão 5.0

Resultados e discussão

Nas figuras 1, 2 e 3 estão apresentados os resultados da temperatura, pH e grau brix dos tratamentos.

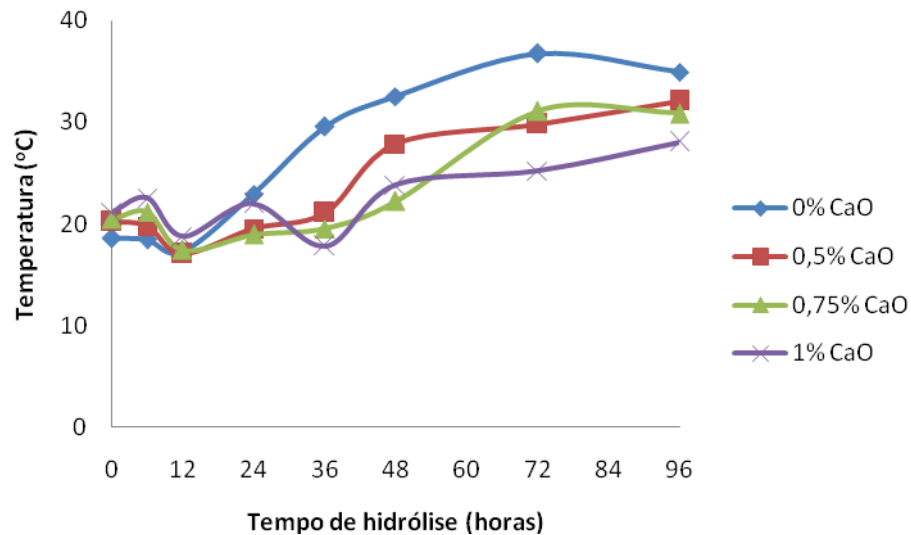


Figura 1: Temperatura (°C) da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas). 0% de CaO: $y = 3,06x + 12,67$; $R^2=89,90$. 0,5% de CaO: $y = 1,99x + 14,46$; $R^2=75,45$. 0,75% de CaO: $y = 1,67x + 15,35$; $R^2=58,36$. 1% de CaO: Não significativo.

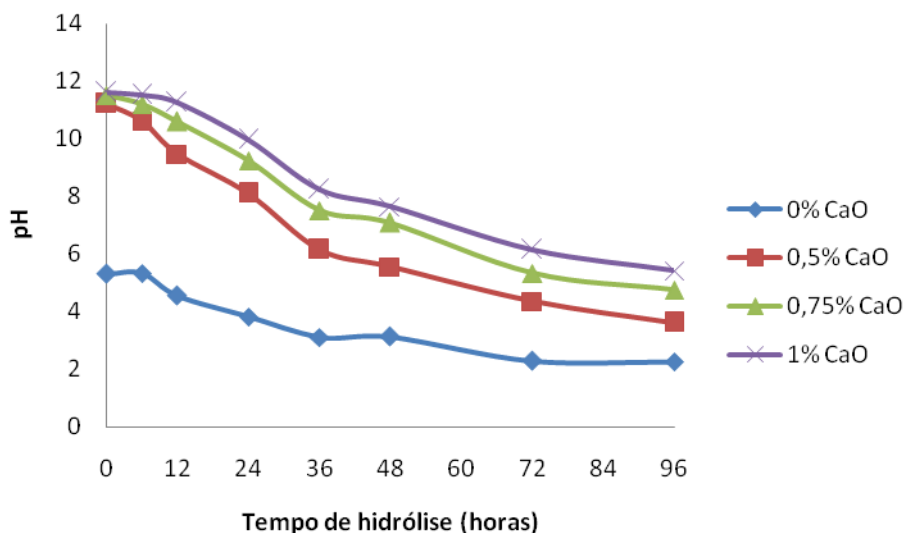


Figura 2: PH da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas). 0% de CaO: $y = -0,50x + 5,93$; $R^2=90,79$. 0,5% de CaO: $y = -1,11x + 12,46$; $R^2=97,47$. 0,75% de CaO: $y = -1,05x + 13,16$; $R^2=96,66$. 1% de CaO: $y = -0,99x + 13,48$; $R^2=97,38$.

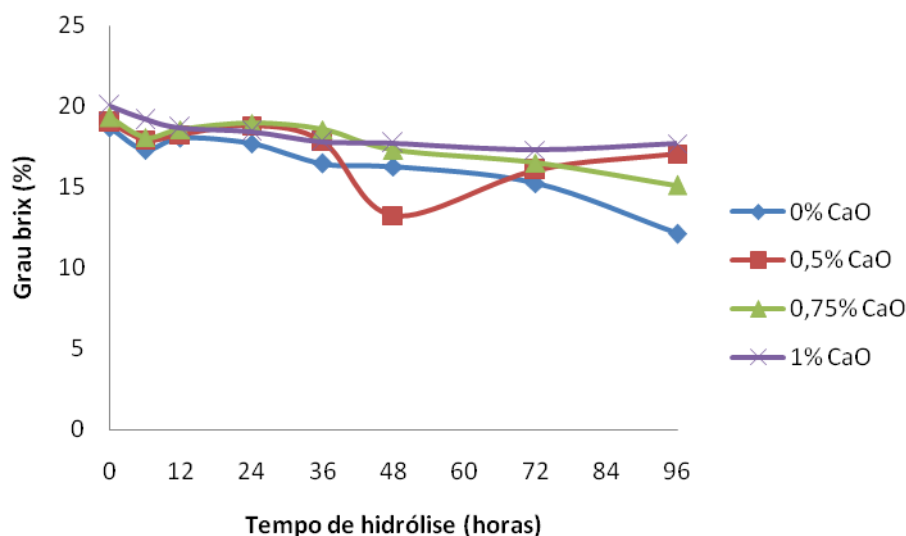


Figura 3: Grau brix (%) da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas). 0% de CaO: $y = -0,77x + 19,98$; $R^2=80,25$. 0,5% de CaO: $-0,45x + 19,33$; $R^2= 33,58$. 0,75% de CaO: $y = -0,47x + 19,96$; $R^2=72,56$. 1% de CaO: $y = -0,36x + 19,91$; $R^2= 85,85$.

O aumento da temperatura (Figura 1) e redução do pH (Figura 2) e do grau brix (Figura 3) ao longo do tempo de armazenamento da cana indicam ocorrência de processo fermentativo, no entanto se observa controle da fermentação exercido pelo níveis de CaO (0,5; 0,75 e 1%) em relação à cana sem adição de CaO.

Observa-se na tabela 2 que no tratamento sem adição de CaO a temperatura não varia durante as primeiras 24 horas de armazenamento. Este aumento da temperatura da cana-de-açúcar a partir das 24 horas de armazenamento indica a ocorrência de intensa fermentação (Amaral et al., 2009), que eleva a temperatura de maneira gradativa (35°C às 96 horas de armazenamento). Foi semelhante ($P>0,05$) a temperatura entre os tempos de 48 a 96 horas de armazenamento, sendo que esta ainda encontrava-se acima da temperatura ambiente (média de 17°C). Esta semelhança entre a temperatura dos tempos finais de armazenamento pode estar associada ao consumo de carboidratos solúveis pelos microorganismos e, portanto, sua possível escassez, o que acarretaria em estabilização da temperatura com posterior queda (Ribeiro et al., 2009).

Segundo Amaral et al. (2009) a quebra da estabilidade aeróbica ocorre quando a temperatura da massa do alimento ultrapassa 2°C acima da temperatura ambiente. Sendo assim, na cana-de-açúcar *in natura* e com adição de 0,5% de CaO esta quebra da estabilidade aeróbica foi observada após 24 horas de armazenamento. Já no tratamento com adição de

0,75% e 1% esta foi observada com 36 e 48 horas de armazenamento, respectivamente (tabela 2).

Tabela 2: Temperatura (°C), pH e grau brix da cana-de-açúcar nas diferentes concentrações (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) e nos diferentes tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 horas)

Parâmetro	% CaO	Tempos de hidrólise								CV (%)
		0	6	12	24	36	48	72	96	
Temp. (°C)	0,00	18,6c	18,4c	17,3c	22,9c	29,6Ab	32,5Aab	36,8Aa	35,0Aab	12,9
	0,50	20,3b	19,8b	17,1b	19,5b	21,1Bb	27,9ABa	29,8BCa	32,1ABa	
	0,75	20,5b	21,2b	17,4b	18,9b	19,5Bb	22,2Bb	31,1ABa	30,9ABa	
	1,00	21,2bcd	22,6abcd	18,8cd	22,0bcd	17,8Bd	23,8Babc	25,2Cab	28,0Ba	
pH	0,00	5,3Ba	5,3Ba	4,5Cab	3,8Cbc	3,1Ccd	3,1Ccd	2,3Cd	2,3Cd	8,2
	0,50	11,2Aa	10,6Aa	9,5Bb	8,1Bc	6,2Bd	5,6Bd	4,4Be	3,6Be	
	0,75	11,5Aa	11,2Aa	10,6ABa	9,2ABb	7,5Ac	7,1Ac	5,3ABd	4,8ABd	
	1,00	11,6Aa	11,5Aa	11,3Aa	10,0Ab	8,2Ac	7,6Ac	6,2Ad	5,4Ad	
Grau brix	0,00	18,7a	17,3abc	18,1ab	17,7ab	16,5Bbc	16,3Abc	15,2c	12,1Cd	6,4
	0,50	19,0a	17,9ab	18,2ab	18,4a	17,8ABab	13,2Bc	16,1b	17,1ABab	
	0,75	19,3a	18,1ab	18,6ab	18,8a	18,6Aab	17,3Aabc	16,5bc	15,1Bc	
	1,00	20,0a	19,2ab	18,7ab	19,0ab	17,8ABb	17,7Ab	17,3b	17,7Ab	

Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferenças entre os tratamentos pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Letras minúsculas distintas na linha indicam diferenças entre os tempos pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Temp.: temperatura

Os tempos de estabilidade aeróbia encontrados nesta pesquisa foram inferiores (24 horas) aos encontrados por Amaral et al. (2009) os quais observaram que a quebra de estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar *in natura* ocorreu após 33,7 horas de exposição ao ar. Já Rabelo et al. (2011) observaram esta após 13 horas.

Nos tratamentos com adição de 0,5 e 0,75% de CaO a temperatura permaneceu constante ($P > 0,05$) durante as 36 e 48 horas iniciais, respectivamente, indicando que estas concentrações de CaO controlam o início do processo de fermentação por um período de 36 e 48 horas de armazenamento, respectivamente (tabela 2).

A adição de 1% de CaO ocasionou pequena oscilação da temperatura durante todo o período de armazenamento. Observou-se (tabela 2) semelhança na temperatura durante as primeiras 36 horas de armazenamento ($P > 0,05$) e os tempos de 6, 48, 72 e 96 horas foram semelhantes entre si ($P > 0,05$). Esta pequena oscilação de temperatura é devida à utilização da

dose elevada de CaO (1%), o que possivelmente, dificultou o desenvolvimento de microrganismos e diminuindo assim, a produção de calor ao longo do período de exposição aeróbia.

A temperatura máxima observada no tratamento sem adição de CaO e com adição de 0,75% ocorreu às 72 horas de armazenamento. Já os tratamentos com adição de 0,5 e 1% apresentaram maiores temperaturas no tempo de 96 horas de armazenamento (tabela 2).

Estes resultados são diferentes dos observados por Rabelo et al., (2011) os quais observaram temperatura máxima por volta de 48 horas, com exceção da massa tratada com 2,0% de cal virgem, que apresentou máxima temperatura após 72 horas. Estes autores observaram também que a cana-de-açúcar *in natura* apresentou maior temperatura após 51 horas de exposição aeróbia, já para as massas hidrolisadas com 0,5 e 1,0% de cal, notaram-se maiores temperaturas após 44 e 53 horas do momento da mistura “cana-cal”, respectivamente. De acordo com os resultados destes autores a hidrólise da cana-de-açúcar com 2,0% de cal retardou a temperatura máxima, assim como no presente trabalho que o maior teor de cal utilizado (1%) foi mais eficaz em controlar a temperatura (tabela 2) em relação à cana sem adição de cal, o que possibilitou inferir que essa dose inibiu o crescimento de microrganismos.

Oliveira et al., (2008) observaram que as temperaturas internas dos amontoados de cana-de-açúcar foram mantidas, independente do nível de hidróxido de cálcio utilizada (zero; 0,5 e 0,6%), correspondendo às médias gerais de 20,83 °C. Por outro lado, as temperaturas foram alteradas à medida que a cana-de-açúcar permaneceu mais tempo em hidrólise (zero, três, seis e nove horas). Estes resultados diferiram dos encontrados no presente trabalho no qual somente a partir de 36 horas de armazenamento houve efeito da adição de CaO nos três níveis estudados na conservação da temperatura da cana-de-açúcar. Esta diferença de resultados pode ser devida às condições ambientais diferentes nos dois estudos (tabela 2).

Resultados semelhantes ao presente trabalho foram observados por Ribeiro et al. (2009), os quais observaram efeito benéfico do CaO (0,75; 1,5 e 2,25%) para as variáveis de estabilidade aeróbia, reduzindo o aquecimento da massa e os picos de temperatura.

Na tabela 2 observa-se nos tempos de zero a 96 horas de armazenamento maior ($P < 0,05$) pH com a adição de 0,5; 0,75 e 1% de CaO em relação ao tratamento sem CaO. Estes resultados demonstram o controle do CaO, nas concentrações estudadas, sobre a fermentação microbiana da cana-de-açúcar armazenada. Isto porque, quanto maior a taxa de fermentação microbiana, devido à maior produção de ácido, ocorre maior queda do pH (Rabelo et al., 2011).

As doses 0,5 e 0,75% de CaO mantiveram o pH alcalino até o tempo de 24 horas, já a dose de 1% manteve este pH até o tempo 36 horas de armazenamento (tabela 2). Resultado semelhante foi observado por Domingues et al., (2011) com a concentração de 0,5% de CaO.

A neutralidade do pH foi observada no tempo 36 horas para as doses de 0,5 e 0,75% de CaO e no tempo de 48 horas para a dose de 1% deste (tabela 2). Resultados semelhantes foram observados por Domingues et al., (2011) que observaram a neutralidade do pH utilizando a concentração de 0,5% de CaO no tempo de 24 horas de hidrólise e com 1% no tempo de 48 horas.

No tratamento sem adição de CaO observa-se que os pH dos tempos de 36, 48, 72 e 96 horas apresentaram-se semelhantes ($P > 0,05$) e inferiores ($P < 0,05$) ao pH observado até 12 horas de armazenamento. Além disso, durante todo o período de armazenamento o pH a apresentou-se ácido (tabela 2). Pode-se inferir então, que há maior fermentação microbiana a partir de 36 horas de armazenamento, o que promoveria o consumo da sacarose pelos microorganismo que crescem nos amontoados de cana produzindo ácido e consequente redução do pH (Domingues et al., 2011).

Os pH observados neste estudo são semelhantes aos observados no trabalho de Domingues et al (2011) diferindo, principalmente, no tempo de 96 horas no qual eles observaram pH 4,7 com a adição de 1% e no presente trabalho observou-se pH 5,4 com esta mesma dose, indicando maior controle da fermentação (tabela 2). Esta diferença de valores pode ser influência dos diferentes ambientes nos quais as pesquisas foram desenvolvidas.

Em relação ao teor de grau brix no tratamento sem adição de CaO este parâmetro começou a cair ($P < 0,05$) somente a partir de 36 horas de armazenamento. A queda nos teores de grau brix indicam, provavelmente, a fermentação microbiana da sacarose. Este resultado coincide com os valores de temperatura que também aumentaram a partir de 36 horas de armazenamento (tabela 2). Sendo assim, fica evidente, nas condições de temperatura e umidade deste trabalho, que é a partir de 36 horas de armazenamento que a atividade microbiana é mais intensa quando não se utiliza CaO (tabela 2).

Segundo Domingues et al. (2011) ocorre efeito do CaO no controle eficaz das leveduras, sendo este aspecto interessante, pois as leveduras estão associadas à deterioração aeróbia de alimentos ricos em carboidratos, como é o caso da cana-de-açúcar.

No tempo de 96 horas de armazenamento o teor de grau brix foi inferior ($P < 0,05$) aos demais tempos de armazenamento. Dessa maneira, observa-se que ocorreu gradual fermentação da sacarose da cana-de-açúcar sem adição de CaO durante o período de 96 horas de armazenamento (tabela 2).

Assim como no tratamento sem adição de CaO os tratamentos com adição de 0,5; 0,75 e 1% o teor de grau brix da cana de açúcar começou a cair ($P < 0,05$) a partir de 36 horas de armazenamento (tabela 2).

No tratamento com adição de 0,5% de CaO no tempo de 48 horas observa-se o menor ($P < 0,05$) teor de grau brix em relação aos demais tempos. Esperava-se que com o maior tempo de armazenamento houvesse redução do teor de grau brix, no entanto este não deveria aumentar no tempo seguinte. Sendo assim, este resultado não pode ser explicado biologicamente. Provavelmente ocorreu erro na mensuração dos dados ou da técnica empregada (tabela 2).

Ainda em relação ao tratamento com a adição de 0,5% de CaO, no tempo de 96 horas, o teor de grau brix apresentou-se semelhante ao teor dos tempos até 36 horas de armazenamento. Já com adição de 1% de CaO observou-se diferença ($P < 0,05$) no teor de grau brix apenas entre o tempo de 96 horas de armazenamento e o tempo zero. Estes resultados demonstram a conservação da sacarose do material armazenado por 96 horas com a dose de 0,5 ou 1% de CaO.

Com adição de 0,75% de CaO na cana o teor de grau brix foi semelhante ($P > 0,05$) nos tempos 48, 72 e 96 horas de armazenamento, sendo que o tempo de 96 horas apresentou o teor de grau brix inferior ($P < 0,05$) aos tratamentos até 36 horas (tabela 2).

No tempo de 96 horas de armazenamento os tratamentos com adição de CaO foram eficientes na conservação do maior ($P < 0,05$) teor de grau brix da cana em relação ao tratamento sem adição de CaO. Neste mesmo tempo o tratamento com adição de 1% de CaO mostrou-se mais eficiente ($P < 0,05$) na conservação do teor de grau brix da cana em relação à adição de 0,75%, sendo, no entanto, semelhante ($P > 0,05$) ao tratamento com adição de 0,5%. Possivelmente, o tempo de 72 horas de armazenamento foi mal homogeneizado com o CaO, já que este processo foi realizado manualmente (tabela 2).

As tabelas das equações de regressão para os valores nutricionais da cana encontram-se no anexo III.

Tabela 3. Médias de matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio (CaO) em diferentes concentrações (0,5; 0,75 e 1%) e armazenada em diferentes tempos (zero, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96)

	% CaO	Tempos								Média	CV (%)
		zero	6	12	24	36	48	72	96		
MS	0,00	29,35	31,15	29,82	29,58	32,49	35,12	33,53	35,03	32,01 ^a	12,15
	0,50	31,80	32,38	30,89	33,09	34,39	33,65	35,98	37,73	33,74 ^a	
	0,75	32,45	33,28	32,50	32,81	32,52	32,94	33,43	35,63	33,20 ^a	
	1,00	32,84	32,04	32,45	31,54	33,10	33,35	31,62	32,58	32,44 ^a	
	Média	31,61 ^a	32,21 ^a	31,41 ^a	31,75 ^a	33,13 ^{ab}	33,76 ^b	33,64 ^b	35,24 ^{bc}		
EB (Cal/g)	0,00	3903	3972	3919	3935	3872	3868	3984	3951	3926,15 ^a	5,07
	0,50	3964	4114	3865	3865	3771	3811	3835	3792	3877,74 ^{ab}	
	0,75	3914	3914	3944	3955	3835	3842	3811	3817	3879,47 ^{ab}	
	1,00	3976	3865	3726	3819	3810	3787	3757	3736	3810,03 ^b	
	Média	3936	4014	3911	3935	3872	3868	3984	3951	3926,15 ^a	
PB	0,00	1,86	1,97	2,16	2,20	1,95	1,88	2,00	2,14	2,02 ^a	28,99
	0,50	1,92	2,00	1,94	1,99	1,95	1,87	2,09	2,20	2,00 ^a	
	0,75	1,71	2,08	2,18	1,98	1,97	2,00	1,99	1,58	1,94 ^a	
	1,00	1,68	1,94	2,14	2,16	2,18	2,05	2,06	2,21	2,05 ^a	
	Média	1,83	1,99	2,13	2,15	2,01	1,92	2,03	2,01	2,04 ^a	
EE	0,00	1,88	2,02	2,29	2,15	2,16	1,87	1,67	2,24	2,04 ^b	36,19
	0,50	1,93	2,46	1,97	1,90	2,11	2,10	1,76	2,28	2,06 ^b	
	0,75	2,50	2,26	2,48	2,68	2,63	2,77	2,93	2,40	2,58 ^a	
	1,00	2,59	2,69	2,33	3,44	2,30	2,42	3,89	2,24	2,74 ^a	
	Média	2,23	2,34	2,44	2,56	2,56	2,56	2,54	2,61	2,38	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos e nas linhas diferença entre os tempos pelo teste Tukey ($P < 0,05$). CV: coeficiente de variação

Não se observou interação entre concentração de CaO e o tempo de hidrólise da cana para nenhum dos parâmetros relacionados ao valor nutritivo desta (tabelas 3 e 4).

Os teores de matéria seca (MS) não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,05$) e diferiram entre os tempos ($P < 0,05$). Os teores de MS dos tempos zero (31,61%), seis (32,21%), 12 (31,41) e 24 (31,75%) horas de hidrólise foram inferiores aos tempos de 48 (33,76%), 72 (33,64%) e 96 (35,24%) horas e semelhantes ao tempo de 36 horas (33,13) (tabela 3).

Possivelmente, o maior teor de MS do tempo de 96 horas ($P < 0,05$) em relação aos tempos de até 24 horas de armazenamento foi devido à desidratação do material por evaporação, pois os montes não ficavam cobertos individualmente, apenas eram mantidos em local coberto de chuva e sol.

Amaral et al. (2009) encontraram valores de MS da ordem de 30,60; 32,20 e 37,50% para a cana-de-açúcar *in natura* no primeiro dia do ensaio de estabilidade aeróbia, e após cinco e dez dias do início do experimento, respectivamente. Estes valores foram semelhantes aos observados no presente trabalho com até quatro dias de armazenamento.

Mota et al. (2010) trabalhando com cana *in natura*, cana hidrolisada com 0,5% de CaO e cana hidrolisada com 0,5% de NaOH e três tempos de armazenamento (12, 36 e 60 horas),

não observaram efeito ($P>0,05$) das formas de processamento nem dos tempos de armazenamento sobre o MS. A ausência de efeito do tempo ($P>0,05$) no trabalho de Mota et al., possivelmente, é devido ao menor tempo de armazenamento em relação ao presente trabalho, no qual o efeito do tempo só foi observado a partir de 48 horas de armazenamento (tabela 3).

Resultados diferentes foram observados por Rabelo et al. (2011) os quais verificaram interação entre dose de cal (0,5; 1,0 e 2,0%) e tempo de hidrólise para o teor de MS ($P<0,05$). Estes autores observaram que independente da dose utilizada, os teores de MS aumentaram com o decorrer das horas, e os maiores teores foram obtidos nas massas de cana-de-açúcar tratadas com maiores doses de cal. Para estes autores, o acréscimo no teor de MS é um fator que pode aumentar a estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar, pois microrganismos necessitam de um ambiente úmido que favoreça seu desenvolvimento e a queda no teor de umidade do alimento pode causar uma barreira à reprodução dos mesmos. No entanto, no presente experimento não se observou efeito da cal ($P>0,05$) no acréscimo da MS, possivelmente em virtude de diferentes condições ambientais e das menores concentrações de CaO utilizadas.

Segundo Greenhill (1964), a atividade de água corresponde ao percentual de água livre disponível ao crescimento de microrganismos e, de acordo com McDonald et al. (1991), a redução da atividade de água, em decorrência do aumento da pressão osmótica, ocorre em materiais que possuem acréscimo nos teores de MS, o que dificulta a atuação de microrganismos e conseqüente deterioração do alimento.

Os valores médios de EB variam de 3726 a 3951(Cal/g). O valor energético da cana-de-açúcar *in natura* (3926,15 Cal/g) foi superior ($P<0,05$) ao da cana hidrolisada com 1% de CaO (3810,03 Cal/g). No entanto, esperava-se que pelo menos a cana hidrolisada apresentasse resultado semelhante à cana *in natura*, ou até mesmo maior, pois como observado na tabela 2, a concentração de 1% de CaO conservou os valores de grau brix da cana hidrolisada em relação à cana *in natura*.

Os valores energéticos observados para os tratamentos com adição de 0,5 e 0,75% de CaO foram semelhantes entre si e iguais ($P>0,05$) aos teores observados tanto para a cana *in natura* quanto para a cana com adição de 1% de CaO (tabela 3).

Os valores de proteína bruta observados variaram de 1,58 a 2,21%. Não foi observada diferença ($P>0,05$) em relação ao teor de PB entre os tratamentos testados (tabela 3). Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Ribeiro et al. (2009) que também não observaram efeito ($P>0,05$) de dose (0; 0,75; 1,5 e 2,25%, com base na matéria natural) nem

do aditivo (CaO ou NaOH) sobre o teor de PB da cana-de-açúcar, uma vez que o valor médio foi de 2% de PB, independentemente das doses ou do tipo de aditivo.

Domingues (2009) observou redução ($P<0,05$) nos teores de PB, no entanto afirmou que numericamente esta diferença foi pequena o que não implicou em grandes mudanças do ponto de vista nutricional da utilização da cana-de-açúcar hidrolisada na alimentação animal, já que a cana apresenta baixo teor de proteína.

Mota et al. (2010) verificaram que o teor de PB somente sofreu influência dos tempos de armazenamento ($P<0,01$), apresentando o valor de 2,18% no tempo de 12 horas e 2,75% nos tempos de 36 e 60 horas de armazenamento.

Os teores de extrato etéreo variaram de 1,67 a 3,89% e foram semelhantes ($P>0,05$) entre a cana *in natura* e a cana com adição de 0,5% de CaO e inferiores ($P<0,05$) aos valores observados para os tratamentos com adição de 0,75 e 1 % de CaO, sendo estes também semelhantes entre si ($P>0,05$) (tabela 3). Esta diferença entre os valores de EE da cana *in natura* e com 0,5% de CaO para as concentrações de 0,75 e 1% indica que estas últimas foram mais eficientes em manter os teores de EE e, conseqüentemente, o valor nutritivo da cana quando esta é armazenada por até 96 horas.

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) em relação aos teores de FB, FDN, FDA, HEM, CEL e LIG entre os tratamentos testados (tabela 4).

Oliveira et al. (2008) verificaram resultados diferentes deste trabalho, pois os teores de FDN e hemiceluloses diminuíram ($P<0,01$) em função das quantidades crescentes de CaO (zero; 0,5 e 1,0%). Estes autores comentaram que, segundo Jackson (1977), a redução na FDN que foi observada resultou da solubilização parcial dos constituintes da parede celular, pois o efeito dos produtos alcalinos normalmente ocorre pela solubilização parcial da hemicelulose e pela expansão da celulose, o que facilita o ataque dos microrganismos do rúmen à parede celular.

Menores teores de FDN são desejáveis, pois além de não limitar a capacidade de ingestão pelos animais, não limita o consumo de energia e conseqüentemente o desempenho dos mesmos (Oliveira et al., 1999).

Também diferentemente do que foi observado neste trabalho, Ribeiro et al. (2009) observaram efeito ($P<0,05$) das doses (0; 0,75; 1,5 e 2,25%) sobre os teores de FDN e FDA. O teor de FDN da cana-de-açúcar *in natura* foi de 59,2% e este reduziu para 46,4 e 47,9%, respectivamente, com a dose de 2,25% de NaOH e CaO. O teor médio de FDA foi de 41,4% para a cana-de-açúcar *in natura* e de 34,3 e 33,5% para a cana hidrolisada com 2,25% de NaOH e CaO, respectivamente.

Tabela 4: Médias de fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio (CaO) em diferentes concentrações (0,5; 0,75 e 1%) e armazenada em diferentes tempos (zero, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96)

Parâmetro (%)	% CaO	Tempo									Média	CV(%)
		zero	6	12	24	36	48	72	96			
FB	0,00	23,87	24,56	25,56	25,69	23,86	24,04	24,70	25,63	24,74a	12,56	
	0,50	25,06	24,54	25,28	24,54	22,99	21,97	22,95	24,06	23,93a		
	0,75	24,11	24,05	25,34	23,39	23,19	22,92	23,96	25,57	24,06a		
	1,00	23,73	23,50	22,77	24,18	23,11	23,40	22,21	25,80	23,59a		
FDN	0,00	54,74	53,40	55,88	57,52	50,85	51,35	54,85	57,82	54,55a	9,83	
	0,50	51,70	52,02	53,00	54,24	50,88	49,74	53,89	56,24	52,71a		
	0,75	53,55	53,83	54,34	52,62	49,08	52,52	50,16	51,88	52,25a		
	1,00	53,00	51,88	52,69	55,56	52,51	53,33	54,80	55,95	53,72a		
FDA	0,00	30,11	30,38	31,79	31,62	27,95	28,51	31,11	33,13	30,57a	13,18	
	0,50	28,87	27,71	30,31	30,68	28,38	25,57	31,18	32,32	29,38a		
	0,75	31,04	30,61	25,92	28,61	27,46	29,55	28,39	29,56	28,89a		
	1,00	30,78	28,94	29,74	31,72	29,64	30,83	31,10	32,50	30,66a		
HEM	0,00	24,63	23,02	24,09	25,90	22,90	22,84	23,74	24,69	23,98a	14,88	
	0,50	22,83	24,31	22,69	23,56	22,50	24,17	22,71	23,92	23,34a		
	0,75	22,51	23,21	28,42	24,01	21,62	22,98	21,78	22,32	23,36a		
	1,00	22,22	22,94	22,94	23,84	22,87	22,51	23,70	23,45	23,06a		
CEL	0,00	25,96	26,36	27,46	27,30	24,18	24,41	26,94	28,25	26,36a	14,14	
	0,50	24,77	23,68	26,76	26,39	24,48	21,66	27,42	27,16	25,25a		
	0,75	27,04	26,54	22,11	24,70	23,75	25,54	24,06	25,39	24,89a		
	1,00	26,42	24,95	25,91	27,62	25,81	26,68	26,54	28,23	26,52a		
LIG	0,00	4,15	4,02	4,33	4,32	3,76	4,09	4,16	4,87	4,21a	17,98	
	0,50	4,10	4,03	4,11	4,29	3,90	3,91	3,76	5,16	4,15a		
	0,75	4,01	4,07	3,81	3,90	3,71	4,01	4,33	4,18	4,00a		
	1,00	4,36	4,00	3,83	4,09	3,83	4,15	4,56	4,27	4,14a		

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Estes mesmos autores (Ribeiro et al., 2009) também efeito ($P < 0,05$) das doses de NaOH e CaO nos teores de hemicelulose e celulose, que apresentaram redução linear conforme as doses foram aumentando, diferentemente do que foi observado no presente trabalho. Estes autores justificaram esta redução nos teores de celulose devido à ação degradadora dos álcalis sobre os complexos lignocelulósicos dos volumosos tratados com produtos alcalinos. Os álcalis solubilizam parte da hemicelulose, expandindo a celulose e tornando a fração fibrosa de melhor qualidade. Pode ser que no presente trabalho o CaO não reduziu as frações fibrosas da cana em virtude das menores doses utilizadas.

Segundo Mota et al. (2010) o efeito alcalinizante da cal provoca a solubilização parcial das hemiceluloses, a qual foi evidenciada no trabalho destes autores que observaram redução ($P < 0,01$) nos valores desta quando compararam a cana hidrolisada com a cana *in natura*. Estes autores também observaram redução ($P < 0,01$) nos teores de FDN quando a cana foi hidrolisada em comparação com a cana *in natura* (45,25%).

Ainda segundo Mota et al. (2010), a cal provoca o intumescimento alcalino da celulose que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando ruptura das ligações

das pontes de hidrogênio. Estes autores afirmaram que este efeito não ocorreu na celulose do alimento analisado e por isso não houve efeito nas formas de processamento e nos tempos de armazenamento ($P>0,05$).

Os teores de lignina não se alteram neste trabalho, independente da dose de CaO ou do tempo de hidrólise (tabela 4), diferente do trabalho de Ribeiro et al. (2009) que observaram interação aditivos *versus* doses ($P<0,05$) o que influenciou o teor de lignina na cana-de-açúcar tratada com NaOH, a qual apresentou comportamento quadrático ($P<0,05$). Entre os aditivos estudados por estes autores, o NaOH foi mais eficiente em reduzir a lignina da cana-de-açúcar hidrolisada que o CaO, e a dose de 2,25% foi a que promoveu maior redução do teor de lignina, independentemente do aditivo.

Semelhante ao resultado deste trabalho, Mota et al. (2010) também observaram que o teor de lignina não foi alterado ($P>0,05$) pelo tratamento álcali ou pelo tempo de armazenamento. Klopfenstein (1980) concordou quando afirmou que o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico.

Conclusões

Sob as condições de temperatura e umidade do presente trabalho a adição de todas as concentrações de CaO estudadas foram eficientes para manter o valor nutritivo da cana e possibilitaram pouca variação da temperatura, pH e grau brix, permitindo que esta seja utilizada por até 96 horas de armazenamento. No entanto, o CaO necessita ser adicionado à cana somente quando pretende-se armazená-la por período superior a 24 horas.

Para utilização na dieta de equinos, sugere-se a dose de 0,5% de CaO na cana-de-açúcar pela dificuldade do balanceamento dos teores de Ca/P da dieta com a inclusão de doses maiores.

Referências Bibliográficas

AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; et al. Cana-de-açúcar in natura ou ensilada com e sem aditivos químicos: estabilidade aeróbia dos volumosos e das rações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 10, p. 1857-1864, 2009.

- BENDAHAN, A.B.; COSTA, N.L.; BRAGA, R.M. et al. Potencial de utilização da cana-de-açúcar para alimentação animal nos cerrados de Roraima. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 4, n. 8, p. 175-182, 2009.
- DOMINGUES, F.N. *Cana-de-açúcar hidrolisada com doses crescentes de cal virgem e tempos de exposição ao ar para a alimentação de bovinos*. 2009. 108f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, São Paulo.
- DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R. et al. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 4, p. 715-719, 2011.
- FARIA, A.E.L.; OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C. Composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos e condições de armazenamento. *Ars Veterinária*, v.16, n.3, p. 220-226, 2000.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, v. 6, p. 36-41, 2008.
- GREENHILL, W.L. Plant juice in relation to silage fermentation. *Journal of the British Grassland Society*, v. 19, p. 336-339, 1964.
- INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CIÊNCIA ANIMAL – INCT – CA. *Métodos para análises de alimentos*. Viçosa, 2012. 214p.
- KLOPFENSTEIN, T. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatments. In: HUBER, J.T. (Ed.) *Upgrading residues and products for animals*. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.40-60.
- OLIVEIRA, M.D.S. *Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos*. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 128 p.
- OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C. et al. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, *in natura* e ensilada para bovinos. *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, n. 1, p. 41-50, 2007.
- OLIVEIRA, M.D.S.; DOS SANTOS, J.; DOMINGUES, F.N., et al. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. *Veterinária Notícias*, v. 14, n. 1, p. 9-17, 2008.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalomb Publications, 1991. 340p.
- MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N. Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.6, p.1186-1190, 2010.
- PANCOTI, C. G.; BORGES, A. L.C.C.; LOPES, F.C.F.; et al. Comportamento ingestivo de novilhas recebendo dietas contendo cana-de-açúcar tratadas ou não com óxido de cálcio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.1, n.2, p.67-72, 2011.
- RABELO, C.H.S.; REZENDE, A.V.; RABELO, F.H.S. et al. Estabilidade aeróbia de cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. *Ciência Animal Brasileira*, v. 12, n. 2, p. 257-265, 2011.

REZENDE, A.S.C.; MAURÍCIO, R.M.; CARVALHO, W.T.V. et al. Aerobic stability of sugar cane *in natura* hydrolysed with calcium oxide to be used in equine diets. *Forages and grazing in horse nutrition*. v. 132, p. 271-274, 2012.

RIBEIRO, L.S.O; PIRES, A.J.V; PINHOL, B.D. et al. Valor nutritivo da cana-de-açúcar hidrolisada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 61, n. 5, p. 1156-1164, 2009.

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

VIEIRA, E.R. Aspectos econômicos e sociais do complexo agronegócio cavalo no estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, UFMG, 2011. 140p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

CAPÍTULO IV – CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE EQUINOS ADULTOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS

Resumo: São poucos os trabalhos sobre o consumo e a digestibilidade da cana-de-açúcar na dieta de equinos, sendo que esta vem sendo utilizada sem critérios pelos proprietários. Além disso, não existem dados a respeito da utilização da cana hidrolisada para a espécie equina. O objetivo deste capítulo é avaliar o consumo e a digestibilidade de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio e armazenada em diferentes tempos. Foram utilizados quatro tratamentos: cana-de-açúcar *in natura* e cana hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio na matéria natural e armazenada durante 24, 48 e 72 horas. Equinos machos (16), castrados, sem raça definida, com idade variando de seis a 13 anos e com peso médio de 372 a 407 kg foram mantidos em baias individuais. Os animais receberam sal e água à vontade e o volumoso foi apenas cana-de-açúcar, também fornecida à vontade. Para balanceamento da relação Ca:P e PB:ED os animais foram suplementados com 1kg de farelo de trigo e 1 kg de farelo de soja. A etapa experimental teve duração de 30 dias, sendo os 25 dias iniciais destinados à adaptação dos animais e os últimos cinco dias à coleta de fezes e mensuração do consumo. O consumo e a digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica, energia bruta, fibra bruta (FB) e o consumo da energia digestível da cana-de-açúcar *in natura* foi inferior ($P < 0,05$) ao da cana hidrolisada e armazenada por 72 horas. O consumo de MS das dietas foi de acordo com as recomendações para a categoria animal. Não houve diferença ($P > 0,05$) entre a produção fecal, digestibilidade da MS, proteína bruta, fibra em detergente ácido, hemiceluloses e celulose obtidas pelo indicador LIPE[®] e pela coleta total de fezes. A cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada por 72 horas proporcionou maior consumo e digestibilidade dos nutrientes, melhorando assim a qualidade nutricional da cana para ser utilizada como volumoso na dieta de equinos. A digestibilidade dos nutrientes da dieta de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e concentrado pode ser determinada pela LIPE[®].

Palavras chave: conservação de alimentos, LIPE, valor nutritivo, volumoso

Abstract: There are few studies on intake and digestibility of sugar cane in the diet of horses, and this is being used without the owners criteria. Moreover, there are no data regarding the use of hydrolyzed cane for equine species. The purpose of this chapter is to assess the intake

and digestibility in horses fed sugar cane *in natura* or hydrolyzed with calcium oxide and stored at different times. Sugar cane *in natura* and hydrolyzed with 0.5 % of calcium oxide in natural matter and stored for 24 , 48 and 72 hours : four treatments were used. Equine males (16), castrated, mongrel, aged six to 13 years and a mean weight 372-407 kg, were kept in individual pens. The animals received salt water is comfortable and roughage was only sugar cane, also provided *ad libitum*. To balance the Ca: P ratio and BP:DE animals were supplemented with 1 kg of wheat bran and 1 kg of soybean meal. The experiment lasted for 30 days, the initial 25 days for adaptation of animals and the last five days for feces and measurement of consumption. The intake and digestibility of dry matter (DM), organic matter, gross energy, crude fiber (CF) and the digestible energy intake of sugar cane *in natura* was lower ($P < 0.05$) of the hydrolyzed sugar cane and stored for 72 hours. Dry matter intake of diets was in agreement with the recommendations for animal category. There was no difference ($P > 0.05$) between fecal output, digestibility of DM, crude protein, acid detergent fiber , hemicellulose and cellulose obtained by the indicator LIPE[®] and the total collection of feces. The sugar cane hydrolyzed and stored for 72 hours caused greater intake and digestibility of nutrients, thereby improving the nutritional quality of cane to be used as roughage in the diet of horses. Nutrient digestibility of the diet of horses fed sugar cane *in natura* or hydrolyzed and concentrate can be determined by LIPE[®].

Keywords: food conservation, LIPE, nutritive value, forage

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) possui potencial produtivo para uso na dieta de equinos, caracterizado por sua elevada produção por hectare, sua disponibilidade na época de escassez de pastagens (seca) e seu alto conteúdo de energia bruta (Pereira & Queiroz, 1997). Outra característica importante para a utilização da cana como forrageira para equinos é a sua alta palatabilidade para espécie.

Apesar dessas várias características positivas da utilização da cana, um empecilho é a necessidade do seu corte diário devido à sua rápida fermentação quando cortada e armazenada. Uma alternativa é a utilização de agentes alcalinizantes que reduzem a sua fermentação e aumentam a sua conservação (Rezende et al., 2012).

Embora um número cada vez maior de produtores esteja adotando o tratamento da cana-de-açúcar com a cal microprocessada, na forma de óxido ou de hidróxido de cálcio na dieta de ruminantes, não são conhecidos dados na literatura a respeito da utilização da cana hidrolisada na dieta de equinos e, principalmente, sobre o valor nutritivo para esta espécie.

Também são escassos os trabalhos sobre o consumo e a digestibilidade da cana-de-açúcar *in natura* na dieta de equinos (Garcia,1995; Araújo et al., 1996; Pereira & Queiroz, 1997; Figueiredo, 1999; Araújo et al., 2003; Rezende et al., 2012).

A mensuração do consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta podem ser feitos por métodos diretos ou indiretos. Como método direto temos a mensuração individual do consumo de cada animal e a coleta total de fezes para a determinação da digestibilidade que ainda é o método mais eficiente, apesar de muito trabalhoso. Como métodos indiretos podemos utilizar os indicadores (internos e externos) que permitem estimar o consumo e a digestibilidade dos alimentos sem utilizar a coleta total de fezes.

A LIPE[®] é um indicador externo validado por Lanzetta et al. (2009) para utilização na espécie equina. A metodologia da LIPE[®] supera os erros obtidos nas análises gravimétricas realizadas quando se utiliza indicadores internos, pois a análise é feita por espectroscopia no infravermelho.

O objetivo deste capítulo é avaliar o indicador LIPE[®], o consumo e a digestibilidade de equinos adultos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com óxido de cálcio e armazenada em diferentes tempos.

Material e Métodos

Todos os procedimentos utilizados neste trabalho foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal (CETEA / UFMG) sob o protocolo nº 155/11.

O experimento foi realizado no município de Barbacena - MG, no Núcleo de Equideocultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Barbacena, no mês de julho de 2011.

Barbacena localiza-se a uma latitude 21°13'33" sul e a uma longitude 43°46'25" oeste. Possui um clima tropical de altitude, com invernos frios e verões amenos. A temperatura média anual da cidade é de 17°C.

Durante todo o período experimental foi mensurada a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar⁹.

Foram utilizados quatro tratamentos: cana-de-açúcar *in natura* e cana hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio na matéria natural e armazenada durante 24, 48 e 72 horas.

Foram utilizados 16 equinos machos, castrados, sem raça definida provenientes do próprio Instituto, com idade entre seis e 13 anos e com peso de 372 a 407 kg. Antes de iniciar o experimento os animais foram identificados, vermifugados e banhados com solução carrapaticida.

Os animais foram mantidos em baias individuais de alvenaria, com piso de cimento, cama de serragem, cochos individuais de sal mineral¹⁰, água e volumoso que foram fornecidos à vontade para os animais.

As baias apresentavam dimensões de 4m x 3m e possibilitavam aos animais a visualização e o contato com o animal da baia vizinha, além da visualização das atividades realizadas nas proximidades das instalações.

A limpeza das baias no período de adaptação foi realizada duas vezes ao dia retirando-se as fezes e trocando-se a serragem suja. Neste mesmo período os animais foram soltos em um redondel uma vez ao dia por 2 horas. Neste local eles tinham acesso apenas água à vontade.

O volumoso utilizado foi a cana-de-açúcar. Esta foi colhida manualmente no primeiro corte, com nove meses de idade. A cana foi picada de 1 a 2 cm por meio de uma encilhadora acoplada a um trator. O óxido de cálcio (CaO)¹¹ foi adicionado à cana-de-açúcar sem diluição e ambos foram misturados manualmente para uma melhor homogeneização do material. Os montantes de cana-de-açúcar expostos ao CaO e armazenados pelos períodos de 24, 48 e 72 horas até o fornecimento aos animais foram acondicionados em um galpão de modo a impedir a exposição dos mesmos ao sol e à chuva (Pancoti et al., 2011).

A cana-de-açúcar foi fornecida sempre as 8 e 14 horas, em quantidades suficientes para que houvessem 15% de sobras, sendo que, no período de adaptação, antes de cada fornecimento foram retiradas as sobras do trato anterior. Para balanceamento da relação Ca:P e PB:ED preconizadas pelo NRC (2007) os animais foram suplementados com 1kg de farelo de trigo e 1 kg de farelo de soja, ambos divididos em dois fornecimentos.

⁹ Minipa® - Relógio termo-higrômetro

¹⁰ Coequi Plus® - Tortuga. A tabela de composição química encontra-se no anexo II

¹¹ Quallical® – Cal virgem micropulverizada (67% de CaO)– CARBOTEX QUÍMICA IND. COM. E PART. LTDA

Estabeleceu-se o consumo de matéria seca como 2% do peso vivo e a relação concentrado/volumoso de 20/80 para o fornecimento do concentrado. A relação proteína/energia da dieta oferecida foi de 31,79 g PB / Mcal. Na tabela 1 observa-se a composição química da dieta experimental. Os animais que consumiram cana-de-açúcar *in natura* foram suplementados com 165 g / dia de calcário calcítico¹², fornecido juntamente com o concentrado, para que o consumo de cálcio fosse igual entre todos os tratamentos. Dessa maneira, a relação Cálcio / Fósforo da dieta de todos os animais foi de 3,35 / 1.

Tabela 1. Composição química dos alimentos consumidos pelos animais durante o período experimental em g / Kg de matéria seca (MS) e em porcentagem (%) da MS

Composição química	Farelo de soja		Farelo de trigo		Cana <i>in natura</i>		Cana hidrolisada 24 horas		Cana hidrolisada 48 horas		Cana hidrolisada 72 horas	
	g/Kg MS	%/MS	g/Kg MS	%/MS	g/Kg MS	%/MS	g/Kg MS	%/MS	g/Kg MS	%/MS	g/Kg MS	%/MS
MS (%)	87,65	-	91,10	-	26,62	-	30,70	-	29,50	-	34,83	-
MO	931,01	93,10	948,58	94,85	967,81	96,78	940,33	94,03	952,86	95,28	948,06	94,80
MM	68,99	6,89	51,42	5,14	32,19	3,21	59,67	5,96	47,14	4,71	51,94	5,19
Ca	3,39	0,339	1,97	0,19	2,42	0,24	12,95	1,29	9,95	0,99	11,71	1,17
P	7,51	0,75	10,10	1,00	0,78	0,078	0,72	0,072	1,05	0,10	0,53	0,053
EB (cal/g MS)	4355,10	-	4261,34	-	4130,42	-	3869,71	-	3695,18	-	3753,04	-
PB	518,19	51,18	168,23	16,82	21,59	2,159	27,18	2,71	24,62	2,46	29,25	2,92
EE	28,87	2,88	37,43	3,74	96,46	9,64	50,68	5,06	41,50	4,15	42,04	4,20
FB	54,58	5,45	112,77	11,27	375,42	37,54	315,62	31,56	274,08	27,40	369,80	36,98
FDN	200,00	20,0	418,63	41,83	664,40	66,44	608,20	60,82	531,82	53,18	550,10	55,01
FDA	85,71	5,57	141,89	14,18	389,46	38,94	366,11	36,61	309,18	30,91	333,46	33,34
HEM	114,27	11,42	276,73	27,67	274,94	27,49	242,09	24,20	222,64	22,26	216,64	21,64
CEL	69,03	6,90	93,78	9,37	329,97	32,99	300,73	30,07	267,27	26,72	262,27	26,22
LIG	16,69	1,66	48,11	4,81	59,49	5,94	65,38	6,53	42,13	4,21	71,19	7,11

Matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG).

A etapa experimental teve duração de 30 dias, sendo os 25 dias iniciais destinados à adaptação dos animais à dieta e às instalações. Nos últimos cinco dias foi realizada a coleta de fezes e mensuração do consumo (Araújo et al., 2003).

Para a coleta total de fezes as fezes foram coletadas diretamente do chão (a cama foi retirada) e pesadas a cada 12 horas. O somatório do peso das fezes do horário de 7:00 às 19:00 horas e de 19:00 às 7:00 horas compuseram o valor de cada 24 horas, sendo que desta nova amostra, após ser homogeneizada, foram retiradas amostras de 10% por animal, para formar a amostra diária. Todo material coletado foi identificado e congelado para posterior

¹² Calcário calcítico: 37,54% de cálcio e 0,01% de fósforo

processamento e análise química. A produção fecal de cada animal foi calculada a partir da soma dos cinco dias de coleta total de fezes de cada animal e realizou-se a média diária.

A determinação do consumo real foi realizada nos últimos cinco dias da etapa experimental. A cana-de-açúcar fornecida foi pesada assim como as sobras, sendo que o valor de consumo diário por animal foi a média dos cinco dias de coleta. Durante este período também foram coletadas amostras da dieta e das sobras para posterior análise química.

As amostras da dieta, das sobras e das fezes foram descongeladas à temperatura ambiente e as amostras dos cinco dias de cada animal foram homogeneizadas e então foi retirada uma amostra de aproximadamente 400 g por animal, que foi dividida em duas amostras iguais. Esse material foi pesado, acondicionado em bandejas que foram acondicionadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram novamente pesadas e moídas em moinho tipo Willey, em peneira de 1 mm. O material moído foi então acondicionado em frascos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados.

Posteriormente, o material moído da dieta, das sobras e das fezes foram submetidas às análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P), segundo INCT - CA (2012); e fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HCEL), celulose (CEL) e lignina (LIG) segundo Van Soest (1994). A energia bruta (EB) foi determinada por calorímetro adiabático. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

O indicador LIPE[®] foi fornecido, diariamente, diretamente na boca de cada animal, por sete dias consecutivos em cápsulas de gelatina de 0,5g. A coleta de fezes para análise da LIPE[®] e então realização da estimativa da produção fecal e da digestibilidade dos alimentos foi realizada por cinco dias consecutivos iniciando-se dois dias após o início do seu fornecimento. Estas amostras foram coletadas diretamente da ampola retal dos animais, sempre no mesmo horário.

O indicador LIPE[®] presente nas fezes de cada animal foi analisado através de espectroscopia no infravermelho, segundo Saliba (2005a) no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

A produção fecal com o uso da LIPE[®] foi calculada conforme descrito por Saliba (2005a):

$$PF \text{ (kg)} = \frac{\text{LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{\text{(Ai / MS fecal)}} \times 100$$

Onde PF = Produção fecal;

Ai = Relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda a 1050 cm⁻¹ / 1650 cm⁻¹;

MS total = matéria seca fecal total.

O Ai foi calculado através da fórmula: $A_i = A_{1050}/A_{1650}$. Sendo que:

$$A = \log \frac{I_0}{I}$$

Onde, $I_0 >$ intensidade e $I <$ intensidade.

Após a obtenção dos valores de produção fecal (com a LIPE[®]) e da digestibilidade da matéria seca (MS) dos diferentes tratamentos determinada a partir da coleta total de fezes, serão realizados os cálculos para se estimar o consumo de MS total (com a LIPE[®]), conforme descrito abaixo pela fórmula de Saliba (2005b):

$$\text{Consumo (kg MS)} = \frac{\text{produção de fezes}}{(100 - \text{digestibilidade da MS})} \times 100$$

A partir dos resultados das análises bromatológicas da dieta, das sobras, das fezes e dos dados de consumo e produção fecal obtidos com a coleta total e estimados pela LIPE[®], foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), proteína bruta (DAPB), energia bruta (DAEB), fibra em detergente neutro (DAFDN), hemiceluloses (DAHCEL), celulose (CEL) e fibra em detergente ácido (DAFDA), através da fórmula descrita por Pond et al. (1995):

$$\text{CDA(\%)} = \frac{((\text{Nut.cons. (g)} - \text{Nut.fezes (g)})}{\text{Nutriente consumido (g)}} \times 100$$

Onde CDA = coeficiente de digestibilidade aparente;

Nut.cons. = Nutriente consumido;

Nut.fezes = Nutriente nas fezes.

$$\text{Nutrientes nas fezes (g)} = \frac{(\text{PF} \times \% \text{ Nut. fezes})}{100}$$

Em que PF = Produção fecal mensurada ou estimada pela LIPE[®].

A taxa de recuperação fecal do indicador (LIPE[®]) foi realizada a partir da fórmula de Vasconcellos (2004):

$$\text{Taxa de recuperação (\%)} = \frac{\text{PF est. pelo ind.}}{\text{PF obs. pela C T}} \times 100$$

Em que: PF est. pelo ind. = produção fecal estimada utilizando- se o indicador (LIPE[®]).

PF obs. pela CT = produção fecal obtida pelo método da coleta total de fezes.

Também foi mensurado o consumo de água, sendo este também determinado nos últimos cinco dias da etapa experimental. A água ficava à vontade para os animais (renovada quatro vezes ao dia) em recipiente graduado permitindo assim, a determinação diária do consumo, sendo que o valor de consumo diário por animal foi a média dos cinco dias de mensuração.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada e armazenada nos tempos de 24, 48 e 72 horas) e quatro repetições (quatro animais por tratamento).

Para estudar o indicador LIPE[®] foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas compostas pelos tratamentos (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada e armazenada nos tempos de 24, 48 e 72 horas) e as subparcelas compostas pelo indicador LIPE[®] e pela coleta total de fezes.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05). A análise dos dados foi realizada através do SISVAR¹³ (Ferreira, 2008).

Resultados e discussão

Durante o período experimental os animais foram pesados semanalmente (Anexo I) e não observou-se variação (P>0,05) entre os tempos testados (zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana) e entre os tratamentos, o que indica que a dieta foi adequada à categoria animal em estudo para a condição de manutenção.

A quantidade de água consumida pelos equinos está relacionada à composição química dos alimentos, estando especialmente associada ao conteúdo de proteínas, minerais (sódio e potássio) e fibra da dieta (Cymbaluk, 1989; McDonnell & Kristula, 1996; NRC 2007). Além da composição da dieta, outros fatores afetam a ingestão de água pelos equinos

como a temperatura ambiente, temperatura da água e a palatabilidade desta (Cymbaluk, 1989).

Segundo Frape (1992) o consumo de água deve ser de 2 a 4 L / kg MS ingerida e em temperaturas ambientes entre 15 a 20 °C os animais passam a consumir em média 3,6 L água / kg de MS ingerida. O NRC (2007) destaca ainda que um aumento na temperatura ambiente pode aumentar a necessidade de água em função da homeotermia ou manutenção do conforto térmico (endotermia).

Durante o período experimental a temperatura e umidade relativa do ar variaram de 3,5 a 29,3°C e de 24 a 89%, respectivamente, sendo consideradas como amenas e, portanto, não prejudicaram o conforto térmico dos animais.

Tabela 2: Consumo de água em L / dia (CONH₂O), consumo de água em L / kg de matéria seca ingerida (CH₂OMS), consumo de água em L / kg de peso vivo (CH₂OPV), consumo de água em L / 100 Kg de peso vivo (CH₂O100) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Parâmetros			
	CONH ₂ O	CH ₂ OMS	CH ₂ OPV	CH ₂ O100
<i>In natura</i>	15,62	2,56 ^b	0,042	4,24
24 horas hidrólise	17,07	1,86 ^{ab}	0,043	4,31
48 horas hidrólise	18,42	2,41 ^{ab}	0,047	4,70
72 horas hidrólise	16,26	1,44 ^a	0,039	3,96
CV (%)	27,28	24,53	30,09	29,93

Letras minúsculas distintas na coluna diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P<0,05)

Observa-se na tabela 2 que o tratamento cana *in natura* apresentou consumo de água em L / kg de MS ingerida superior (P<0,05) ao tratamento de 72 horas de hidrólise. O menor consumo de água (P<0,05) pelos animais que consumiram cana hidrolisada e armazenada por 72 horas em relação aos animais que consumiram cana *in natura* pode estar relacionado ao maior consumo de MS observado no tratamento de 72 horas (P<0,05) (tabela 3). Isto pode ser devido ao fato do volumoso consumido ser a cana-de-açúcar que apresenta elevado teor de água na sua composição (34,83% de MS, tabela 2), o que reduz a quantidade de água a ser ingerida pelos animais deste tratamento (72 horas de hidrólise) suprirem suas exigências.

Esta afirmação é apoiada por Lewis (2000) o qual afirmou que o consumo de água depende também da quantidade de água no alimento ingerido, além de outros fatores como o exercício, o estado fisiológico do animal, a temperatura e umidade ambiente. Como os animais de todos os tratamentos deste trabalho eram de uma mesma categoria e estavam em

uma mesma condição de temperatura e umidade ambiente e manejo, pode-se inferir que o consumo de água variou em função da quantidade de água ingerida no alimento.

Neste contexto, Fannesbeck (1968) e o NRC (2007) destacaram que um dos fatores mais importantes que influenciam no consumo de água é a ingestão de matéria seca. Frape (1992) e o NRC (2007) afirmam que a restrição ao consumo de água pode levar a uma depreciação do apetite e conseqüente redução no consumo voluntário de alimentos.

Segundo o NRC (1989 e 2007) animais consumindo dietas exclusivas de feno ingerem água em uma proporção de 3,6 L / kg de MS consumida, enquanto que animais alimentados com dietas compostas por feno e concentrado recomenda-se o consumo de 2 a 3 L / kg de MS consumida. Dessa forma, o consumo de água dos animais que consumiram cana hidrolisada (24, 48 e 72 horas) está de acordo com a recomendação do NRC (2007) para dietas mistas. Porém, o consumo dos animais que receberam cana *in natura* foi inferior a esta recomendação.

Fannesbeck (1968) verificou valores semelhantes ao presente trabalho quando estudou o consumo de água de equinos adultos em temperaturas de 3 a 15°C. Este autor observou que o consumo de água foi de 31,4 L / dia para cavalos que consumiam apenas forragem e 17,5 L / dia para os animais que consumiam dieta mista.

Cymbaluk (1989) observou consumo de água superior ao deste trabalho, de 3,2 L / kg de MS ingerida quando o feno de gramínea foi fornecido como dieta única para os equinos mantidos em baía sob temperatura moderada. No entanto, quando o consumo de água foi expresso em L de água / 100 kg de peso vivo (pv) o autor observou valores de 2,7 a 5,5, sendo estes próximos ao consumo observados no presente trabalho que varou de 3,96 a 4,70 (tabela 2).

No entanto, Pearson & Merritt (1991) observaram consumo hídrico semelhante ao presente estudo (1,44 a 2,56 L / kg de MS), em equinos alimentados com dieta com palha ou com feno com médias entre 1,92 e 2,97 L/kg de MS.

Cuddeford et al. (1995) avaliando o consumo de água por equídeos alimentados com diferentes proporções de alfafa e palha de aveia na dieta, não observaram diferença no consumo de água ($P>0,05$). O consumo médio diário observado por estes autores foi acima do observado no presente trabalho, variando de 2,76 a 3,27 litros / kg de MS consumida, respectivamente, para a dieta contendo somente alfafa ou somente palha de aveia.

Nyman & Dahlborn (2000) relataram que a ingestão de água por equinos alimentados com dietas mistas de feno e aveia foi de 0,043 e 0,058 L / kg pv, sendo estes semelhantes aos obtidos no presente trabalho que variou de 0,039 a 0,047 L / kg pv.

Resultados próximos ao presente trabalho foram observados por Araújo et al. (2003) também trabalhando com cavalos adultos alimentados com cana-de-açúcar e cana-de-açúcar juntamente com milho grão. Estes autores observaram o consumo de água de 1,7 e 1,7 L / kg de MS consumida, respectivamente e justificaram que estes resultados estão próximos dos limites preconizados pela literatura, a qual sugere um consumo de 2 L / kg de MS consumida para cavalos adultos em ambientes amenos (Frape, 1992).

Ribeiro et al. (2009) avaliaram o consumo de água de equinos adultos alimentados com dietas constituídas pela substituição em 30% por subprodutos agroindustriais. Estes autores não observaram diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos para o consumo de água em L/kg de MS ingerida obtendo-se média de 5,64, consumo de água em L / kg de pv com média de 0,083 e consumo de água em L / 100 kg de pv observando a média de 8,34. Estes valores foram superiores aos observados no presente trabalho, possivelmente pela diferença na composição química entre as dietas dos dois trabalhos.

Houve efeito ($P < 0,05$) do tratamento sobre o consumo e a digestibilidade da MS e MO, sendo que a cana *in natura* apresentou valores inferiores ($P < 0,05$) ao tratamento com cana hidrolisada e armazenada por 72 horas (tabela 3).

Tabela 3: Consumo de matéria seca em kg / 100 kg de peso vivo (CMSPV), consumo de matéria seca em g / kg^{0,75} (CMSPM), digestibilidade aparente da matéria seca em % (DAMS), consumo de matéria orgânica em kg / 100 kg de peso vivo (CMOPV), consumo de matéria orgânica em g / kg^{0,75} (CMOPM) e digestibilidade aparente da matéria orgânica em % (DAMO) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Parâmetros					
	CMSPV	CMSPM	DAMS	CMOPV	CMOPM	DAMO
<i>In natura</i>	1,69 ^a	72,59 ^a	47,33 ^a	1,52 ^a	67,05 ^a	49,02 ^a
24 horas hidrólise	2,35 ^{ab}	105,24 ^{ab}	61,83 ^b	2,19 ^{ab}	97,95 ^{ab}	62,74 ^b
48 horas hidrólise	2,00 ^{ab}	88,56 ^{ab}	57,57 ^{ab}	1,87 ^{ab}	83,11 ^{ab}	58,76 ^{ab}
72 horas hidrólise	2,67 ^b	119,32 ^b	62,83 ^b	2,49 ^b	111,87 ^b	64,16 ^b
CV (%)	20,49	20,02	10,70	20,58	20,09	10,02

Letras minúsculas distintas na coluna diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Os valores observados para o consumo médio voluntário de MS da dieta contendo cana-de-açúcar (1,69 a 2,67 kg de MS / 100 kg de pv) estão próximos às recomendações do NRC (2007) (2,0 kg de MS / 100 kg de pv) para equinos de 400 kg de pv em manutenção.

O maior consumo de MS para o tratamento de 72 horas de hidrólise, possivelmente, ocorreu devido à maior ($P < 0,05$) digestibilidade da MS (62,83%) e da FB (43,78%) (tabela 6) deste tratamento em relação à digestibilidade da cana *in natura* (MS: 47,33%; FB: 13,80) (tabela 3). Estes resultados estão de acordo com Van Soest (1994) que afirma que o tratamento álcali comumente aumenta a digestibilidade do alimento.

A digestibilidade aparente da MS do tratamento com cana *in natura* (47,33%) foi inferior ao valor encontrado por Araújo et al. (1996), que obtiveram média de digestibilidade aparente da MS de 57,46%, utilizando o método do saco de náilon móvel para determinar a digestibilidade da cana.

Pereira & Queiroz (1997) estudaram diferentes combinações de capim napier e cana-de-açúcar (100/0; 85/15; 70/30; 55/45) na dieta de potros. Estes autores observaram que o maior nível de inclusão da cana (55/45) apresentou consumo de 2,31 kg de MS / 100 Kg de pv e 81,43 g de MS / Kg de peso metabólico, sendo estes valores próximos aos observados no presente trabalho (1,69 a 2,67 kg de MS / 100 Kg de pv; 72,59 a 119,32 g de MS / Kg de peso metabólico). Este mesmo nível de inclusão da cana apresentou coeficiente de digestibilidade da MS de 48,80%, sendo este valor semelhante ao encontrado neste trabalho para os animais que consumiram cana *in natura* (47,33%), e inferior aos valores referentes aos tratamentos com cana hidrolisada (57,57 a 62,83%). Essa diferença pode estar relacionada ao efeito da hidrólise, aumentando a digestibilidade da matéria seca.

Figueiredo et al. (1999) também avaliaram o consumo e a digestibilidade aparente de equinos consumindo cana. Estes autores observaram consumo de MS de 0,89 kg / 100 kg de pv e digestibilidade da MS de 55,3% para a cana como alimento único e 1,11 kg / 100 kg de pv e digestibilidade da MS de 74,7% para a cana associada ao milho, sendo os valores de consumo de MS da cana e desta associada ao milho inferiores aos observados neste trabalho (tabela 3). A digestibilidade da MS do ensaio com cana foi semelhante, já a digestibilidade do ensaio com a cana associada ao milho foi superior aos valores observados no presente trabalho (tabela 3). Essa maior digestibilidade da MS da dieta que associa a cana com o milho pode estar relacionada à grande digestibilidade do milho grão e à proporção volumoso:concentrado (59:41) utilizada por estes autores, em relação ao presente trabalho (80:20).

Araújo et al. (2003) realizaram ensaios com a utilização de cana na dieta de equinos adultos e observaram consumo médio diário de MS da cana-de-açúcar exclusiva de 2,62 kg / dia e da cana associada ao milho grão de 3,73 kg / dia. Os autores justificam que, possivelmente, o baixo consumo da cana-de-açúcar fornecida como alimento único esteja

relacionado com a concentração de produtos da digestão no intestino delgado, como a glicose celular, e também com a produção de ácidos graxos voláteis no ceco (Frape, 1992). Os valores de consumo, tanto da cana como alimento único como desta associada ao milho, são inferiores aos valores observados no presente trabalho (tabela 3).

Araújo et al. (2003) também analisaram a digestibilidade de equinos para dietas contendo cana. Estes autores observaram para o ensaio com consumo único de cana média de digestibilidade da MS de 53,87% e para o ensaio de cana associada ao milho média de 76,49%. Em relação ao ensaio com cana como alimento único a digestibilidade da MS foi semelhante ao valor observado no presente trabalho, já para o ensaio da cana associada ao milho foi superior (tabela 3).

Pereira & Queiroz (1997) encontraram para o maior nível de inclusão de cana-de-açúcar (45% da dieta) digestibilidade da MO de 50,12%. Este valor foi semelhante ao obtido no presente trabalho para o tratamento com cana *in natura* (tabela 3).

Oliveira et al. (2007) determinaram a digestibilidade ruminal *in vitro* da MS, FDN e FDA da cana-de-açúcar hidrolisada com 0%, 0,5% e 1,0% de cal, durante três horas. Estes autores verificaram que a digestibilidade da MS (60,82%) da cana com 0% de cal foi inferior ($P < 0,05$) à digestibilidade da cana hidrolisada com 0,5% (63,75%) e 1,0% (63,49%) de cal. Eles concluíram que a hidrólise da cana-de-açúcar com 0,5% de cal mostrou-se mais interessante do ponto de vista da digestibilidade dos nutrientes estudados. Resultados diferentes destes foram observados no presente trabalho, pois apenas para o tratamento com cana hidrolisada e armazenada durante 72 horas houve efeito ($P < 0,05$) sobre a digestibilidade da MS, não sendo este observado para os tratamentos com cana hidrolisada e armazenada durante 24 e 48 horas (tabela 3).

Mota et al. (2010) estudaram o efeito do tratamento alcalino da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com 0,5% de CaO ou Ca(OH)₂ durante três tempos de armazenamento (12, 36 e 60 horas) sobre a digestibilidade *in vitro* da MS e observaram, assim como no presente trabalho, aumento ($P > 0,05$) da digestibilidade com a hidrólise da cana em comparação à cana *in natura*, no entanto não observaram efeito ($P > 0,05$) dos tempos de hidrólise. Semelhante ao presente trabalho os autores concluíram que a hidrólise com Ca(OH)₂ ou com CaO mantém o valor nutricional da cana-de-açúcar, permitindo que esta possa ser utilizada depois de até 60 horas de armazenamento.

Tabela 4: Consumo de matéria mineral em kg / 100 kg de peso vivo (CMMPV), consumo de matéria mineral em g / kg^{0,75} (CMMPM), digestibilidade aparente da matéria mineral em % (DAMM), consumo de proteína bruta em kg / 100 kg de peso vivo (CPBPV), consumo de proteína bruta em g / kg^{0,75} (CPBPM) e digestibilidade aparente da proteína bruta em % (DAPB) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Parâmetros					
	CMMPV	CMMPM	DAMM	CPBPV	CPBPM	DAPB
<i>In natura</i>	0,12	5,54	26,76	0,19	8,24	76,28
24 horas hidrólise	0,16	7,47	50,01	0,20	9,08	70,26
48 horas hidrólise	0,12	5,46	40,32	0,19	8,52	78,34
72 horas hidrólise	0,17	7,45	42,30	0,21	9,60	76,59
CV (%)	23,00	23,17	38,91	10,05	8,90	8,37

O consumo médio de PB para os tratamentos contendo cana *in natura* (698,35 g / dia), cana hidrolisada e armazenada durante 24 horas (811,60 g / dia), 48 horas (751,96 g / dia) e 72 horas (868,71 g / dia) foram superiores à recomendação do NRC (2007) para cavalos com peso médio de 400 kg em condições de manutenção (504 g / dia).

A digestibilidade aparente da PB deste trabalho (tabela 5) foi superior ao valor encontrado por Araújo et al. (1996), que obtiveram média de 55,06% , utilizando o método do saco de náilon móvel. Esta maior digestibilidade observada no presente trabalho, possivelmente foi devida à dieta ser mista (volumoso e concentrado) e então a maior parte da PB desta é provida pelo farelo de soja e de trigo que apresentam maiores teores de digestibilidade da PB do que a cana.

Pereira & Queiroz (1997) observaram digestibilidade da PB de 60,70% o nível de inclusão de cana-de-açúcar de 45% da dieta. Este valor foi inferior aos encontrados neste trabalho para todos os tratamentos (tabela 4).

Figueiredo et al. (1999) encontraram consumo de PB de 44,8 e 71,4 g / kg de MS ingerida, para as dietas contendo somente cana e cana associada ao milho grão, respectivamente. Estes autores obtiveram digestibilidade da PB de 52,3 e 71,5% para as dietas contendo somente cana e cana associada ao milho grão, respectivamente. O consumo de PB para as duas dietas testadas por estes autores foi inferior ao do presente trabalho (81,09 a 116,23 g / kg de MS ingerida), sendo que esta diferença pode estar relacionada ao fato das dietas deste trabalho apresentarem farelo de soja que apresenta maior teor de PB do que o milho. A digestibilidade da PB encontrada por estes autores para a dieta mista foi semelhante à encontrada no presente trabalho (tabela 4).

Araújo et al. (2003) encontraram consumo médio diário de PB da cana-de-açúcar exclusiva de 132,58 g / dia e da cana-de-açúcar associada ao milho grão de 242,49 g / dia. Estes valores foram inferiores aos encontrados no presente trabalho (698,35 a 868,7 g / dia). Estes autores obtiveram para o ensaio com consumo único de cana, valor de digestibilidade da PB de 50,41% e para o ensaio de cana associada ao milho de 74,80%. Em relação ao ensaio com cana como alimento único a digestibilidade da PB foi inferior aos valores observados no presente trabalho e para o ensaio de cana associada ao milho foi semelhante aos observados neste trabalho.

Assim como no presente trabalho Freitas et al. (2008) trabalhando com ovinos não verificaram diferença ($P>0,05$) nos coeficientes de digestibilidade da PB, observando os valores de 70,4; 77,9 e 77,2% para os tratamentos cana *in natura*, hidrolisada com 0,5 e 0,9% de hidróxido de cálcio, respectivamente.

Tabela 5: Consumo de energia bruta em Mcal / dia (CEB), consumo de energia bruta em Mcal / dia / $\text{kg}^{0,75}$ (CEBPM), digestibilidade aparente da energia bruta em % (DAEB), consumo de energia digestível em Mcal / dia (CED), consumo de celulose em kg / 100 kg de peso vivo (CCELPV), consumo de celulose em g / $\text{kg}^{0,75}$ (CCELPM) e digestibilidade aparente da celulose de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Parâmetros						
	CEB	CEBPM	DAEB	CED	CCELPV	CCELPM	DACEL
<i>In natura</i>	25,13 ^a	0,29 ^a	47,70 ^a	12,22 ^a	0,40	17,80	19,68
24 horas hidrólise	36,78 ^{ab}	0,41 ^{ab}	61,14 ^b	22,55 ^{ab}	0,60	26,89	39,17
48 horas hidrólise	29,45 ^{ab}	0,33 ^{ab}	54,94 ^{ab}	16,07 ^{ab}	0,44	19,62	21,36
72 horas hidrólise	41,20 ^b	0,45 ^b	61,74 ^b	25,73 ^b	0,61	27,42	33,98
CV (%)	19,53	19,24	10,89	17,31	22,98	22,38	30,97

Letras minúsculas distintas na coluna diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P<0,05$)

O CEB, CEBPM e CED da cana-de-açúcar *in natura* foram inferiores ($P<0,05$) ao da cana hidrolisada e armazenada por 72 horas, já a digestibilidade aparente da energia bruta da cana *in natura* foi inferior ($P<0,05$) à cana hidrolisada e armazenada por 24 e 72 horas (tabela 5). Possivelmente, não ocorreu perfeita homogeneização do CaO do tratamento da cana hidrolisada e armazenada por 48 horas, pois a digestibilidade deste foi semelhante ($P>0,05$) à cana *in natura*.

A digestibilidade aparente da EB do tratamento com cana hidrolisada e armazenada durante 72 horas foi superior ao valor encontrado por Araújo et al. (1996), que obtiveram

média de 54,37%, utilizando o método do saco de náilon móvel para determinar a digestibilidade da cana para equinos. Essa diferença pode estar relacionada ao efeito positivo sobre a digestibilidade da energia bruta da adição de óxido de cálcio sobre a cana hidrolisada.

Figueiredo et al. (1999) encontraram consumo de EB de 4300 e 4294 kcal / kg de MS ingerida, para equinos consumindo as dietas contendo somente cana e cana associada ao milho grão, respectivamente. Estes mesmos autores obtiveram valores de digestibilidade da EB de 54,7 e 75,3% para as duas dietas, respectivamente. O consumo de EB encontrado por estes autores foi superior aos encontrados no presente trabalho (3838,01 a 4183,39 Kcal / kg de MS ingerida). A digestibilidade da EB para a dieta contendo somente cana foi semelhante e da dieta contendo cana associada ao milho foi superior aos valores de digestibilidade do presente trabalho (tabela 5). Essas diferenças podem estar relacionadas à idade e cultivar da cana utilizada, proporcionando diferentes concentrações de energia.

Araújo et al. (2003) obtiveram consumo médio diário de energia digestível (ED) de 6017 Kcal / kg de MS ingerida e de ED da cana-de-açúcar associada ao milho grão de 12709 Kcal / kg de MS ingerida. Esses valores foram superiores aos encontrados neste trabalho (2034,52 a 2401,44 kcal / kg de MS ingerida). Esses mesmos autores obtiveram para o ensaio com consumo único de cana digestibilidade da EB de 52,61% e para o ensaio de cana associada ao milho de 76,89%. Em relação ao ensaio com cana como alimento único a digestibilidade de EB foi semelhante aos observados no presente trabalho e para o ensaio de cana associada ao milho foi superior aos observados neste trabalho (tabela 5). Essa maior digestibilidade de energia bruta verificado no experimento de Araújo et al. (2003) pode estar relacionada a inclusão de milho nesta dieta, sendo que esse apresenta maior digestibilidade em relação à cana-de-açúcar.

Não se observou diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) para os consumos e digestibilidade da celulose (tabela 5).

Pereira & Queiroz (1997) encontraram para o nível de 45% de inclusão de cana-de-açúcar na dieta de equinos digestibilidade da CEL de 46,89%, sendo este valor superior ao encontrado no presente trabalho (tabela 5).

Segundo Mota (2008), o CaO age na fração fibrosa a partir da formação de uma base forte, o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), um agente alcalino com moderado poder de hidrólise, o qual reage com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais. Além da ação hidrolítica, o Ca(OH)_2 promove a expansão da parede celular e ruptura de componentes dos tecidos de forragens hidrolisadas (Mota, 2008).

Em função desta expansão da fração fibrosa, Jackson (1977) afirmou que a celulose se expande quando tratada com agentes alcalinos e isto reduz as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose, levando ao aumento da digestão da celulose e das hemiceluloses.

Contrariando a afirmação de Jackson (1977), no presente trabalho não foi observado efeito ($P>0,05$) da hidrólise (24, 48 ou 72 horas) sobre a digestibilidade da celulose (tabela 5).

Tabela 6: Consumo de fibra bruta em kg / 100 kg de peso vivo (CFBPV), consumo de fibra bruta em g / kg^{0,75} (CFBPM), digestibilidade aparente da fibra bruta em % (DAFB), consumo de fibra insolúvel em detergente neutro em kg / 100 kg de peso vivo (CFDNPV), consumo de fibra insolúvel em detergente neutro em g / kg^{0,75} (CFDNPM) e digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente neutro em % (DAFDN) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Parâmetros					
	CFBPV	CFBPM	DAAFB	CFDNPV	CFDNPM	DAFDN
<i>In natura</i>	0,45 ^a	20,08 ^a	13,80 ^a	0,88	38,96	21,40 ^a
24 horas hidrólise	0,63 ^{ab}	28,19 ^{ab}	40,02 ^{ab}	1,28	57,31	45,37 ^b
48 horas hidrólise	0,45 ^a	20,15 ^a	17,32 ^{ab}	0,95	42,08	28,57 ^{ab}
72 horas hidrólise	0,85 ^b	38,05 ^b	43,78 ^b	1,34	60,28	42,24 ^{ab}
CV (%)	24,46	24,36	45,69	21,46	21,24	31,69

Letras minúsculas distintas na coluna diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P<0,05$)

O CFBPV, CFBPM e DAFB da cana-de-açúcar *in natura* foram inferiores ($P<0,05$) ao da cana hidrolisada e armazenada por 72 horas ($P<0,05$) (tabela 6).

Hintz (1994), com base no conteúdo fibroso dos alimentos volumosos fornecidos aos equinos, sugeriu que a dieta deve ser composta de, no mínimo, 120 g de fibra bruta (FB) para cada 100 kg de PV, equivalente a 20% de FDN e 12% de FDA na dieta. Neste trabalho, o consumo de FB variou de 450 a 850 g / 100 kg de PV, a porcentagem de FDN da dieta variou de 48,05 a 55,95% e a porcentagem de FDA variou de 26,38 a 31,78%. Esses valores atenderam as exigências recomendadas por este autor.

Em relação ao consumo de FDN não houve diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) (tabela 6). A digestibilidade aparente da FDN da cana *in natura* foi inferior ($P<0,05$) à cana hidrolisada e armazenada durante 24 horas (45,37%). Essa diferença pode estar relacionada ao efeito do CaO sobre a FDN, aumentando a sua digestibilidade. No entanto, acredita-se que não ocorreu perfeita homogeneização da CaO nos tratamentos de 48 e 72 de hidrólise, pois estes foram semelhantes ($P>0,05$) à cana *in natura* (tabela 6).

Araújo et al. (2003) encontraram consumo médio diário de FDN da cana-de-açúcar como alimento único de 1,64 kg / dia e da cana associada ao milho grão de 1,38 kg / dia. Esses valores foram inferiores aos do presente trabalho (3,36 a 5,47 kg / dia).

Figueiredo et al. (1999) observaram consumo de FDN de 0,56 e 0,52 kg / 100 Kg de peso vivo, para equinos consumindo a dieta contendo somente cana e cana associada ao milho grão, respectivamente. Estes mesmos autores verificaram digestibilidade da FDN de 44,5 e 58,1% para as duas dietas, respectivamente. O consumo encontrado por estes autores para as duas dietas foram inferiores aos obtidos no presente trabalho. Já a digestibilidade da dieta contendo somente cana foi semelhante aos tratamentos com cana hidrolisada e armazenada durante 24 e 72 horas e a digestibilidade da dieta contendo cana associada ao milho foi superior aos valores encontrados no presente trabalho (tabela 6).

A DAFDN do tratamento com cana *in natura* foi inferior ao valor encontrado por Araújo et al. (1996), que obtiveram valor médio de 32,17%, utilizando o método do saco de náilon móvel para determinar a digestibilidade da cana. Esta diferença pode estar relacionada à precisão da técnica utilizada por estes autores.

Resultados semelhantes a este trabalho foram observados por Freitas et al. (2008) que verificaram coeficientes de digestibilidade da FDN superiores ($P < 0,05$) nos tratamentos com a cal, em comparação com a cana *in natura*. Estes autores observaram que a cana-de-açúcar apresentou digestibilidade da FDN de 38,2, 45,1 e 46,7% nos tratamentos *in natura*, com 0,5 e 0,9% de hidróxido de cálcio, respectivamente. Ao se compararem as médias obtidas para a cana-de-açúcar tratada com as da cana *in natura*, eles observaram que o tratamento melhorou a digestibilidade da FDN em 18 e 22%, em relação às doses de 0,5 e 0,9%, respectivamente. Diferente do presente trabalho, os autores afirmaram que apesar de ter ocorrido aumento significativo na digestibilidade da FDN, a hidrólise com o hidróxido de cálcio não foi suficiente para aumentar a digestibilidade e o consumo dos demais nutrientes, no período avaliado.

Mota et al. (2010) estudaram o efeito do tratamento alcalino sobre a digestibilidade *in vitro* da FDN e observaram que houve efeito ($P > 0,05$) apenas da hidrólise com CaO sobre a digestibilidade da cana obtendo os valores de 32,18; 38,83 e 32,21% para a cana *in natura*, cana hidrolisada com CaO e Ca(OH)_2 , respectivamente.

Oliveira et al. (2007) explicam este efeito da hidrólise sobre a redução da FDN devido à solubilização parcial das hemiceluloses com o aumento da digestibilidade, principalmente, da FDN, MS e hemiceluloses. Segundo estes autores ocorre desestruturação das

hemiceluloses e celulose, oferecendo aos microrganismos maior área de exposição da fração fibrosa, aumentando assim, o grau de utilização das diferentes frações da fibra.

Tabela 7: Consumo de fibra insolúvel em detergente ácido em kg / 100 kg de peso vivo (CFDAPV), consumo de fibra insolúvel em detergente ácido em g / kg^{0,75} (CFDAPM), digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente ácido em % (DAFDA), consumo de hemiceluloses em kg / 100 kg de peso vivo (CHEPV), consumo de hemiceluloses em g / kg^{0,75} (CHEPM) e digestibilidade aparente das hemiceluloses em % (DAHE) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Parâmetros					
	CFDAPV	CFDAPM	DAFDA	CHEPV	CHEPM	DAHE
<i>In natura</i>	0,49	21,40	17,10	0,40	17,56	34,97
24 horas hidrólise	0,74	33,03	40,84	0,54	24,27	51,52
48 horas hidrólise	0,52	23,11	19,78	0,43	18,96	39,21
72 horas hidrólise	0,78	35,06	38,13	0,56	25,21	47,87
CV (%)	22,87	22,38	30,85	20,26	19,79	22,12

Letras minúsculas distintas na coluna diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P<0,05)

Segundo Boin et al. (1987), o tratamento alcalino da gramínea altamente lignificada desfaz a ligação hemicelulose-lignina, melhorando, desta forma, a digestibilidade das hemiceluloses que se encontravam incrustadas junto à lignina, contudo não destruindo a lignina. Esta maior disponibilidade das hemiceluloses proporcionada pelo tratamento alcalino, não foi observada neste trabalho (tabela 7).

Pereira & Queiroz (1997) observaram para a dieta com 45% de inclusão de cana a digestibilidade da FDA e HEM de 43,82 e 22,07%, respectivamente. O valor da digestibilidade da FDA encontrado por estes autores foi superior e da digestibilidade da HEM foi inferior aos do presente trabalho (tabela 7). Essas diferenças podem estar relacionadas aos diferentes níveis de inclusão da cana na dieta, idade e variedade da cana utilizada em cada trabalho.

Oliveira et al. (2007) determinaram a digestibilidade ruminal *in vitro* da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar hidrolisada com 0 %, 0,5% e 1,0% de cal, durante três horas. Estes autores não verificaram efeito da adição de cal sobre os valores da DIVFDA, encontrando para 0; 0,5 e 1% de adição de cal valores de 32,45; 33,64 e 30,91%, respectivamente. No presente trabalho também não foi verificado efeito da cal sobre a DAFDA (tabela 7).

Mota et al. (2010) estudaram o efeito do tratamento alcalino sobre a digestibilidade *in vitro* da FDA e observaram os valores de 37,35; 38,84 e 32,26 % para a cana *in natura*, cana hidrolisada com CaO e Ca(OH)₂, respectivamente. Semelhante ao observado no presente trabalho, os autores verificaram que o coeficiente de digestibilidade da FDA não foi alterado (P>0,05), nem pelas formas de processamento da cana-de-açúcar nem pelos tempos de armazenamento (12,36 e 60 horas). Estes autores afirmaram que a maior ou menor ação da cal virgem ou hidratada sobre a digestibilidade *in vitro*, principalmente da FDN e da FDA, depende de vários fatores, como a concentração de CaO total, tamanho da partícula, forma de aplicação, homogeneização da mistura (solução ou em pó), tempo de hidrólise, maturação e variedade da cana-de-açúcar, entre outros.

Tabela 8: Consumo de cálcio em kg / 100 kg de peso vivo (CCAPV), consumo de cálcio em g / kg^{0,75} (CCAPM), consumo de fósforo em kg / 100 Kg de peso vivo (CPPV) e consumo de fósforo em g / kg^{0,75} (CPPM) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Parâmetros			
	CCAPV	CCAPM	CPPV	CPPM
<i>In natura</i>	0,020	0,905 ^{ab}	0,0051	0,225
24 horas hidrólise	0,025	1,147 ^{ab}	0,0053	0,235
48 horas hidrólise	0,015	0,727 ^a	0,0056	0,247
72 horas hidrólise	0,027	1,202 ^b	0,0050	0,227
CV (%)	28,76	21,28	11,55	8,86

Letras minúsculas distintas na coluna diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P<0,05)

O consumo de cálcio em g / kg^{0,75} do tratamento com cana hidrolisada e armazenada durante 72 horas foi superior (P<0,05) ao tratamento com cana hidrolisada e armazenada durante 48 horas. Como os valores de Ca fornecidos pelas dietas foram muito próximos, essa diferença pode ser devida ao livre acesso dos animais ao sal mineral, e possivelmente, os animais do tratamento cana hidrolisada por 72 horas consumiram mais sal.

A partir dos dados observados na tabela 8, verifica-se que a relação Ca:P da dieta consumida por equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas foi de 3,9:1; 4,7:1; 2,7:1 e 5,4:1, respectivamente.

Segundo Schryver et al. (1971) a relação Ca:P da dieta de equinos não pode ser menor do que 1:1, pois se a ingestão de Ca for menor que a ingestão de P a absorção do Ca pode ser prejudicada, podendo ocorrer anormalidades do esqueleto (hiperparatiroidismo nutricional secundário).

Já Lewis (2000) afirmou que se tanto as quantidades de Ca como as de P na ração forem adequadas para preencher as necessidades do animal, a proporção de Ca:P na ração do equino adulto pode variar de 0,8:1 a 8:1. No entanto, devido à variação no teor e na disponibilidade do Ca e do P nos alimentos, este autor também não recomendou uma proporção de menos de 1:1 para qualquer equino e mais de 6:1 em equinos adultos.

Dessa forma, as dietas fornecidas nos diferentes tratamentos testados neste trabalho apresentaram relação Ca:P de acordo com as recomendações de Schryver, et al. (1971) e Lewis (2000).

Tabela 9: Taxa de recuperação fecal (TRF) pelo LIPE (%) (1), produção fecal (PF) (kg MS) e digestibilidade da matéria seca (%) (DMS) determinadas a partir do indicador LIPE[®] (1) e pela coleta total de fezes (2) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamento	TRF		PF		DMS	
	1	2	1	2	1	2
<i>In natura</i>	100,75	3,22	3,23	46,55	47,33	
24 horas hidrólise	90,00	3,20	3,59	65,69	61,83	
48 horas hidrólise	99,75	3,13	3,33	58,86	57,57	
72 horas hidrólise	82,75	3,11	3,93	69,68	62,83	
Médias	93,31	3,16	3,52	60,19	57,39	
CV (%)	21,05	16,02		13,34		

Não houve diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) para a taxa de recuperação fecal obtida pela LIPE[®] com valores variando de 82,75 a 100,00%, concordando com Lanzetta et al. (2009) que trabalharam com potras alimentadas com feno de alfafa e concentrado comercial na proporção de 50:50, em que a taxa média de recuperação fecal da LIPE[®] foi de 95,94%, sendo esta taxa semelhante ($P>0,05$) à coleta total de fezes. Figueiredo (2011) trabalhando com ovinos também observou semelhança na recuperação fecal da LIPE[®] (99,04%) em relação à coleta total de fezes. Dessa forma, pode-se afirmar que no presente experimento, o fornecimento da LIPE[®] em cápsulas garantiu a ingestão do indicador sem a ocorrência de perdas, além de ter ocorrido precisão na técnica analítica para a sua análise.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre a produção fecal obtida pela LIPE[®] e pela coleta total de fezes com médias de 3,16 e 3,52 kg de MS, respectivamente (tabela 9).

Lanzetta et al. (2009) trabalhando com potras e Figueiredo (2011) com ovinos também não observaram diferença ($P>0,05$) entre a produção fecal obtida com a LIPE[®] e com a coleta

total de fezes, sendo que os valores observados por Lanzetta et al. (2009) foram de 3,76 e 3,92 kg de MS, respectivamente.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre as digestibilidades da MS, PB, FB, FDN, FDA, HEM e CEL obtidas pela LIPE[®] e pela coleta total de fezes (tabela 9, 10 e 11).

Ferreira et al. (2009) trabalhando com bovinos e Lanzetta et al. (2009) com equinos também não observaram diferença ($P>0,05$), entre a LIPE[®] e a coleta total de fezes para a digestibilidade da MS, PB, FDN, FDA, HEM e CEL.

Tabela 10: Digestibilidade da proteína bruta (DPB), fibra bruta (DFB) e fibra insolúvel em detergente neutro (DFDN) em % determinadas a partir do indicador LIPE (1) e pela coleta total de fezes (2) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamento	DPB		DFB		DFDN	
	1	2	1	2	1	2
<i>In natura</i>	76,37	76,28	24,83	13,80	21,56	21,83
24 horas hidrólise	74,00	70,26	45,75	40,02	48,08	43,92
48 horas hidrólise	79,35	78,34	22,88	17,32	32,87	28,75
72 horas hidrólise	81,25	76,59	54,24	43,78	45,87	41,71
Médias	77,74	75,37	36,93	28,73	37,09	34,05
CV (%)	7,02		41,31		36,56	

Letras minúsculas distintas na coluna diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P<0,05$)

Tabela 11: Digestibilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (DFDA), hemiceluloses (DHEM) e celulose (DCEL) em % determinadas a partir do indicador LIPE (1) e pela coleta total de fezes (2) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamento	DFDA		DHEM		DCEL	
	1	2	1	2	1	2
<i>In natura</i>	22,02	17,10	33,93	34,97	23,49	19,68
24 horas hidrólise	46,56	40,84	56,44	51,52	45,05	39,17
48 horas hidrólise	21,65	19,78	40,80	39,21	23,24	21,36
72 horas hidrólise	49,35	38,13	57,39	47,87	46,23	33,98
Médias	34,89	28,86	47,14	43,39	34,50	28,19
CV	39,63		26,21		40,87	

Conclusões

O consumo de água dos animais que consumiram cana hidrolisada está de acordo com as recomendações para adultos consumindo dieta mista.

O consumo de matéria seca de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada está de acordo com as recomendações para a categoria animal.

A cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada por 72 horas proporcionou maior consumo e digestibilidade dos nutrientes, melhorando assim a qualidade nutricional da cana para ser utilizada como volumoso na dieta de equinos.

A digestibilidade dos nutrientes da dieta de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e concentrado pode ser determinada pela LIPE[®].

Referências bibliográficas

ARAÚJO, K.V., LIMA, J.A., TEIXEIRA, J.C. et al. Determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes de alguns concentrados e volumosos para equinos, pela técnica do saco de náilon móvel. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 25, n.5, p.944-956, 1996.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al.; Avaliação de períodos de coleta total de fezes para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos. *Ciências Agrotécnicas*, v.27, n.4, p.886-893, 2003.

Association of Official Analytical Chemistry. *Official methods of analysis*. 16th ed. AOAC International. Arlington. 1025 p. 1995.

BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D'ARCE, R. D. Cana-de-açúcar e seus subprodutos na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. (Coord.) *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, v. 2, p. 805-850, 1987.

CUDDEFORD, D.; PEARSON, R.A.; ARCHIBALD, R.F. et al. Digestibility and gastrointestinal transit time of diets containing different proportions of alfalfa and oat straw given to Thoroughbreds, Shetland ponies, Highland ponies and donkeys. *Animal Science*, v.61, p.407-417, 1995.

CYMBALUK, N.F. Water balance of horses fed various diets. *Equine Practice*, v.11, n.1, p.19-24, 1989.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, v. 6, p. 36-4, 2008.

FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.8, p.1568-1573, 2009.

- FIGUEIREDO, D.M., ARAÚJO, K.V., LIMA, J.A.F., et al. Valores de digestibilidade de alimentos volumosos para equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.4, p.766 - 772, 1999.
- FIGUEIREDO, M.R.P. *Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos*. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FONNESBECK, P.V. Consumption and excretion of water by horses receiving all hay and hay-grain diets. *Journal of Animal Science*, v.27, p. 1350-1356, 1968.
- FRAPE, D.L. *Equine nutrition and feeding*. Harlow: Longman Scientific Technical, 1992. 373p.
- FREITAS, A.W.P.; ROCHA, F.C.; ZONTA, A. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.11, p.1569-1574, 2008.
- GARCIA, J.A.S. *Substituição parcial do capim elefante (Pennisetum purpureum, Schum.) pela cana-de-açúcar (Sccharum officinarum, L.) na alimentação de equinos em fase de crescimento*. Viçosa, UFV, 1995. 54p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- HINTZ, H.F.; CYMBALUK, N.F. Nutrition of the horse. *Annual Review of Nutrition*, v.14, p.243-267, 1994.
- JACKSON, M.G. The alkali treatments of straws. *Animal Feed and Technology*, v.2, n.2, p.105-130, 1977.
- LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S. et al. Validação do Lipe[®] como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos. *Rev. Bras. Zootec.* v.38, n.1, p. 69-74, 2009.
- LEWIS, L.D. *Nutrição clínica equina*. São Paulo: Roca, 2000. 710p.
- MCDONNELL, S.M.; KRISTULA, M.A. No effect of drinking water temperature (ambient vs. chilled) on consumption of water during hot summer weather in ponies. *Applied Animal Behavior Science*, v. 41, p.155-160, 1996.
- MOTA, D. A. *Diferentes tipos de cales na hidrólise da cana-de-açúcar in natura IAC 86-2480*. 2008. 54f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Jaboticabal, 2008.
- MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N.; et al. Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.6, p.1186-1190, 2010.
- MOURA, R.S. DE; SALIBA, E.O.S.; ALMEIDA, F.Q.; et al. Digestibilidade aparente de dietas con probióticos o fitasa para potros Mangalarga Marchador. *Archivos Zootecnia*, v. 60, n. 230, p. 193-203. 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrients requirements of domestic horses*. 5.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1989. 100p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrients requirements of domestic horses*. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 2007. 341p.
- NYMAN, S.; DAHLBORN, K. Effect of water supply method and flow rate on drinking behavior and fluid balance in horses. *Physiologic Behavior*, v.73, p.1-8, 2000.
- OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; et al. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, *in natura* e ensilada para bovinos. *Ciência animal brasileira*, v.8, n.1, p, 41-50, 2007.
- PANCOTI, C. G.; BORGES, A. L. C. C.; LOPES, F. C. F.; et al. Comportamento ingestivo de novilhas recebendo dietas contendo cana-de-açúcar tratadas ou não com óxido de cálcio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.1, n.2, p.67-72, 2011.
- PEARSON, R.A.; MERRIT, J.B. Intake, digestion and gastrointestinal transit in resting donkeys and ponies and exercised donkeys given *ad libitum* hay and straw diets. *Equine Veterinary Journal*, v.23, n.5, p.339-343, 1991.
- PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. Digestibilidade aparente em equinos alimentados com capim elefante (*Penisetum purpureum*, Schum) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em diversas combinações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 1, p. 105-110, 1997.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. *Animal nutrition and feeding*. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 615p.
- REZENDE, A.S.C.; MAURÍCIO, R.M.; CARVALHO, W.T.V. et al. Aerobic stability of sugar cane *in natura* hydrolysed with calcium oxide to be used in equine diets. *Forages and grazing in horse nutrition*. v. 132, p. 271-274, 2012.
- RIBEIRO, L.B.; ARRUDA, A.M.V.; PEREIRA, E.S.; et al. avaliação do consumo de nutrientes e água por equinos alimentados com dietas contendo diferentes subprodutos agroindustriais. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul*, v.16, n.1, p. 120-133. 2009.
- SALIBA, E.O.S. (Coord.). Mini curso sobre o uso de indicadores. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005a. p. 34-35.
- SALIBA, E.O.S. Uso de indicadores: passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. Escola de Veterinária / UFMG, 2005b. p. 04-22.
- SCHRYVER, H.F.; HITZ, H.F.; CRAIG, P.H. Phosphorus metabolism in ponies fed varying levels of phosphorus. *Journal Nutritional*, v. 101, p. 1257-1263, 1971.
- VASCONCELLOS, C.H.F. *Lignina purificada e modificada (Lipe[®]), óxido crômico e coleta total de excretas, como métodos de determinação da digestibilidade em frangos de corte*. 2004. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Cornell University Press. Constock Publish, 1994. 476 p.

CAPÍTULO V - COMPORTAMENTO DE EQUINOS ADULTOS ESTABULADOS E ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS

Resumo: Os fenos são os principais volumosos conservados utilizados na formulação de dietas destinadas aos equinos, e principalmente, para os animais estabulados, sendo escassos os trabalhos estudando os efeitos dos volumosos tropicais no comportamento dos animais estabulados, especialmente em relação à utilização da cana-de-açúcar na dieta de equinos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de equinos estabulados ao longo de um mês, durante ensaio de metabolismo, em que foram alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio em três tempos de armazenamento e determinar a frequência de desvios do comportamento nessa situação. Foram utilizados quatro tratamentos: cana-de-açúcar *in natura* e cana hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio na matéria natural e armazenada durante 24, 48 e 72 horas. Equinos machos (16), castrados, sem raça definida, com idade variando de seis a 13 anos e com peso médio de 372 a 407 kg foram mantidos em baias individuais. Os animais receberam sal, água e cana-de-açúcar como volumoso, fornecidos à vontade. Para balanceamento da relação Ca:P e PB:ED os animais foram suplementados com 1kg de farelo de trigo e 1 kg de farelo de soja. O experimento teve a duração de 30 dias e foram realizadas observações visuais do comportamento de cada animal: ócio, deitado, alimentando-se, comendo sal, ingerindo água, defecando, urinando, dormindo, andando, distúrbios de comportamento (coprofagia, mordendo a baia, aerofagia), contato com o cavalo vizinho ou outra atitude. Para mensuração do comportamento os animais foram submetidos à observação visual por 24 horas, a cada 10 minutos, durante cinco dias, com intervalos de sete dias entre cada período de 24 horas de observação. O comportamento mais observado foi o ócio. O tempo médio em que os cavalos permaneceram em alimentação foi de 8 horas e 15 minutos. Não houve diferença entre os tratamentos em nenhum dos comportamentos fisiológicos avaliados (deitar, comer sal, ingerir água, defecar, urinar, andar, coprofagia, morder a baia, aerofagia e outros) e não foi observada a ocorrência de nenhum distúrbio de comportamento durante todo o período experimental. Os resultados indicam que a estabulação por 30 dias, o manejo e o volumoso foram adequados à categoria animal. A cana-de-açúcar, utilizada como volumoso único, *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio e armazenada por até três dias não causam distúrbios de comportamento em equinos.

Palavras chave: dieta, estereotipia, volumoso

Abstract: Hays are the main conserved roughages used in feed formulation intended for horses, and especially for stabled animals, with few studies studying the effects of tropical forages in the behavior of stabled animals, especially regarding the use of the cane sugar in the diet of horses. The objective of this study was to evaluate the behavior of stabled horses over a month during the metabolism trial, they were fed sugar cane *in natura* or hydrolyzed with calcium oxide in three storage times and determine if frequency of the behavior in this situation. Sugar Cane *in natura* and hydrolyzed with 0.5 % of calcium oxide *in natural* matter and stored for 24, 48 and 72 hours: four treatments were used. Equine males (16), castrated, mongrel, aged six to 13 years and a mean weight 372-407 kg, were kept in individual pens. The animals received water, salt and sugar cane as forage supplied at ease. To balance the Ca: P ratio and PB: ED animals were supplemented with 1 kg of wheat bran and 1 kg of soybean meal. The experiment lasted 30 days and visual observations of the behavior of each animal were performed: idleness, lying, feeding, eating salt, ingesting water, defecating, urinating, sleeping, walking, behavioral disorders (coprophagia, biting the bay, aerophagia), contact with the neighboring horse or other action. To measure the behavior of the animals were subjected to visual observation for 24 hours, every 10 minutes for five days, with intervals of seven days between each 24 hour period of observation. The most observed behavior was idleness. The average time that the horses remained in power was 8 hours and 15 minutes. There was no difference between treatments in any of the studied physiological behaviors (bedtime, eat salt, drink water, defecating, urinating, walking, coprophagia, bite the bay, belching and others) rather than the occurrence of any behavioral disorder was observed throughout the experimental period. The results indicate that housing for 30 days, management and forage were adequate for animal category. The cane sugar, used as forage single, fresh or hydrolyzed with calcium oxide and stored for up to three days do not cause behavior disorders in horses.

Keywords: diet, stereotyping, roughage

Introdução

Os equinos são herbívoros e a necessidade de utilização de volumosos de qualidade na dieta destes é importante para prevenir distúrbios digestivos, mantendo no intestino grosso desses a população microbiana desejável. A fibra também proporciona aos equinos o efeito psicológico da saciedade e produção de β - endorfinas durante os movimentos de mastigação (Braga et al., 2008).

Além disso, a carência de alimentos volumosos na dieta desses pode levar a desvios comportamentais (Davidson & Harris, 2002; NRC, 2007).

A necessidade do confinamento em cocheiras, devido à escassez de pastagens no período seco ou devido à necessidade de proteção do animal e rotina dos treinamentos dos cavalos para esporte, principalmente nos centros hípicas vem sendo motivo de estudo com o objetivo de propiciar aos animais melhores condições de alimentação, nutrição, saúde física e mental e, conseqüentemente, bem-estar.

O manejo alimentar de cavalos estabulados, que geralmente recebem grandes quantidades de alimento concentrado, tem importante influência sobre o seu comportamento geral. Se a quantidade de alimentos volumosos oferecida aos animais é insuficiente, os indicadores de saciedade podem não ser ativados e os cavalos permanecem com alta motivação à procura de alimentos (McGreevy et al., 1995; Johnson et al., 1998).

Os fenos de gramíneas ou de leguminosas são os principais volumosos conservados utilizados na formulação de dietas destinadas aos equinos, e principalmente, para os animais estabulados. Ainda são poucos os estudos a respeito da variabilidade alimentar de volumosos destinados a cavalos estabulados no que diz respeito à forma apresentada ou à espécie (Dittrich et al., 2010).

No entanto, pesquisas vêm sendo desenvolvidas na busca de alternativas como silagens, pré-secados ou mesmo subprodutos da indústria como exemplo, a polpa cítrica e casca de soja (Manzano et al.; 1999; Muhonen et al., 2009; Quadros et al., 2004).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) tem sido comumente utilizada no Brasil como volumoso (Ribeiro et al., 2009) no manejo nutricional dos equinos durante o período de escassez de pastagens. Sua utilização como volumoso na dieta de equinos ocorre por ser bem aceita pela espécie e por apresentar melhor valor nutricional no período seco do ano, devido ao seu acúmulo de sacarose (Bendahan et al., 2009).

No entanto, a utilização da cana-de-açúcar como forrageira na dieta de equinos apresenta como inconveniente a necessidade de corte diário. Isto ocorre porque, quando esta é cortada e armazenada, pode ocorrer fermentação do material, o que pode predispor os animais a distúrbios do aparelho digestivo, podendo levá-los a óbito.

Como alternativa para a colheita diária da cana-de-açúcar no manejo alimentar de bovinos foram desenvolvidas pesquisas com a cana picada e hidrolisada por meio do hidróxido de sódio, óxido de cálcio e do hidróxido de cálcio como agentes alcalinizantes, visando o seu armazenamento mais eficiente e minimização da mão de obra (Faria et al., 2000; Domingues et al., 2011).

Porém são escassos os trabalhos estudando os efeitos dos volumosos tropicais no comportamento dos animais estabulados, principalmente em relação à utilização da cana-de-açúcar na dieta de equinos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de equinos estabulados ao longo de um mês, durante ensaio de metabolismo, no qual estes foram alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio em três tempos de armazenamento e determinar se ocorrem alterações do comportamento.

Material e métodos

O local, os animais, as instalações, o manejo, a dieta, e os tratamentos foram os mesmos descritos no capítulo IV.

As baias apresentavam dimensões de 4m x 3m e eram abertas possibilitando aos animais a visualização e o contato com o animal da baia vizinha, além da visualização das atividades realizadas nas proximidades das instalações.

O experimento teve a duração de 30 dias e foram realizadas observações visuais do comportamento de cada animal: ócio, deitado, alimentando-se, comendo sal, ingerindo água, defecando, urinando, dormindo, andando, distúrbios de comportamento (coprofagia, mordendo a baia, aerofagia), contato com o cavalo vizinho ou outra atitude (Rezende et al., 2006a). Para mensuração do comportamento os animais foram submetidos à observação visual por 24 horas por cinco dias com intervalos de sete dias entre cada período de 24 horas de observação. Sendo que, o dia 1 correspondia ao primeiro dia de estabulação e o dia 5 o 30º dia de estabulação. Os animais foram então monitorados por 24 horas, quando o seu comportamento foram anotados a cada 10 minutos. O tempo diário total de cada comportamento foi o somatório do total de minutos nos quais os animais foram observados em determinada atitude, segundo metodologia adaptada de Hodgson (1985).

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas sendo as parcelas os quatro tratamentos (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada nos tempos de 24, 48 e 72 horas) com quatro repetições e as subparcelas foram as cinco coletas de análise de comportamento. As subparcelas contêm os valores da soma de tempo de cada variável observada.

A análise dos dados do tempo de alimentação, tempo de ócio e tempo dormindo foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste SNK ($p < 0,05$)

através do Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados - SISVAR^{®14} (Ferreira, 2008).

Para os parâmetros deitado, comendo sal, ingerindo água, defecando, urinando, andando, coprofagia, mordendo a baia, aerofagia e outros (qualquer contato com o cavalo vizinho ou outra atitude) foi realizada a média (minutos) do tempo dos cinco dias de observação em que os animais permaneceram realizando cada atividade, pois alguns dias apresentaram ocorrência zero de alguns parâmetros. Para todos estes parâmetros utilizou-se a análise não paramétrica e teste Kruskal-Wallis para comparação das médias através do programa InStat¹⁵.

Resultados e discussão

Durante o período experimental a temperatura e umidade relativa do ar variaram de 3,5 a 29,3°C e de 24 a 89%, respectivamente.

Foram realizadas 144 observações por animal a cada 24 horas totalizando 720 observações durante os cinco dias.

Houve diferença ($p < 0,05$) no tempo de ócio dos equinos entre as cinco observações do comportamento, sendo que no primeiro, segundo e quinto dias o tempo de ócio foi superior ao tempo observado no terceiro e quarto dia (Tabela 1).

O comportamento mais observado em todos os tratamentos e durante os cinco dias de observação foi o ócio. Este foi caracterizado como sendo o momento em que o animal apresentava-se de pé, sem realizar nenhuma atividade. Dessa forma, é importante o conhecimento da distribuição das atividades dos equinos, como o tempo das atividades de alimentação e também o tempo total em que o animal permanece em ócio, sendo informações que devem ser conhecidas para a confirmação do bem estar dos equinos estabulados. Além disso, o conhecimento destes fatores é importante para sugerir práticas alimentares visando aproximar-se ao máximo, ao comportamento alimentar apresentado pelo animal na natureza (Ribeiro et al ., 2009).

¹⁴ Versão 5.0

¹⁵ Versão 3.06

Tabela 1: Tempo (minutos) de ócio, alimentando e dormindo de equinos estabulados e alimentados com cana-de-açúcar *in natura* (I) e hidrolisada e armazenada nos tempos de 24 (II), 48 (III) e 72 (IV) horas, observados por cinco dias, durante 24 horas, com intervalos de sete dias entre cada período de observação

Comportamento	Trat.	Dias de observação					CV%
		1	2	3	4	5	
Ócio	I	745,0	697,5	642,5	617,5	735,0	13,1
	II	710,0	640,0	560,0	582,5	662,5	
	III	552,5	650,0	540,0	577,5	635,0	
	IV	642,5	690,0	590,0	557,5	672,5	
Média dias		662,5 ^A	669,4 ^A	583,1 ^B	583,8 ^B	676,3 ^A	
Alimentando	I	565,0	505,0	462,5	520,0	410,0	17,1
	II	452,5	490,0	537,5	520,0	505,0	
	III	522,5	497,5	500,0	497,5	447,5	
	IV	485,0	492,5	512,5	550,0	417,5	
Dormindo	I	145,0	102,5	165,0	160,0	57,5	37,2
	II	172,5	155,0	205,0	205,0	142,5	
	III	232,5	187,5	287,5	240,0	205,0	
	IV	212,5	155,0	215,0	217,5	180,0	
Média dias		190,6 ^{AB}	150,0 ^B	218,1 ^A	205,6 ^{AB}	146,3 ^B	

Trat.: tratamentos

Letras distintas diferem entre as semanas pelo teste SNK ($P < 0,05$)

O tempo total em que os animais dos quatro tratamentos permaneciam em ócio variou de 40 a 47% do dia, sendo este valor semelhante ao encontrado por Rezende et al. (2006b) que trabalharam com cavalos da raça Bretã e Pecheron estabulados e observaram que estes animais passaram, respectivamente, 51,84 e 44,09% do dia parados, sem qualquer atividade.

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos e entre os cinco dias de observação no tempo de alimentação dos equinos (tabela 1). Portanto, o tempo de alimentação não foi influenciado pelo consumo de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada nos tempos de 24, 48 e 72 horas e nem pelo tempo de estabulação nas cinco semanas avaliadas.

O tempo médio em que os cavalos permaneceram em alimentação foi de 8 horas e 15 minutos (33,95% do dia). Este tempo é inferior ao descrito por Santos et al. (2006) que observaram que os equinos permaneceram em torno de 14 horas em pastejo de grama batatais (*Paspalum notatum*) e braquiária (*Brachiaria decumbens*). No entanto, o tempo médio de consumo observado neste trabalho foi maior do que o observado por Rezende et al. (2006a)

ao trabalharem com cavalos mestiços estabulados e alimentados com concentrado e feno, os quais permaneceram em média duas horas por dia se alimentando.

O tempo médio de alimentação deste experimento também foi superior ao observado no trabalho de Rezende et al. (2006b) no qual os cavalos alimentados com concentrado e feno e estabulados passaram, relativamente pouco tempo comendo e bebendo, com valores de 2,1 horas (9,10% do dia) e 1,6 (6,77% do dia), respectivamente para a raça Bretã e Pecheron. Os autores explicaram este comportamento pelo fato dos cavalos estabulados quando não têm acesso irrestrito à comida (volumoso ou concentrado), tendem a consumir de forma rápida toda a refeição.

Segundo Meyer (1995) os equinos ingerem a forragem em pequenas e frequentes porções, durante o dia e à noite, ocupando, diariamente, de 12 a 18 horas em pastejo. Os períodos de pastejo duram de 2 a 3 horas, interrompidos por períodos de descanso, locomoção e atividades sociais. Então, pode-se sugerir que, pelo fato dos animais estarem estabulados, o tempo médio de alimentação (8 horas e 15 minutos) foi próximo ao descrito por Meyer (1995).

Não houve diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) no tempo em que os equinos permaneceram dormindo, mas houve diferença ($P<0,05$) no tempo em que os equinos permaneceram dormindo entre os cinco dias de observação. No segundo e quinto dias os animais permaneceram dormindo por um tempo menor ($P<0,05$) do que no terceiro dia. O tempo em que os animais permaneceram dormindo no primeiro dia não diferiu ($P>0,05$) dos demais dias de observação (tabela 1). Sendo assim, o tempo de estabulação não influenciou o tempo em que os animais permaneceram dormindo, podendo-se afirmar que a estabulação não causou estresse aos animais.

Na tabela 2 observa-se que não houve diferença entre os tratamentos em nenhum dos parâmetros avaliados (deitados, comendo sal, ingerindo água, defecando, urinando, andando, coprofagia, mordendo a baia, aerofagia e outros). Dessa forma, a hidrólise e o armazenamento da cana-de-açúcar não interferiram em comportamentos fisiológicos, como por exemplo, defecar e urinar, assim como também não provocaram estresse que fizesse com que os animais apresentassem estereotípias.

Tabela 2: Média (minutos) dos cinco dias de observação do tempo em que os animais permaneceram deitados, comendo sal, ingerindo água, defecando, urinando, andando, coprofagia, mordendo a baia, aerofagia e outros, quando estabilados e alimentados com cana-de-açúcar *in natura* (I) e hidrolisada e armazenada nos tempos de 24 (II), 48 (III) e 72 (IV) horas

Parâmetros	Tratamentos				Valor P
	I	II	III	IV	
Deitado	35,00	30,00	25,00	35,00	0,8914
Sal	10,00	0,00	25,00	20,00	0,1991
Água	15,00	15,00	10,00	10,00	0,9054
Defecando	10,00	10,00	5,00	0,00	0,2172
Urinando	5,00	0,00	0,00	0,00	0,4753
Andando	10,00	15,00	15,00	20,00	0,4833
Coprofagia	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Mordendo baia	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Aerofagia	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Outros	45,00	20,00	10,00	15,00	0,1831

Em alguns parâmetros (comendo sal, defecando e urinando) não foram observadas nenhuma ocorrência em determinados tratamentos (II, III e IV), no entanto, isto não significa que este comportamento não tenha ocorrido, como por exemplo, defecando. Fisiologicamente isto não é possível. O que acontece neste tipo de experimento é que no momento da observação o animal não realizou determinada atitude (tabela 2).

No trabalho de Rezende et al., (2006a) que estudaram o comportamento de cavalos de quatro raças estabilados, o tempo médio em que os animais permaneceram deitados foi de 1% a 8,66% do tempo, já em pé este tempo foi de 65 a 73% do tempo diário, o que, segundo os autores demonstra uma brusca mudança de comportamento imposta pelo confinamento. Já no presente trabalho os animais que consumiram cana *in natura* permaneceram deitados, em média, 2,7% do dia (40 minutos), aqueles que consumiram cana hidrolisada por 24 horas 1,8% (26 minutos), os que consumiram cana hidrolisada por 48 horas 2,5% (36 minutos) e os animais que consumiram cana hidrolisada por 72 horas 3,6% (53 minutos).

Sendo assim, o pequeno tempo em que os animais permaneceram deitados durante o período de observação é explicado por Rezende et al. (2006b) os quais afirmaram que os cavalos, de um modo geral, são animais que passam relativamente pouco tempo deitados, mesmo quando estão em liberdade e, menos tempo ainda, quando estão estabilados.

Já em relação aos distúrbios de comportamento (estereotípias) como a coprofagia, morder a baia ou a aerofagia, não foram observados em nenhum tratamento durante todo o período experimental.

Grandes períodos sem a realização de nenhuma atividade (ócio) para equinos estabulados pode não ser adequado, pois segundo Rezende et al. (2006a) a manutenção dos cavalos em cocheiras por longos períodos priva-os de adequada movimentação na busca de alimentos, das relações sociais com outros animais e, conseqüentemente, a maior parte do tempo os animais permanecem em pé e com atitudes comportamentais inadequadas.

No entanto, a ocorrência de distúrbios comportamentais não foi observada neste trabalho, possivelmente, porque as baias permitiam o contato entre os animais e por estes terem sido soltos juntos durante duas horas diárias. Esta suposição é corroborada por McGreevy, et al. (1995) os quais afirmaram que cavalos criados em baias com contato visual mínimo, tendem a apresentar maior incidência de vícios, diferentemente dos animais criados em baias cujo contato visual com outros animais e seres humanos é maior.

Segundo Willard et al. (1977) a composição da dieta (relação volumoso/concentrado) é outro fator importante a afetar o comportamento dos equinos. Animais alimentados com feno passam mais tempo procurando e comendo o alimento, o que reduz o tempo ocioso utilizado para mastigar madeira, realizar coprofagia em relação aos animais alimentados com concentrado e com pouca disponibilidade de volumoso. Como no presente trabalho a relação concentrado/volumoso foi de 20/80 e o volumoso esteve à vontade para os animais durante todo o tempo, pode-se então, explicar o fato dos animais não terem apresentado distúrbios de comportamento.

Conclusões

O comportamento apresentado pelos cavalos deste experimento indica que a estabulação, manejo e o volumoso utilizados durante trinta dias não predisuseram distúrbios de comportamento.

A cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio e armazenada por até três dias utilizada como volumoso único não provoca distúrbios de comportamento em equinos.

Referências bibliográficas

- BENDAHAN, A.B.; COSTA, N.L.; BRAGA, R.M. et al. Potencial de utilização da cana-de-açúcar para alimentação animal nos cerrados de Roraima. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 4, n. 8, p. 175-182, 2009.
- BRAGA, A.C.; ARAÚJO, K.V.; LEITE, G.G. Níveis de fibra em detergente neutro em dietas para equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.11, p.1965-1972, 2008.
- DAVIDSON, N.; HARRIS, P. Nutrition and welfare. In: __ *The welfare of horse*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. v.1, p.45-76.
- DITTRICH, J.R. MELO, H.A.; AFONSO, A.M.C.F. et al. Comportamento ingestivo de equinos e a relação com o aproveitamento das forragens e bem-estar dos animais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.130-137, 2010.
- DOMINGUES, J.L. Uso de volumosos conservados na alimentação de equinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. *Anais...* Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009. p.259-269.
- FARIA, A.E.L.; OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J. C. Composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos e condições de armazenamento. *Ars Veterinária*, v.16, n.3, p.220-226, 2000.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, v. 6, p. 36-41 , 2008.
- JOHNSON, K.G.; TYRREL, J.; ROWE, J. B.; et al. Behavioural changes in stabled horses given nontherapeutic levels of virginiamycin. *Equine Veterinary Journal*, v. 30, n. 2, p. 139-143, 1998.
- HODGSON, J. Ingestive behaviour. In: LEAVER, J.D. (Ed). *Herbage intake handbook*. The British Grassland Society, 1985. p.113-138.
- MANZANO, A.; FREITAS, A.R.; ESTEVES, S.N.E. Polpa de citros peletizada na alimentação de equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p.1327-1332, 1999.
- MCGREEVY, P.; CRIPPS, P.J.; FRENCH, N.P. et al. Management factors associated with stereotypic and redirected behavior in Thoroughbred horse. *Equine Veterinary Journal*, v.27, n.2, p.86-91, 1995.
- MEYER, H. *Alimentação de cavalos*. São Paulo: Varela, 1995. 303p.
- MUHONEN, S.; CONNYSSON, M.; LINDBERG, J.E.; et al. Effects of crude protein intake from grass silage-only diets on the equine colon ecosystem after an abrupt feed change. *Journal of Animal Science*, n. 86, p, 3465–3472, 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrients requirements of domestic horses*. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 2007. 341p.
- QUADROS, J.B.Q.; FURTADO, C.E.; BARBOSA, E.D. et al. Digestibilidade aparente e desenvolvimento de equinos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes

níveis de substituição do feno de Tifton 85 pela casca de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.3, p.564-574, 2004.

REZENDE, M.J.M.; McMANUS, C.; MARTINS, R.D. et al. Comportamento de cavalos estabulados do exército brasileiro em Brasília. *Ciência Animal Brasileira*, v.7, n.1, p.17-25, 2006a.

REZENDE, M.J.M.; McMANUS, C.; MARTINS, R.D. et al. Comportamento de cavalos das raças bretã e percheron estabulados. *Ciência Animal Brasileira*, v. 7, n. 1, p. 17-25, 2006b.

RIBEIRO, L.B.; FURTADO, C.E.; TONELLO, C.L. et al. Comportamento e distúrbios alimentares em equinos durante ensaio de metabolismo recebendo volumosos com diferente qualidade nutricional acrescido de probiótico (*saccharomyces cerevisiae*). *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia*, v.16, n.1, p. 134-143. 2009.

SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; PARENTE, H.N.; et al. Comportamento ingestivo de eqüinos em pastagens de grama batatais (*Paspalum notatum*) e braquiárinha (*Brachiaria decumbens*) na região centro-oeste do Brasil. *Ciência Rural*, v.36, n.5, p.1565-1569, 2006.

WILLARD, J.G.; WILLARD, J.C.; WOLFRAM, S.A. Effect of diet on cecal pH and feeding behavior of horses. *Journal of Animal Science*, v. 45, n. 1, p. 87-93, 1977.

**CAPÍTULO VI – PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E CARACTERÍSTICAS FECAIS
DE EQUINOS ADUTOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA*
OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM
DIFERENTES TEMPOS**

Resumo: Distúrbios gastrointestinais são os principais problemas clínicos em equinos, sendo que as características das fezes são indicativas do funcionamento do trato gastrointestinal. A frequência cardíaca, temperatura retal, cor das mucosas e tempo de reperfusão capilar também têm sido correlacionados com a ocorrência e a severidade dos distúrbios digestivos. O objetivo deste trabalho é verificar os parâmetros fisiológicos e as características fecais de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio e armazenada em diferentes tempos. Foram utilizados quatro tratamentos: cana-de-açúcar *in natura* e cana hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio na matéria natural e armazenada durante 24, 48 e 72 horas. Equinos machos (16), castrados, sem raça definida, com idade variando de seis a 13 anos e com peso médio de 372 a 407 kg foram mantidos em baias individuais. Os animais receberam sal e água à vontade e o volumoso foi a cana-de-açúcar, também fornecida à vontade. Para balanceamento da relação Ca:P e PB:ED os animais foram suplementados com 1kg de farelo de trigo e 1 kg de farelo de soja. O experimento teve duração de 30 dias e foi realizado diariamente em dois períodos, manhã (antes do fornecimento do volumoso) e tarde (após o fornecimento do volumoso). O exame dos parâmetros fisiológicos dos animais (temperatura retal, frequência cardíaca, frequência respiratória, tempo de reperfusão capilar e avaliação da coloração da mucosa oral). Diariamente, e sempre no mesmo horário (antes do fornecimento do volumoso), as características das fezes dos animais foram analisadas em relação à consistência e cor. Também foram determinados a matéria seca e o pH fecal nos tempos zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana de consumo de cana. Durante o período experimental a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar variaram de 3,5 a 29,3°C e de 24 a 89%, respectivamente. O turno da manhã apresentou temperatura menor (11,95°C) e umidade relativa do ar maior (76,5%) em relação ao turno da tarde (26,15°C e 32,5%, respectivamente). Não se observou diferença ($P>0,05$) para a frequência cardíaca (FC) entre os tratamentos e entre os turnos, sendo que a média variou de 33,97 a 39,27 batimentos por minuto. Também não se observou diferença ($P>0,05$) para a frequência respiratória (FR) entre os tratamentos com as médias variando de 12,25 a 17,57 movimentos por minuto. Houve diferença na FR ($P<0,05$) entre os turnos para

os tratamentos cana *in natura* e 72 horas hidrólise, sendo que no turno da tarde observaram-se os maiores valores. Não se observou diferença ($P>0,05$) para a temperatura retal (TR) entre os tratamentos e entre os turnos manhã e tarde. A média da temperatura retal observada variou de 37,18 a 38,26°C. Os valores de FC, FR e TR observados estão dentro dos limites normais para a espécie. A coloração das mucosas (rosadas) e o tempo de reperfusão capilar (1-2 segundos) apresentaram-se como normais, em todos os tratamentos nos dois turnos (manhã e tarde). Para as características físicas das fezes de cor e consistência, 100% das fezes apresentaram-se esverdeadas, 78,23% de consistência normal e 21,77% com consistência tipo ruminante, evidenciando-se que não houve alteração deletéria no intestino grosso dos animais. Não se observou diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos e observou-se diferença ($P<0,05$) entre as semanas para os valores médios de pH das fezes. O pH do tempo zero (6,97) foi inferior ($p<0,05$) ao pH da 3ª (7,67) e 4ª semanas (7,40) e semelhante ao pH da 1ª (7,26) e 2ª (7,20) semanas de consumo de cana. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos, no entanto observou-se diferença ($P<0,05$) entre as semanas para os teores de matéria seca (MS) das fezes. O tempo zero apresentou teor de MS superior ($P<0,05$) à 4ª semana e semelhante ($P>0,05$) às demais semanas de consumo de cana. Os teores de MS das fezes observados variaram de 15,56 a 17,70%. Não houve alteração dos parâmetros fisiológicos e das características físico-químicas das fezes dos animais ao consumirem por 30 dias cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas, indicando que estes animais permaneceram saudáveis e foi mantida a saúde do trato digestório.

Palavras chaves: frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura retal

Abstract: Gastrointestinal disorders are major clinical problems in horses, and the characteristics of the feces is indicative of the functioning of the gastrointestinal tract. Heart rate, rectal temperature, color of mucous membranes and capillary refill time have also been correlated with the occurrence and severity of digestive disorders. The objective of this work is to verify the physiological parameters and fecal characteristics of horses fed cane sugar fresh or hydrolyzed with calcium oxide and stored at different times. Cane sugar cane raw and hydrolyzed with 0.5 % of calcium oxide in natural matter and stored for 24, 48 and 72 hours: four treatments were used. Equine males (16), castrated, mongrel, aged six to 13 years and a mean weight 372-407 kg, were kept in individual pens. The animals received salt water is comfortable and roughage was cane sugar, also provided *ad libitum*. To balance the Ca:P ratio and PB:ED animals were supplemented with 1 kg of wheat bran and 1 kg of soybean meal. The experiment lasted 30 days and was performed daily for two periods, morning (before

providing roughage) and late (after providing roughage) examination of the physiological parameters of the animals (rectal temperature, heart rate, respiratory rate, time reperfusion hair coloring and evaluation of the oral mucosa). Daily, and always at the same time (before supply of roughage), the characteristics of the animal feces were analyzed for consistency and color. We also determined the dry matter and fecal pH at zero, 1st, 2nd, 3rd and 4th week of consumption of cane times. During the experimental period the ambient temperature and relative humidity ranged from 3.5 to 29.3°C and 24-89 %, respectively. The morning shift showed lower temperature (11.95°C) and relative humidity of the air higher (76.5 %) compared to the afternoon (26.15 ° C and 32.5 %, respectively). No difference ($P > 0.05$) for heart rate (HR) between treatments and between shifts was observed, and the average ranged from 33.97 to 39.27 beats per minute. No difference ($P > 0.05$) for respiratory rate (RR) between treatments with averages ranging from 12.25 to 17.57 strokes per minute was observed. Was no difference in RR ($P < 0.05$) between shifts for sugarcane treatments in nature and 72 hours hydrolysis, and in the afternoon we observed the highest values. No difference ($P > 0.05$) for rectal temperature (RT) between treatments and between the morning and afternoon shifts was observed. The mean observed rectal temperature ranged from 37.18 to 38.26°C. The HR, FR and TR observed are within normal limits for the species. The mucosal color (pink) and capillary refill time (1-2 seconds) were presented as normal in all treatments in two shifts (morning and afternoon). For the physical characteristics of the color and consistency of faeces, 100 % of stools were presented greenish normal consistency of 78.23 % and 21.77 % for ruminant -like consistency, evidencing that no deleterious changes in the large intestine of animals. No difference ($P > 0.05$) between treatments was observed and a difference was observed ($P < 0.05$) between weeks for the mean values of fecal pH. The pH of time zero (6.97) was lower ($p < 0.05$) from the 3rd to the pH (7.67) and 4 weeks (7.40) and pH similar to the 1st (7.26) and 2nd (7.20) weeks of consumption of sugar. There was no difference ($P > 0.05$) between treatments, however a difference was observed ($P < 0.05$) between weeks for dry matter (DM) of stool. Zero time showed higher DM content ($P < 0.05$) at week 4 and a similar ($P > 0.05$) the remaining weeks of consumption of cane. The DM contents of feces observed ranged from 15.56 to 17.70 %. There was no change in physiological parameters and the physicochemical characteristics of the feces of animals to consume for 30 days sugar cane *in natura* or hydrolyzed and stored for 24, 48 or 72 hours, indicating that these animals remained healthy and maintained at health of the digestive tract.

Key-words: heart rate, respiratory rate, rectal temperature

Introdução

Distúrbios gastrointestinais são os principais problemas clínicos em equinos e, dentre eles, a cólica (Baker & Ellis, 1981). Segundo Berg et al. (2005) a manutenção da saúde do intestino grosso de equinos é essencial para prevenir problemas como cólicas e laminites.

As características das fezes são indicativas do funcionamento do trato gastrointestinal e há poucas informações na literatura relacionando as características das fezes com o manejo alimentar dos equinos. Meyer (1995) relatou que a defecação regular, a consistência, a forma e o cheiro das fezes são critérios importantes para a avaliação do funcionamento do trato digestivo dos equinos e não devem ser ignorados na avaliação do bem-estar dos equinos e quando são feitas alterações na dieta.

A avaliação da consistência e cor das fezes é útil para a avaliação da ocorrência de distúrbios gastrointestinais sendo características subjetivas que podem ser influenciadas pela dieta, em especial o volumoso ou ingrediente fermentecíveis (Kabe, 2013).

A mensuração do pH fecal é um método satisfatório e não invasivo de quantificação indireta do pH do intestino grosso (Richards, et al. 2006) e deve ser avaliado em conjunto com outras características físico-químicas das fezes de equinos, possibilitando o diagnóstico de distúrbios gastrointestinais nos animais (Kabe, 2013).

Além das características fecais, a frequência cardíaca, temperatura retal, cor das mucosas e tempo de reperfusão capilar têm sido correlacionadas com a severidade da cólica (Thoefner et al., 2000; Singer & Smith, 2002).

O objetivo deste trabalho é verificar os parâmetros fisiológicos e as características fecais de equinos recebendo como única fonte de volumoso a cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio e armazenada em diferentes tempos.

Material e métodos

O local, os animais, as instalações, o manejo, a dieta, e os tratamentos foram os mesmos descritos no capítulo IV.

O experimento teve a duração de 30 dias e foi realizado diariamente pela manhã (antes do fornecimento do volumoso) e a tarde (após o fornecimento do volumoso) o exame dos parâmetros fisiológicos dos animais.

Os animais foram examinados clinicamente, através da avaliação dos seguintes parâmetros fisiológicos: temperatura retal, frequência cardíaca, frequência respiratória, tempo de reperfusão capilar e avaliação da coloração da mucosa oral.

A temperatura retal foi mensurada com termômetro clínico veterinário e a frequência respiratória através de estetoscópio veterinário, auscultando-se por 15 segundos e o resultado foi multiplicado por quatro, obtendo-se assim a frequência em um minuto. A frequência respiratória foi mensurada por meio da observação visual, por 15 segundos, da movimentação abdominal na região da última costela, e o resultado foi multiplicado por quatro, obtendo-se assim a frequência em um minuto.

Avaliação da mucosa oral foi feita segundo metodologia descrita por Gonçalves et al. (2006) que preconizaram a classificação da coloração das mucosas em rosadas, vermelhas, roxas ou pálidas.

Diariamente e sempre no mesmo horário, antes do fornecimento do volumoso, as características das fezes dos animais foram analisadas segundo critérios referendados por Gonçalves et al. (2006).

As fezes foram então avaliadas quanto à cor e consistência. O critério cor foi categorizado em: normal (esverdeada), negra, avermelhada e amarelada. A consistência foi avaliada segundo os quesitos: normal, tipo ruminante (mais aquosa que as fezes consideradas normais), diarreicas e secas e pequenas (Godoi et al., 2009).

Semanalmente, sempre no mesmo horário e imediatamente após a defecação, foram coletadas uma alíquota das fezes de cada equino e armazenadas a -18°C para determinação do teor de matéria seca (INCT - CA, 2012). Neste mesmo momento foi coletada uma amostra para determinação do pH fecal que foi realizado através da utilização de pHmetro de bancada que foi introduzido diretamente nas fezes frescas.

Para a análise dos parâmetros fisiológicos, temperatura retal, frequência cardíaca e frequência respiratória foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, sendo as parcelas os quatro tratamentos (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada nos tempos de 24, 48 e 72 horas) com quatro repetições (quatro animais por tratamento) e as subparcelas os dois turnos (manhã e tarde) de observações diárias (média dos 30 dias).

Para análise da matéria seca e pH fecal foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas sendo as parcelas os quatro tratamentos (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada nos tempos de 24, 48 e 72 horas) com quatro repetições (quatro animais por tratamento) e as subparcelas as cinco coletas de amostras fecais semanais.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os dados de pH e matéria seca foram submetidos também à análise de regressão. A análise dos dados foi realizada através do Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados -SISVAR (Ferreira, 2008).

Para comparação da avaliação da coloração da mucosa oral, tempo de reperfusão capilar e características fecais (cor e consistência) foi realizada análise qualitativa. Para testar os cinco tempos (zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana) foi utilizada a correlação de Spearman ($P < 0,05$) e para testar os quatro grupos o teste de Kruskal Wallis ($P < 0,05$) utilizando-se o programa de computador GrafPad InStat™ (GraphPad Software, versão 3.01, 1998).

Resultados e discussão

Durante o período experimental a temperatura ambiente e umidade relativa do ar variaram de 3,5 a 29,3°C e de 24 a 89%, respectivamente. Na tabela 1 observa-se diferença ($P < 0,05$) entre a temperatura e a umidade relativa do ar entre os turnos manhã e tarde. O turno da manhã apresentou temperatura menor (11,95°C) e umidade relativa do ar maior (76,5%) em relação ao turno da tarde (26,15°C e 32,5%, respectivamente).

Tabela 1: Média da temperatura ambiental (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental nos turnos manhã e tarde

Turno	Parâmetro	
	Temperatura	Umidade
Manhã	11,95 ^a	76,5 ^b
Tarde	26,15 ^b	32,5 ^a

Letras minúsculas distintas na coluna diferem entre os turnos manhã e tarde pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV: 22%

Não se observou diferença ($P > 0,05$) para a frequência cardíaca (FC) entre os tratamentos e entre os turnos, sendo que a média variou de 33,97 a 39,27 batimentos por minuto (bpm) (tabela 2).

Segundo Clayton (1991), a FC de um cavalo em repouso fica em torno de 25-50 bpm, com uma média de 35 bpm. Sendo assim, os valores de FC observados no presente trabalho encontram-se dentro dos padrões normais para a espécie equina.

Também não se observou diferença ($P>0,05$) para a frequência respiratória (FR) entre os tratamentos com as médias variando de 12,25 a 17,57 movimentos por minuto (mpm). No entanto, observou-se diferença na FR ($P<0,05$) entre os turnos para os tratamentos cana *in natura* e 72 horas hidrólise, sendo que no turno da tarde observaram-se os maiores valores (tabela 2).

A diferença estatística observada entre os turnos não apresenta significado biológico, pois os valores observados estão dentro dos padrões normais para a espécie de acordo com Clayton (1991), para o qual a FR varia de 12-20 mpm.

Gonçalves et al. (2006) avaliando o quadro cardiovascular de 207 equinos com cólica observaram que a FC média observada foi de 43,3 bpm, variando de 28 a 80 bpm. Os animais que não sobreviveram apresentaram FC superior ($P<0,05$) ($50,30 \pm 8,9$ bpm) aos animais que sobreviveram ($42,8 \pm 9,5$ bpm). Dessa forma, a FC é um importante parâmetro para avaliar a ocorrência e a severidade da cólica em equinos.

Tabela 2: Média da frequência cardíaca (FC) (batimentos por minuto) e frequência respiratória (movimentos por minuto) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas durante os turnos manhã e tarde

Tratamentos	Frequência cardíaca		Frequência respiratória		Temperatura retal	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
<i>In natura</i>	36,67	39,27	12,46 ^a	17,57 ^b	37,18	37,19
24 horas hidrólise	34,41	35,61	14,16	17,11	37,22	37,57
48 horas hidrólise	35,57	36,47	13,12	16,60	37,26	37,71
72 horas hidrólise	33,97	34,50	12,25 ^a	16,01 ^b	37,42	38,26
CV%	10,28		20,91		2,94	

Letras minúsculas na linha indicam diferença entre os turnos (manhã e tarde) pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Não houve diferença ($P>0,05$) para a temperatura retal (TR) entre os tratamentos e entre os turnos manhã e tarde. A média da temperatura retal observada variou de 37,18 a 38,26°C (tabela 2).

A temperatura retal de um equino normalmente varia entre 37,2°C e 38,6°C, com valores médios de 38,0°C (Clayton, 1991). Sendo assim, os valores de TR observados no presente trabalho encontram-se dentro dos padrões normais para a espécie.

McConaghy (1994) relatou que os cavalos enfrentam temperaturas variáveis como 58°C no nordeste australiano a -40°C no oeste do Canadá. Apesar desta grande flutuação na temperatura ambiente, os cavalos são capazes de manter sua temperatura corporal interna dentro de uma variação muito pequena devido a elaborados mecanismos termorregulatórios.

O sistema termorregulatório controla a temperatura corporal, alterando o fluxo de calor entre o animal e seu ambiente. Esta explicação justifica o fato de não ter sido observado neste trabalho diferenças na TR entre os turnos da manhã e da tarde.

Baseando-se na capacidade dos cavalos se adaptarem a todos os tipos de clima, Cymbaluk & Christison (1990) estudaram os efeitos ambientais na termorregulação e nutrição dos cavalos. Segundo estes autores, o estresse térmico pode ser minimizado ao alimentar os cavalos com dietas que reduzam o incremento calórico.

Segundo Clayton (1991) o meio primário de dissipação de calor de um equino é a evaporação pelo suor. O resfriamento evaporativo é um mecanismo eficiente que permite ao cavalo realizar uma variedade de atividades com pequenas elevações na temperatura corporal.

Paludo et al. (2002) citaram que os quatro elementos ambientais que mais afetam a temperatura corporal são: temperatura do ar, umidade do ar, radiação e vento. A exata combinação desses elementos na qual se inicia o estresse calórico é difícil, se não impossível de se especificar, uma vez que dada combinação pode ser favorável ou desfavorável, dependendo do animal e das condições particulares nas quais ele se encontra. Segundo esses autores, os equinos apresentam os seguintes sinais de estresse térmico: aumento da FR, da FC, sudorese, vasos periféricos aparentes na superfície corpórea e aumento da TR. Esta última nos permite avaliar se, em condições de estresse térmico, os animais estão conseguindo manter sua temperatura dentro dos limites normais. O trato respiratório também contribui para perda de calor e água. O aumento na perda de calor pela via respiratória pode ser entendido como um mecanismo compensatório, quando sua eliminação via sudorese atingiu seu nível máximo para as condições ambientais.

Gonçalves et al. (2006) avaliando 207 equinos com cólica observaram que a TR média foi de $37,2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e esta variou de $35,5^{\circ}\text{C}$ a 40°C .

O tempo de reperfusão capilar dos animais deste experimento apresentou-se normal (1-2 segundos) em todos os tratamentos nos dois turnos (manhã e tarde) observados durante todo o período experimental. Este resultado indica que os animais não apresentavam distúrbios na circulação periférica.

De acordo com Thoenner et al. (2000), o tempo de reperfusão capilar é uma das avaliações clínicas importantes para o prognóstico nos casos de cólica.

A coloração das mucosas dos animais deste experimento apresentou-se como rosadas em todos os tratamentos nos dois turnos (manhã e tarde).

Segundo Furr et al. (1995), a cor da mucosa é precisa na diferenciação de sobreviventes e não sobreviventes em equinos com cólica. Estes autores observaram mucosa que não seja rosa em 13,4% dos sobreviventes e em 64,5% dos não sobreviventes.

Gonçalves et al. (2006) avaliando o quadro cardiovascular de 207 equinos com cólica observaram que a coloração das mucosas eram normais (rosadas) em 87,6% dos casos.

Para as características físicas das fezes de cor e consistência, 100% apresentaram-se esverdeadas, 78,23% de consistência normal e 21,77% com consistência tipo ruminante, isto é, mais aquosas que as fezes consideradas normais. Estes dados evidenciam que não houve alteração deletéria no intestino grosso dos animais, provocada por fermentação excessiva, devida ao consumo da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas.

Esta avaliação das características das fezes é muito importante, pois segundo Gonçalves et al. (2006), a partir desta avaliação é possível identificar a ocorrência de diarreias e compactações e auxiliar no diagnóstico da síndrome cólica.

Gonçalves et al. (2006) avaliando as características das fezes de 207 equinos com cólica observaram que na maior parte dos casos a consistência das fezes eram normais (53,9%) ou pequenas e secas (29,1%). Em relação à coloração, 76,6% dos animais apresentaram coloração normal (esverdeada) ou amarelada (20,9%). Estes autores observaram que as características das fezes diferiram ($P < 0,05$) entre os quadros de cólica obstrutiva e não obstrutiva. Fezes secas e pequenas e de coloração amarelada foram observadas em maior frequência nos quadros de cólica obstrutiva do que nos quadros de cólica não obstrutiva. Estes observaram também que as características das fezes estão associadas a qual segmento do trato digestivo está envolvido com a alteração metabólica. As fezes eram geralmente normais quando o segmento envolvido era o intestino delgado (52,9% dos casos) e o ceco (66,7%). Quando a suspeita era o cólon as fezes apresentavam-se normais (46,9%) ou pequenas e secas (45,3%). Estes autores concluíram que o exame das características das fezes é uma ajuda adicional ao diagnóstico, uma vez que parece ser o critério discriminante de qual tipo de cólica o cavalo está sofrendo.

Godoi et al. (2009) avaliaram as características fecais das fezes de equinos alimentados com dietas hiperlipidêmicas. As dietas utilizadas foram: dieta controle; com inclusão de 8,5% de óleo de soja; inclusão de 19,5% de óleo de soja. As dietas eram compostas por concentrado comercial e feno de *coast cross* na proporção de 67:33. A consistência das fezes foi considerada normal, sem aparência ressecada ou aquosa. Os autores concluíram que a

utilização de dietas hiperlipidêmicas para equinos com inclusão de óleo de soja não leva à alteração das características das fezes.

Resultados semelhantes ao presente trabalho foram observados por Kabe (2013), a qual alimentou éguas com níveis crescentes de casca de soja (0; 7, 14, 21 e 28%), sendo a dieta composta por 60% de volumoso e 40% de concentrado e não observou alterações de cor e consistência das fezes destes animais.

Tabela 3. Valores médios semanais (zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a) do pH das fezes de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Tempos (semanas)					CV (%)
	zero	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	
<i>In natura</i>	6,99	7,46	7,53	7,71	7,56	5,3
24 horas hidrólise	7,03	7,47	7,30	7,78	7,81	
48 horas hidrólise	7,06	7,11	6,78	7,42	7,06	
72 horas hidrólise	6,81	7,00	7,19	7,78	7,18	
Média	6,97 ^c	7,26 ^{bc}	7,20 ^{bc}	7,67 ^a	7,40 ^{ab}	

Letras distintas indicam diferença entre as semanas pelo teste Tukey (p<0,05)

Os resultados dos dados de pH e matéria seca submetidos à análise de regressão estão no anexo IV.

Não houve diferença (P>0,05) entre os tratamentos e observou-se diferença (P<0,05) entre as semanas para os valores médios de pH das fezes. O pH do tempo zero (6,97) foi inferior (p<0,05) ao pH da 3^a (7,67) e 4^a semanas (7,40) e semelhante ao pH da 1^a (7,26) e 2^a (7,20) semanas de consumo de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas (tabela 3).

Segundo Pagan (2001) o pH ideal para as bactérias que fermentam a fibra é de 6,5 a 7,0. Já para Van Soest (1994) o pH ideal para estes microorganismos é um pouco mais baixo, de 6,4 a 6,7. Dessa forma, os valores de pH observados no presente trabalho ficaram ligeiramente acima do que os descritos por estes autores, possivelmente devido à adição do óxido de cálcio e do calcário calcítico.

Segundo Williamson et al. (2007) o fornecimento de feno duas vezes ao dia e o aumento da quantidade de fibra na dieta estão associados com aumento no pH fecal. O feno ou as forragens ricas em fibra podem tamponar potencialmente os produtos da fermentação no intestino grosso devido a seu conteúdo rico em matéria seca (NRC, 1989). Sendo assim, o

consumo à vontade de volumoso pelos animais deste trabalho explicam os valores de pH observados.

Julliand et al. (2001) verificaram que houve redução do pH de ceco e cólon à medida que a cevada foi adicionada à dieta quando três relações volumoso:cevada (100:0; 70:30 e 50:50) foram testadas, sendo observada diferença ($P<0,05$) entre os tratamentos 100:0 e 50:50. Os autores atribuíram este resultado ao maior aporte de amido para o ceco e cólon e, conseqüente aumento das bactérias amilolíticas (*Lactobacillus e Streptococcus*) e depressão da microbiota celulolítica.

Zeyner et al. (2004) observaram valores de pH fecal variando de 6,4 a 6,7 em equinos alimentados com feno e concentrado. Estes autores observaram ainda, que o aumento da ingestão de feno de 0,5 para 1,0 kg / 100 kg de peso vivo / dia implicou em aumento do pH fecal. Já Muller et al. (2007) observaram pH fecal um pouco mais baixo, de 6,3- 6,4, em equinos alimentados com pré-secado.

Santos et al. (2009) avaliaram o pH e a consistência das fezes de equinos adultos submetidos à sobrecarga dietética com infusão gástrica de 17,6g de amido kg^{-1} de peso corporal através de sonda nasogástrica. Os autores observaram redução ($P>0,05$) no pH fecal ao longo de 36 horas pós-sobrecarga, com valores médios variando de 6,09 a 4,46. Em relação à consistência das fezes todos os equinos apresentaram fezes com consistência normal até a oitava hora após a sobrecarga. Posteriormente, esses animais apresentaram redução na consistência fecal ($P<0,05$) até 36 horas.

Jensen et al. (2010) estudando o efeito de dietas com fenos de diferentes épocas de corte encontraram valores de pH fecal menor ($P<0,03$) para equinos alimentados com fenos de idade de corte mais novo (pH=6,43) do que para equinos alimentados com feno de idade de corte mais velho (pH=6,57).

Kabe (2013) alimentou éguas com níveis crescentes de casca de soja (0; 7, 14, 21 e 28%), sendo a dieta composta por 60% de volumoso e 40% de concentrado e não observou efeito da dieta ($P>0,05$) sobre o pH fecal. O pH observado por esta autora foi de 6,43; 6,37; 6,38; 6,31 e 6,7; respectivamente para os tratamentos com inclusão de casca de soja de 0; 7, 14, 21 e 28%, sendo o valor médio observado de 6,4.

Tabela 4: Valores médios semanais (zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a) dos teores de matéria seca (%) das fezes de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamentos	Tempo (semanas)					CV (%)
	0	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	
<i>In natura</i>	17,41	15,79	16,00	15,75	17,00	11,98
24 horas hidrólise	17,95	16,41	16,25	15,25	13,50	
48 horas hidrólise	17,13	17,32	18,25	16,50	16,00	
72 horas hidrólise	18,31	17,88	18,00	16,25	15,75	
Médias	17,70 ^b	16,85 ^{ab}	17,12 ^{ab}	15,94 ^{ab}	15,56 ^a	

Letras minúsculas distintas diferem entre as semanas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos, no entanto observou-se diferença ($P < 0,05$) entre as semanas para os teores de matéria seca (MS) das fezes. O tempo zero apresentou teor de MS superior ($P < 0,05$) à 4^a semana e semelhante ($P > 0,05$) à 1^a, 2^a e 3^a semanas de consumo de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas. Os teores de MS das fezes observados variaram de 15,56 a 17,70% (tabela 4).

O menor teor de MS nas fezes dos animais na 4^a semana em relação ao tempo zero pode ser explicado pelo fato dos animais terem acesso à vontade ao volumoso cana-de-açúcar, possivelmente aumentando a ingestão de fibra na dieta, pois antes do período experimental (junho) estes animais eram mantidos à pasto e nestas condições o consumo de fibra é reduzido, na época em que o experimento foi desenvolvido (seca) era de escassez de pastagens.

Segundo Fennesbeck (1968) e Lewis (2000) o aumento do conteúdo de fibra da dieta tem efeito direto sobre o teor de umidade das fezes, pois em virtude da menor digestibilidade da fração fibrosa, há maior excreção fecal desta fração, o que aumenta tanto a massa fecal quanto o seu teor hídrico.

Os teores de umidade das fezes observados foram de 82,30; 83,15; 82,88; 84,06 e 84,44%, respectivamente para o tempo zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semanas de consumo de cana, sendo a média de 83,37% de umidade. Porém, Meyer (1995) afirmou que para equinos saudáveis e com dieta variada, com produção fecal diária de 1 a 3% do peso vivo, (observado 1,5%/pv no presente experimento) na matéria natural, o teor de umidade das fezes é de 75%. No entanto, como já no tempo zero o teor de umidade das fezes dos animais apresentava-se acima do esperado, este alto teor de umidade das fezes, provavelmente, não foi devido à dieta ou manejo utilizado.

Fonnesbeck (1968) observou que o teor de matéria seca das fezes variou em uma faixa relativamente estreita entre as dietas mistas e as dietas apenas com volumoso. As fezes dos animais alimentados com dietas contendo feno e grãos, em média, foram um pouco mais secas (26,0% de MS) do que as fezes dos animais que consumiram apenas forragem (23,9% de MS).

Ribeiro et al. (2009) avaliaram o teor de MS das fezes de equinos adultos alimentados com uma dieta referência (DR) contendo ração peletizada e feno de tifton-85 na proporção de 50/50, sendo os demais tratamentos constituídos pela substituição em 30% por cada um dos subprodutos agroindustriais: resíduo de soja (RS), casca de soja (CS), casca de trigo (CT) e casca de milho (CM). Considerando as dietas DR, RS, CS, CT e CM, os autores observaram os seguintes valores para a MS das fezes: 19,53; 21,56; 21,13; 21,07 e 21,69 %, respectivamente, sem apresentar diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos e obtendo-se valor médio de 20,99%. Como já esperado, os teores de MS fecal observado por estes autores, que também trabalharam com dietas mistas, estão acima dos valores observados no presente trabalho, provavelmente devido aos menores teores de volumoso utilizados por estes na dieta dos animais, em ralação ao presente trabalho.

Godoi et al. (2009) observaram que os teores de MS das fezes não diferiram ($P > 0,05$) para o tratamento controle, com adição de 8,5 e 19,5% de óleo na dieta, sendo os valores observados de 27,5; 30,1 e 28,3% de MS, respectivamente. Os autores concluíram que a utilização de dietas hiperlipidêmicas para equinos com inclusão de óleo de soja não leva à ocorrência de diarreias. Os teores de MS das fezes observados por estes autores estão muito acima dos observados no presente trabalho, provavelmente devido à baixa inclusão de volumoso (33%) na dieta testada pelos autores.

Conclusões

Não houve alteração dos parâmetros fisiológicos e houve alteração nas características físico-químicas das fezes dos animais ao consumirem por 30 dias cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas, o que indica que estes animais permaneceram saudáveis, porém com discreta mudança da consistência fecal, mantendo ainda, a saúde do trato digestório.

Referências bibliográficas

Association of Official Analytical Chemistry. *Official methods of analysis*. 16th ed. AOAC International. Arlington. 1025 p. 1995.

BAKER J.; ELLIS C. A survey of post mortem findings in 480 horses from 1958 to 1980: Causes of death. *Equine Veterinary Journal*, v. 13, p. 43-46, 1981.

BERG, E.L.; et al. Fructooligosaccharide supplementation in the yearling horse: effects on fecal pH, microbial content, and volatile fatty acid concentrations. *Journal of Animal Science*, v. 83, n.7, p.1549-1553, 2005.

CLAYTON, H.M. *Conditioning sport horse*. Mason: Sport Horse Publications, 1991, 242p.

CYMBALUK, N.F. Water balance of horses fed various diets. *Equine Practice*, v.11, n.1, p.19-24, 1989.

CYMBALUK, N.F.; CHRISTISON, G.I. Environmental effects on thermoregulation and nutrition of horses. *Veterinary Clinical Northern American Equine Practice*. v.6, n.2, p. 355-372, 1990.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, v. 6, p. 36-4, 2008.

FONNESBECK. P.V. Consumption and excretion of water by horses receiving all hay and hay-grain diets. *Journal of Animal Science*, v.27, p. 1350-1356, 1968.

FURR M.O., LESSARD P., WHITE N.A. Development of a colic severity score for predicting the outcome of equine colic. *Veterinary Surgery*, v. 24, p. 97-101, 1995.

GODOI, F.N.; ALMEIDA, F.Q.; GUARIENTI, G.A.; et al. Perfil hematológico e características das fezes de equinos consumindo dietas Hiperlipidêmicas. *Ciência Rural*, v.39, n.9, p. 2571-2577, 2009.

GONÇALVES, S.; LEBLOND, A.; DROGOUL, C.; et al. Using feces characteristics as a criterion for the diagnosis of colic in the horse: a clinical review of 207 cases. *Revue de Médecine Vétérinaire*, v. 1, n.157, v.1, p.3-10, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CIÊNCIA ANIMAL – INCT – CA. *Métodos para análises de alimentos*. Viçosa, 2012. 214p.

JENSEN, R.; BRØKNER, C.; BACH, K.E. A comparative study of the apparent total tract digestibility of carbohydrates in Icelandic and Danish Warmblood horses fed two different haylages and a concentrate consisting of sugar pulp and black oats. *Archives of Animal Nutrition*, v. 64, n. 5, p. 343-356, 2010.

JULLIAND, V.; FOMBELLE, A.; DROGOUL, C.; et al. Feeding and microbial disorders in horses: Effects of tree hay:grain ratios on microbial profile and activities. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 21, p. 543-546, 2001.

KABE, A.M.G. *Palatabilidade, qualidade de fezes e digestibilidade aparente de equinos submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de casca de soja*. 77f. 2013. Dissertação

(mestrado) Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LEWIS, L.D. *Nutrição clínica equina*. São Paulo: Roca, 2000. 710p.

MCCONAGHY, F. Thermoregulation. In:_____ *The Athletic Horse*. 9.ed. Philadelphia: Saunders, 1994. p. 181-202.

MEYER, H. *Alimentação de cavalos*. São Paulo: Varela, 1995. 303p.

MÜLLER, C.E.; UDÉN, P. Preference of horses for grass conserved as hay, haylage or silage. *Animal Feed Science and Technology*, v. 132, p. 66-78, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrient requirements of horses*. 5.ed. Washington, D. C., 1989. 100p.

PAGAN, J.D. Carbohydrates in equine nutrition. In: II *ADVANCE ON EQUINE NUTRITION*, 2, 2001, Versailles. *Proceedings...* Versailles: Kentucky, USA, 2001, p.13-28.

PALUDO, G.R.; McMANUS, C.; MELO, R.Q.; et al. Efeito do estresse térmico e do exercício sobre parâmetros fisiológicos de cavalos do exército brasileiro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.3, p.1130-1142, 2002.

RIBEIRO, L.B.; ARRUDA, A.M.V.; PEREIRA, E.S.; et al. avaliação do consumo de nutrientes e água por equinos alimentados com dietas contendo diferentes subprodutos agroindustriais. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul*, v.16, n.1, p. 120-133. 2009.

RICHARDS, N.; HINCH, G.N.; ROWE, J.B. The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian Racing Thoroughbred. *Australian Veterinary Journal*, v. 84, p. 402-407, 2006.

SANTOS, T.M.; ALMEIDA, F.Q.; GODOI, F.N.; et al. Capacidade tamponante, pH e consistência das fezes em equinos submetidos à sobrecarga dietética com amido. *Ciência Rural*, v. 39, n. 6, p. 1782-1788, 2009.

SINGER E.R.; SMITH M.A. Examination of the horse with colic: is it medical or surgical? *Equine Veterinary Education*, v.14, p. 87-96, 2002.

THOEFNER M.B.; ERSBOLL A.K.; HESSELHOLT M. Prognostic indicators in a Danish hospital-based population of colic horses. *Equine Veterinary Journal*, Supl. 32, p. 11-18, 2000.

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

ZEYNER, A.; GEIBLER, C.; DITTRICH, A. Effects of hau intake and feeding sequence on variables in faeces and fecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity of horses). *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 88, p. 7-19, 2004.

WILLIAMSON, A. et al. A survey of feeding, management and faecal pH of Thoroughbred racehorses in the North Island of New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, v.55, n.6, p.337-341, 2007.

**CAPÍTULO VII – HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA SÉRICA DE EQUINOS
ADULTOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* OU
HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES
TEMPOS**

Resumo: O perfil sanguíneo, isto é, o hemograma e a bioquímica sérica, são fundamentais na avaliação clínica dos equinos, sendo ferramentas decisivas para o acompanhamento dos efeitos metabólicos causados por fatores como nutrição. Objetivou-se com este trabalho elucidar a influência do consumo por trinta dias da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 e 72 horas sobre a hematologia e a bioquímica sérica de equinos. Foram utilizados quatro tratamentos: cana-de-açúcar *in natura* e cana hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio na matéria natural e armazenada durante 24, 48 e 72 horas. Equinos machos (16), castrados, sem raça definida, com idade variando de seis a 13 anos e com peso médio de 372 a 407 kg foram mantidos em baias individuais. Os animais receberam sal e água à vontade e o volumoso foi a cana-de-açúcar, também fornecida à vontade. Para balanceamento da relação Ca:P e PB:ED os animais foram suplementados com 1kg de farelo de trigo e 1 kg de farelo de soja. O experimento teve a duração de 30 dias e foram realizadas coletas de sangue ao início do experimento e a cada sete dias para a realização do hemograma e da bioquímica sérica. Para nenhum dos parâmetros hematológicos ou bioquímicos foi observada interação entre tempo e tratamento ($P > 0,05$). Os valores médios de hemácias, hemoglobina, volume globular, volume corpuscular médio, concentração de hemoglobina corpuscular média e leucócitos totais observados encontram-se dentro dos valores normais para a espécie. Houve efeito do tempo e do tratamento ($P < 0,05$) sobre os valores das hemácias, efeito do tratamento ($P < 0,05$) sobre os valores de hemoglobina e volume globular médio, já para o volume corpuscular médio e para a concentração de hemoglobina corpuscular média houve efeito do tempo ($P < 0,05$), no entanto, como todos os valores observados encontram-se dentro da normalidade estas diferenças estatísticas não apresentam significado biológico. Os níveis séricos de minerais (Ca e P), a mineralização óssea (FA), a glicemia semanal, a função hepática e a função renal dos equinos não foram influenciados pela hidrólise da cana-de-açúcar e seus tempos de armazenamento (24, 48 e 72 horas), assim como pelo período de 30 dias de consumo desta. Foi observado adequado tempo de retorno da glicemia após a alimentação por cana não prejudicando a regulação dos níveis de glicose

sanguínea. Conclui-se que a cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com 0,5% de CaO e armazenada por 24, 48 ou 72 hora não afeta o hemograma e na bioquímica sérica de equinos alimentados durante 30 dias com este volumoso. São necessárias mais pesquisas com a utilização da cana-de-açúcar na dieta de equinos por períodos mais longos para avaliar os seus efeitos.

Palavras chave: função hepática, função renal, glicemia, hemácias, mineralização

Abstract: The blood profile, the hematology and serum chemistry, are fundamental in the clinical evaluation of horses, being decisive for monitoring the metabolic effects caused by factors such as nutrition tools. The objective of this study was to elucidate the influence of consumption for thirty days of sugar cane *in natura* or hydrolyzed and stored for 24, 48 and 72 hours on hematology and serum biochemistry of horses. Sugar cane *in natura* and hydrolyzed with 0.5 % of calcium oxide in natural matter and stored for 24, 48 and 72 hours: four treatments were used. Equine males (16), castrated, mongrel, aged six to 13 years and a mean weight 372-407 kg, were kept in individual pens. The animals received salt water is comfortable and roughage was cane sugar, also provided *ad libitum*. To balance the Ca: P ratio and PB : ED animals were supplemented with 1 kg of wheat bran and 1 kg of soybean meal. The experiment lasted for 30 days and blood samples before the experiment and every seven days for the complete blood count and serum biochemistry were performed. For any of the hematology or biochemical parameters interaction between time and treatment ($P > 0.05$). The mean values of RBC, hemoglobin, packed cell volume, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin concentration and total leukocytes observed were within the normal range for the species. Was no effect of time and treatment ($P < 0.05$) on the values of red blood cells, the treatment effect ($P < 0.05$) on hemoglobin levels and mean corpuscular volume, as for mean corpuscular volume and concentration mean corpuscular hemoglobin was affected by time ($P < 0.05$), however, as all the values observed are within normal these statistical differences do not have biological significance. Serum levels of minerals (Ca and P), bone mineralization (FA), the weekly blood glucose, liver function and renal function of the horses were not influenced by the hydrolysis of cane sugar and their storage times (24 , 48 2 72 hours) , and by 30 days of use thereof. Timely return of blood glucose was observed after feeding for sugarcane does not impair the regulation of blood glucose levels. We conclude that the sugar cane *in natura* or hydrolyzed with 0.5% CaO and stored for 24, 48 or 72 hours does not affect the blood count and serum biochemistry in horses fed for 30 days with this

massive. More research is needed with the use of cane sugar in the diet of horses for longer periods to evaluate their effects.

Key-words: liver function, renal function, blood glucose, hemoglobin, mineralization

Introdução

Nos últimos anos, a nutrição e o manejo dos equinos têm sido muito estudados e os motivos fundamentais que estimulam as pesquisas nesta área são o grande crescimento do mercado dos equinos em todo o mundo e a popularização da equitação como esporte e lazer (Lima et al., 2006).

O perfil sanguíneo, isto é, o hemograma e a bioquímica sérica, tornaram-se fundamentais na avaliação dos equinos, sendo ferramentas decisivas para o acompanhamento dos efeitos metabólicos causados por fatores como nutrição.

O sangue é composto de muitos componentes que desempenham papel essencial no transporte de oxigênio, água, eletrólitos, nutrientes, hormônios e no apoio ao aumento da taxa metabólica durante o exercício (Kingston, 2008).

Os componentes celulares do sangue incluem os eritrócitos, leucócitos e plaquetas, enquanto o plasma é composto de água, eletrólitos, proteínas do plasma e de vários hormônios e enzimas.

A bioquímica sérica reflete de modo fiel as adaptações do animal diante de desafios nutricionais, fisiológicos e de desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional (González & Scheffer, 2003; Dittrich, 2012). Além disso, fornece subsídios na interpretação do funcionamento hepático, renal, pancreático, ósseo e muscular (Dittrich, 2012; Neves et al., 2005).

Em relação ao perfil bioquímico, Dittrich (2012) o definiu como sendo a dosagem de substâncias no sangue e a sua interpretação, com os objetivos de diagnóstico, prognóstico, tratamento e conhecimento da fisiologia animal, nutrição, toxicologia, endocrinologia, patologia, doenças metabólicas e carenciais dos animais, podendo ser utilizado como indicador dos processos adaptativos do organismo, no metabolismo energético, proteico e mineral.

Para a correta interpretação dos valores do hemograma e do perfil bioquímico é imprescindível o conhecimento de valores padrões de referência (Balarin et al., 2005;) para cada situação, região e raça estudada (Neves et al., 2005). No entanto, na prática da clínica

equina, devido às escassas referências para comparação levando-se em consideração dados de raças nacionais e sob diferentes manejos alimentares, nos deparamos, frequentemente, com a dificuldade de interpretar os resultados dos exames (Howard et al., 2003).

Sendo assim, o hemograma e a bioquímica sérica são ferramentas de análise clínica, metabólica e nutricional (González & Scheffer, 2003), sendo de grande interesse a avaliação destes quando se deseja estudar novos alimentos para a espécie equina.

A cana-de-açúcar tem sido utilizada na dieta de equinos no período seco do ano, no entanto não existe embasamento científico para a sua utilização, sendo que esta tem provocado desordens metabólicas que levam muitos animais a óbito.

Por isso, este capítulo tem como objetivo elucidar a influência do consumo por trinta dias da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 e 72 horas sobre a hematologia e a bioquímica sérica de equinos.

Material e métodos

O local, os animais, as instalações, o manejo, a dieta, e os tratamentos foram os mesmos descritos no capítulo IV.

O experimento teve a duração de 30 dias sendo que as coletas de sangue foram realizadas no início do experimento e a cada sete dias, sempre duas horas após o fornecimento do volumoso (10 horas da manhã).

As amostras sanguíneas foram coletadas através de punção na veia jugular em tubos tipo *vacuntainer* com anticoagulante para a realização do hemograma e sem anticoagulante para as análises da bioquímica sérica.

O hemograma foi realizado em contador eletrônico e foi determinada a contagem de hemácias, da hemoglobina, volume globular e contagem total de leucócitos¹⁶. O volume corpuscular médio (VCM) e a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) foram calculados de acordo com Bacila (2003) aplicando-se as equações a seguir:

$$\text{VCM } (\mu^3) = \frac{\text{Hematócrito} \times 10}{\text{Hemácias} \times 10^6}$$

Equação 1

¹⁶ CELM DA-500 -CELM, Cia. Equipadora de Laboratórios Modernos - Barueri, Brasil.

$$\text{CHCM (g/dL)} = \frac{\text{Hemoglobina (g/dL)} \times 100}{\text{Hematócrito (\%)}}$$

Equação 2

Para as análises da bioquímica sérica as amostras foram imediatamente centrifugadas a 3000 rpm por 20 minutos para separação do soro, que foi acondicionado em *ependorf* de 2 mL e congelados até a realização das análises no Laboratório de Toxicologia do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias da Escola de Veterinária da UFMG. As análises realizadas foram as seguintes: glicemia, cálcio (Ca), fósforo (P), fosfatase alcalina (FA), ureia, creatinina, proteínas totais (PT), lactato desidrogenase (LDH), gama glutamiltransferase (GGT), aspartato aminotransferase (AST). Estas análises foram realizadas através do equipamento TP Analyzer Basic¹⁷ utilizando-se kits colorimétricos¹⁸.

Também foram realizadas análises para avaliação da resposta glicêmica dos animais após 30 dias de adaptação do consumo de cana durante os tempos de zero (jejum), uma, duas, quatro, seis e oito horas após alimentação. Estas análises foram realizadas utilizando-se um glicosímetro portátil¹⁹.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas sendo as parcelas os quatro tratamentos (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada nos tempos de 24, 48 e 72 horas) com quatro repetições e as subparcelas as cinco coletas de sangue (zero, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semanas).

Para as análises da resposta glicêmica foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas sendo as parcelas os quatro tratamentos (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada nos tempos de 24, 48 e 72 horas) com quatro repetições e as subparcelas as seis coletas de sangue (zero (jejum), uma, duas, quatro, seis e oito horas após alimentação).

Os dados foram submetidos à análise de regressão e à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste t de Student (P<0,05). Para as análises da resposta glicêmica e do hemograma utilizou-se o teste de Tukey (P<0,05). A análise dos dados foi realizada através do Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados - SISVAR (versão 5.0) (Ferreira, 2008).

¹⁷ TP Analyzer Basic- THERMO PLATE®

¹⁸ Bioclin® - Quibasa Química Básica Ltda, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

¹⁹ Accutrend GCT. Roche Diagnostics, Mannheim, Alemanha.

Resultados e discussão

Durante o período experimental a temperatura e umidade relativa do ar variaram de 3,5 a 29,3°C e de 24 a 89%, respectivamente.

Os dados dos valores do hemograma e bioquímica sérica submetidos à análise de regressão encontram-se nos anexos III e IV, respectivamente.

Para nenhum dos parâmetros hematológicos avaliados foi observada interação entre tempo e tratamento ($P>0,05$) (tabela 1).

Tabela 1: Médias semanais de hemácias (HEMA) ($\times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (HEMO) (g/dL), volume globular (VG) (%), volume corpuscular médio (VCM) (μ^3), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (g/dL) e leucócitos totais (LEU) ($\times 10^3/\mu\text{L}$) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Parâmetros	Tratamentos	Tempo (semanas)					Médias	CV (%)
		0	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a		
HEMA ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	<i>In natura</i>	9,00	8,50	8,50	7,00	8,00	8,20 ^B	18,35
	24 horas hidrólise	8,50	6,25	6,75	6,75	6,75	7,00 ^A	
	48 horas hidrólise	7,75	6,75	8,25	7,25	7,50	7,50 ^{AB}	
	72 horas hidrólise	8,50	7,00	7,50	6,00	6,50	7,10 ^A	
	Médias	8,44 ^b	7,12 ^a	7,75 ^{ab}	6,75 ^a	7,19 ^a		
HEMO (g/dL)	<i>In natura</i>	14,00	14,25	14,50	11,75	14,00	13,70 ^B	14,52
	24 horas hidrólise	11,50	10,75	11,25	11,50	11,75	11,35 ^A	
	48 horas hidrólise	10,75	11,25	13,25	12,25	12,75	12,05 ^A	
	72 horas hidrólise	11,25	11,50	12,75	10,50	11,00	11,40 ^A	
	Médias	11,87	11,94	12,94	11,50	12,37		
VG (%)	<i>In natura</i>	29,00	34,00	34,25	36,00	32,75	33,20 ^B	15,38
	24 horas hidrólise	31,25	26,75	27,75	35,00	27,25	29,60 ^{AB}	
	48 horas hidrólise	28,00	27,50	31,00	34,25	29,50	30,05 ^{AB}	
	72 horas hidrólise	30,25	28,00	29,25	29,50	29,00	29,20 ^A	
	Médias	29,62	29,06	30,56	33,69	29,62		
VCM (μ^3)	<i>In natura</i>	32,45	39,53	39,21	50,70	39,56	40,29	8,87
	24 horas hidrólise	38,19	41,40	41,19	52,04	41,41	42,85	
	48 horas hidrólise	35,95	39,99	39,41	46,82	39,19	40,28	
	72 horas hidrólise	38,47	39,40	39,01	47,97	42,31	41,43	
	Médias	36,27 ^a	40,08 ^b	39,71 ^{ab}	49,38 ^c	40,62 ^b		
CHCM (g/dL)	<i>In natura</i>	49,78	41,46	42,30	33,11	42,99	41,93	8,98
	24 horas hidrólise	37,07	41,20	41,18	32,91	43,02	39,08	
	48 horas hidrólise	38,28	40,44	42,34	34,77	43,45	39,86	
	72 horas hidrólise	37,60	40,88	42,16	35,43	39,30	39,08	
	Médias	40,68 ^b	41,00 ^b	41,99 ^b	34,06 ^a	42,19 ^b		
(LEU) ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	<i>In natura</i>	9,9	10,6	11,4	9,9	10,5	10,5	25,18
	24 horas hidrólise	9,2	8,8	8,5	8,6	10,9	9,2	
	48 horas hidrólise	8,3	8,9	11,9	10,3	10,4	10,0	
	72 horas hidrólise	7,7	9,4	10,2	8,7	9,5	10,0	
	Médias	8,8	9,4	10,5	9,4	10,3		

Letras minúsculas distintas na linha diferem entre as semanas e letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

As médias de hemácias, hemoglobina, volume globular, volume corpuscular médio, concentração de hemoglobina corpuscular média e leucócitos totais (tabela 1) observadas encontram-se dentro dos padrões normais para a espécie (Lumsden et al., 1980; Garcia-Navarro & Pachaly, 1994; Bacila, 2003).

Houve efeito do tempo e do tratamento ($P < 0,05$) sobre os valores das hemácias, efeito do tratamento ($P < 0,05$) sobre os valores de hemoglobina e volume globular médio, já para o volume corpuscular médio e para a concentração de hemoglobina corpuscular média houve efeito do tempo ($P < 0,05$), no entanto, como todos os valores observados encontram-se dentro da normalidade estas diferenças ($P < 0,05$) não apresentam significado biológico (tabela 1).

Freitas (2007) não observou efeito ($P > 0,05$) da ingestão de óleo de soja (0, 6, 12, 18 e 24%), em equinos em condições de repouso, sobre as concentrações de hemoglobina e hematócrito.

Mota et al. (2008) não observaram influência ($P > 0,05$) em equinos consumindo diferentes níveis de fibra em detergente neutro (25 e 35%) na dieta sobre os valores das hemácias, hemoglobina, hematócrito e da concentração de hemoglobina corpuscular média. Já para o volume corpuscular médio (47,04 a 48,03 μ^3) e para os valores de leucócitos totais (6,90 a 7,52 $\times 10^3/\text{mL}$), estes observaram diferença ($P < 0,05$) quando os níveis de fibra na dieta foram reduzidos de 35 para 25%, apresentando maior resposta imunológica. No entanto, assim como no presente trabalho, os autores afirmaram que os valores permaneceram dentro da referência para animais saudáveis.

Godoi et al. (2010) avaliando diferentes níveis de óleo de soja (0,0; 8,5 e 19,5%) em dietas para equinos em treinamento não observaram alteração ($P < 0,05$) na concentração de hemoglobina corpuscular média e nos leucócitos totais destes animais.

Mélo et al. (2012) não verificaram efeito da dieta com concentrado extrusado rico em óleo (18% de extrato etéreo) sobre os valores das hemácias, hemoglobina e hematócrito de potros. Porém, verificaram efeito da dieta sobre os valores de leucócitos totais, sendo que, antes da inclusão da dieta, o valor foi inferior ($P < 0,05$) ($10,2 \times 10^3/\mu\text{L}$) ao encontrado após 60 dias de inclusão da dieta ($13,8 \times 10^3/\mu\text{L}$).

Os valores hematológicos verificados no presente trabalho são semelhantes aos observados por Freitas (2007), Mota et al. (2008), Godoi et al. (2010) e Mélo et al. (2012).

Para nenhum dos parâmetros bioquímicos avaliados foi observada interação entre tempo e tratamento ($P > 0,05$).

As concentrações de cálcio e fósforo não variaram ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios de Ca variaram de 6,07 a 8,53 mg/dL e os de P de 1,28 a 7,91 mg/dL (Tabela

2). Sendo assim, estão próximos daqueles descritos por Lewis (2000), para o qual o P plasmático em equinos adultos varia de 2,5 a 5 mg/dL e o Ca de 10,5 a 13,5 mg/dL. Já McDowell (1992) considerou que os limites normais de P plasmático podem variar de 4,0 a 9,0 mg/dL.

Valores normais de Ca e P já eram esperados, pois segundo Lewis (2000), independente da causa, as concentrações plasmáticas de Ca e P têm pouca importância no diagnóstico dos desequilíbrios dietéticos de cálcio, pois sua concentração no sangue flutua com pequena alteração devido ao resultado da falta ou do excesso deste na dieta. No entanto, o excesso de fósforo dietético aumenta sua concentração plasmática, embora ela, geralmente, permanece dentro dos padrões normais. Portanto, os valores encontrados no presente trabalho não devem ter significado patológico.

Tabela 2: Médias semanais de cálcio (Ca) (mg/dL), fósforo (P) (mg/dL) e fosfatase alcalina (FA) (UI/L) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Parâmetros bioquímicos	Tratamentos	Tempo (semanas)					CV (%)
		zero	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	
Ca (mg/dL)	<i>in natura</i>	8,46	6,89	8,43	8,63	8,24	12,58
	24 horas hidrólise	8,54	5,60	8,63	8,34	8,34	
	48 horas hidrólise	6,06	5,74	8,66	8,69	8,51	
	72 horas hidrólise	6,36	6,07	8,26	8,46	8,75	
	Média	7,35 ^b	6,07 ^a	8,50 ^c	8,53 ^c	8,46 ^c	
P (mg/dL)	<i>in natura</i>	4,16	7,89	1,11	2,67	2,09	30,41
	24 horas hidrólise	4,08	7,24	1,40	3,29	1,89	
	48 horas hidrólise	3,44	7,78	1,13	3,48	1,93	
	72 horas hidrólise	4,50	8,72	1,50	2,93	1,76	
	Média	4,05 ^c	7,91 ^d	1,28 ^a	3,10 ^b	1,91 ^a	
FA (UI/L)	<i>in natura</i>	7,92	13,99	14,82	15,16	8,74	32,10
	24 horas hidrólise	11,37	14,60	13,85	11,10	7,85	
	48 horas hidrólise	7,44	15,30	15,16	13,37	5,65	
	72 horas hidrólise	12,41	15,09	14,20	10,03	7,45	
	Média	9,79 ^{ab}	14,75 ^c	14,50 ^c	12,41 ^{bc}	7,42 ^a	

Letras minúsculas distintas na linha diferem entre as semanas pelo teste t de Student (P<0,05)

Esta concentração sanguínea, praticamente estável dos minerais independente da dieta ocorre, pois é regulada por vários hormônios que impedem esta oscilação como reflexo da nutrição (Van Saun, 2000; Buchholz-Bryant et al., 2001).

A taxa do cálcio sanguíneo é regulada pelo paratormônio (hipercalcemiante) e pela calcitonina (hipocalcemiante), sendo que o osso é a fonte principal para o cálcio circulante. O paratormônio mobiliza cálcio do osso e a excreção urinária de fosfato e dessa maneira eleva as concentrações sanguíneas de cálcio. A calcitonina, por sua vez, produz hipocalcemia e

hipofosfatemia, promovendo a deposição de cálcio no osso, dessa maneira, quando ocorre elevação de cálcio sérico há estímulo para a secreção desse hormônio (Bacila, 2003; Vitti et al., 2008).

Observa-se que tanto o Ca como o P apresentaram variações, dentro da normalidade, ao longo das semanas de consumo de cana-de-açúcar, indicando adaptações dos animais à nova dieta.

Os maiores valores de Ca ($P < 0,05$) foram observados na segunda (8,50 mg/dL), terceira (8,53 mg/dL) e quarta semana (8,46 mg/dL), sendo que estas semanas foram semelhantes entre si ($P > 0,05$). A primeira semana apresentou o menor valor ($P < 0,05$) de Ca (6,07 mg/dL). Já o tempo zero (7,35 mg/dL) apresentou valor superior ($P < 0,05$) à primeira semana e inferior ($P < 0,05$) às demais semanas (Tabela 2).

Furtado et al. (2009) estudaram o metabolismo de cálcio em equinos em crescimento e recebendo dietas com diferentes níveis desse mineral (0,15; 0,45 e 0,75 %) e observaram que as concentrações plasmáticas não diferiram entre os níveis testados.

Os valores observados para o Ca neste trabalho foram abaixo dos obtidos por Schryver et al. (1970), Argenzio et al. (1973), Buchholz-Bryant et al. (2001), Furtado et al. (2009) e Mélo et al. (2012) que também não observaram efeito da dieta sobre os níveis plasmático deste mineral.

Os maiores valores ($P < 0,05$) de P foram observados na primeira semana e os menores ($P < 0,05$) na segunda (1,28 mg/dL) e quarta (1,91 mg/dL) semana, sendo estas semanas semelhantes entre si ($P > 0,05$). O tempo zero (4,05 mg/dL) foi menor ($p < 0,05$) apenas que a primeira semana (7,91 mg/dL) (tabela 2).

Mélo et al. (2012) também não verificaram efeito da dieta sobre os valores plasmático de P, observando valores de 5,2 a 5,5 mg/dL, sendo que o valor de 5,2 mg/dL (margem inferior) está acima do encontrada no presente trabalho.

Apesar da introdução de CaO na dieta dos animais que consumiram cana hidrolisada e calcário para os animais que consumiram cana *in natura*, já esperavasse ausência de alterações nas concentrações plasmáticas de Ca e P, pois a relação Ca:P da dieta foi balanceada (NRC, 2007) com a introdução do farelinho de trigo, rico em P.

A fosfatase alcalina também não apresentou variação ($P > 0,05$) em relação aos tratamentos e variou ao longo das semanas de consumo de cana-de-açúcar ($P < 0,05$), sendo que seus valores médios foram de 7,42 a 14,75 (UI/L). O menor valor ($P < 0,05$) desta enzima foi observado na quarta semana (7,42 UI/L) e os maiores ($P < 0,05$) na primeira (14,75 UI/L) e

segunda semana (14,50 UI/L). O tempo zero (9,79 U/L) foi semelhante ($P>0,05$) à quarta semana (7,42 UI/L) (Tabela 2).

De acordo com Lewis (2000) os valores normais da FA em equinos são de 100 a 300 UI/L. Já Di Filippo & Santana (2007) observaram que para os equinos hípidos os teores de FA variaram de 152,17 a 174,13 (UI/L). Sendo assim, os valores obtidos neste trabalho encontram-se muito abaixo dos valores descritos como normais por estes autores. No entanto, como a média (9,79 UI/L) do tempo zero já era um valor muito abaixo do considerado normal pelos autores, este valor reflete muito mais uma característica de grupo do que uma alteração nos valores desta enzima.

A FA é uma enzima associada à formação do osso e níveis elevados desta são observados em situações em que há distúrbios na mineralização, como na deficiência de P (Radostitis et al., 1994; Scott et al., 1997). Sendo assim, o nível da FA alcalina no soro é influenciado pela atividade osteogênica do organismo (Oliveira et al., 1971).

Marcadores de reabsorção óssea como a hidroxiprolina e deoxipiridinolina, representam a degradação de colágeno tipo I, ao passo que os marcadores de formação óssea, como FA, indicam a atividade dos osteoblastos, a formação e mineralização da matriz orgânica do osso (Christenson, 1997). Sendo assim, a interpretação dos valores de FA possibilitam acompanhar as respostas do osso às mudanças na dieta e no estado fisiológico (Nicodemo et al., 2005). Com base nos valores de FA observados neste trabalho pode-se inferir que não estava ocorrendo distúrbios na mineralização óssea dos animais.

Em todas as condições desencadeantes de maior formação óssea (juventude, osteoporose, etc.), haveria nível mais alto de atividade da FA. Por outro lado, quando não há nítida formação óssea, como na senilidade ocorre baixa a atividade desta enzima, como no caso dos animais deste trabalho que são adultos (seis a 13 anos).

Acima de tudo é importante ressaltar que como os valores de FA dos animais deste trabalho são muito abaixo dos valores de referência mencionados na literatura, são necessárias mais pesquisas para estudar o comportamento desta enzima nas diversas raças nacionais, em diferentes idades sob diversos manejos nutricionais a fim de auxiliar os médicos veterinários no diagnóstico de distúrbios da mineralização óssea.

Tabela 3: Médias semanais de aspartato aminotransferase (AST), lactato desidrogenase (LDH), gama glutamiltransferase (GGT) e de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Parâmetros bioquímicos	Tratamentos	Tempo (semanas)					CV (%)
		zero	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	
AST (U/L)	<i>in natura</i>	287,16	113,83	154,25	129,28	216,36	45,80
	24 horas hidrólise	249,97	171,84	243,12	186,11	259,09	
	48 horas hidrólise	269,61	268,79	231,71	176,51	232,60	
	72 horas hidrólise	230,33	200,30	135,87	119,20	155,02	
	Média	259,27 ^b	188,69 ^a	191,24 ^a	152,77 ^a	215,77 ^{ab}	
LDH (U/L)	<i>in natura</i>	463,10	235,46	575,14	880,35	972,13	34,90
	24 horas hidrólise	554,42	377,90	445,48	772,33	751,89	
	48 horas hidrólise	720,55	166,52	589,77	949,41	750,88	
	72 horas hidrólise	524,58	320,80	561,00	959,41	750,88	
	Média	565,91 ^b	275,17 ^a	542,84 ^b	890,34 ^c	810,10 ^c	
GGT(U/L)	<i>in natura</i>	15,96	17,39	14,64	21,00	16,33	34,12
	24 horas hidrólise	15,53	15,43	16,33	26,74	13,10	
	48 horas hidrólise	19,30	23,65	17,97	21,69	15,16	
	72 horas hidrólise	15,38	11,24	12,25	18,93	15,19	
	Média	16,54 ^a	16,93 ^a	15,30 ^a	22,09 ^b	14,95 ^a	

Letras minúsculas distintas na linha significam valores estatisticamente diferentes nos tempos pelo teste t de Student (P<0,05)

As enzimas hepáticas são divididas em duas categorias: enzimas citosólicas e enzimas de indução. As enzimas citosólicas são liberadas nos casos de lesão da membrana do hepatócito, sendo que as de importância clínica em equinos são a aspartato aminotransferase (AST) e a lactato desidrogenase (LDH). As enzimas de indução estão ligadas à membrana e o aumento destas ocorre devido à colestase, drogas ou efeito hormonal, sendo estas a fosfatase alcalina (FA) e a gama glutamiltransferase (GGT) (Dittrich, 2012). Segundo Ryu et al. (2004) as enzimas AST, GGT e FA constituem-se indicadores sensíveis e específicos de lesão hepática.

O CaO na concentração de 0,5% na cana-de-açúcar não causou lesões nas células hepáticas, pois nenhuma das enzimas avaliadas apresentou diferença (P>0,05) entre os tratamentos (tabela 3). Segundo Calamari et al. (2010) a atividade destas enzimas reflete os danos celulares, pois estas são liberadas no fluido circulatório quando a integridade da membrana celular é perdida.

De acordo com Barton et al. (2000), basicamente todas as células do organismo contêm a enzima AST, mas as células hepáticas e musculares contêm maiores concentrações. Dessa forma, o valor da AST tem maior significado quando analisado em conjunto com enzimas específicas para o tecido muscular, que no caso é a creatinaquinase. Como no presente trabalho os animais não estavam realizando atividade física realizou-se a análise somente da AST.

Os valores médios de AST variaram ao longo das semanas de 152,77 a 259,27 U/L, sendo que o maior valor ($P>0,05$) foi observado no tempo zero, sendo este diferente ($P<0,05$) dos valores observados na primeira, segunda e terceira semanas. No entanto, o valor do tempo zero foi semelhante ($P>0,05$) ao valor da quarta semana (215,77 U/L) de consumo de cana-de-açúcar (Tabela 3).

Os resultados de AST observados neste trabalho encontram-se dentro da normalidade segundo Toledo et al. (2001) que obtiveram valores de $206,2 \pm 107,5$ U/L para a AST em equinos Puro Sangue Inglês adultos. Já para Lumsden et al. (1980) também avaliando equinos da raça Puro Sangue Inglês, em repouso, os valores médios para a atividade de AST obtidos foram de 165 U/L. Para Lewis (2000) os valores normais da AST em equinos adultos se encontram entre 100 e 300 U/L.

Di Filippo & Santana (2007) estudaram 70 equinos distribuídos em três grupos experimentais, 20 equinos hípidos, 25 equinos com cólicas que sobreviveram após tratamentos clínico e/ou cirúrgico e 25 equinos com cólicas que vieram a óbitos ou foram sacrificados após tratamentos clínico e/ou cirúrgico. Estes autores observaram que para os equinos hípidos os valores de AST variaram de 152,15 a 172,13 (U/L).

Assim como neste trabalho Godoi et al. (2009) também não observaram diferenças nas concentrações de AST ao alimentar equinos de esporte com diferentes concentrações de inclusão de óleo de soja na dieta (zero, 8,5 e 19,5%), sendo os valores observados de 350; 334 e 306 U/L, respectivamente para os níveis crescentes de inclusão de óleo.

A enzima citosólica LDH não apresentou variação entre os tratamentos ($P>0,05$) e variou ($P<0,05$) ao longo das semanas de consumo de cana-de-açúcar, sendo que seus valores médios foram de 275,17 a 890,34 (U/L). Os maiores valores ($P<0,05$) foram observados na terceira e quarta semanas e o menor valor ($P<0,05$) na primeira semana. O tempo zero e a segunda semana apresentaram valores semelhantes ($P>0,05$) entre si e diferentes ($P<0,05$) dos demais tempos (tabela 3).

Para Lewis (2000) os valores normais da LDH em equinos adultos devem ser menores do que 350 U/L, dessa maneira, observa-se que a LDH encontra-se dentro dos valores normais somente na primeira semana de consumo de cana-de-açúcar.

Acredita-se que os altos valores encontrados para a enzima LDH, inclusive no tempo zero, não são devidos à lesão hepática, pois segundo Dittrich (2000) o aumento sérico da LDH pode ser resultado de hemólise, lesão muscular ou lesão hepatocelular sendo que dessa maneira, a atividade total da LDH não é confiável e nem marcador específico de doença

hepática na maioria das espécies (Dittrich, 2012). Além disso, as enzimas AST e GGT encontram-se normais, não sugerindo então, lesão hepática.

Dittrich et al. (2000) avaliaram os valores bioquímicos séricos em potros da raça Puro Sangue Inglês suplementados com diferentes tipos de gordura (dieta normal; 10% de óleo de milho; 10% de gordura de coco; 5% de óleo de milho e 5% de gordura de coco) e, assim como neste trabalho, não observaram ($P>0,05$) influência da dieta nos valores médios de LDH após o exercício, sendo que estes variaram de 156,10 a 191,80 U/L. No entanto os valores encontrados por estes autores encontram-se muito inferiores ao presente trabalho e dentro dos padrões normais para a espécie.

Assim como para as demais enzimas hepáticas avaliadas, a GGT não apresentou variação entre os tratamentos ($P>0,05$) e apresentou variação ao longo do tempo de consumo de cana-de-açúcar ($P<0,05$), com valores médios de 14,95 a 22,09 U/L. O maior valor ($P<0,05$) desta enzima foi observado na terceira semana, sendo os demais tempos semelhantes entre si ($P>0,05$) (tabela 3).

Dessa forma, os valores de GGT obtidos neste trabalho encontram-se dentro dos valores aceitos como normais para Lewis (2000), o qual afirmou que estes devem estar abaixo de 30 U/L. Já Di Filippo & Santana (2007) observaram que os teores de GGT para equinos hígidos variaram de 14,50 a 18,05 (U/L).

Não se observou diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos em relação à PT, porém observou-se diferença entre os tempos de consumo da cana ($P<0,05$). Os menores valores ($P<0,05$) de PT ao longo do período de consumo da cana foram observados na primeira (7,10 g/dL) e última semanas (7,35 g/dL). A terceira (8,28 g/dL) e quarta (8,28 g/dL) semanas apresentaram valores semelhantes entre si ($P>0,05$) e inferiores ($P<0,05$) ao tempo zero (Tabela 4).

Segundo Mori et al. (2003) níveis elevados de PT podem significar perda de fluidos, no entanto, no presente trabalho o volume globular encontra-se dentro dos padrões normais para a espécie (tabela 1), não indicando desidratação. Além disso, este mesmo autor afirma que são vários os fatores que podem interferir no metabolismo protéico e na quantidade das proteínas no plasma, entre eles incluem-se a idade, gestação e a lactação, a presença de hormônios, o estado nutricional do indivíduo bem como o estresse.

Tabela 4: Médias semanais de proteína total (PT), ureia, creatinina (CREA) e glicose de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Parâmetros bioquímicos	Tratamentos	Tempo (semanas)					CV(%)
		zero	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	
PT (g/dL)	<i>in natura</i>	8,77	7,56	8,66	9,59	7,92	13,75
	24 horas hidrólise	10,18	6,43	8,02	7,90	6,81	
	48 horas hidrólise	9,72	7,26	8,80	8,86	7,24	
	72 horas hidrólise	9,95	7,16	7,65	8,76	7,43	
	Média	9,65 ^c	7,10 ^a	8,28 ^b	8,28 ^b	7,35 ^a	
Ureia (mg/dL)	<i>in natura</i>	42,51	41,75	39,63	42,11	43,64	29,00
	24 horas hidrólise	40,75	40,80	31,99	56,73	59,23	
	48 horas hidrólise	46,43	36,46	34,11	31,65	38,41	
	72 horas hidrólise	62,16	42,09	46,45	41,64	55,56	
	Média	1,67	1,66	1,74	1,49	1,41	
CREA (mg/dL)	<i>in natura</i>	1,67	1,66	1,74	1,49	1,41	1,60 ^c
	24 horas hidrólise	1,71	1,36	1,62	1,12	1,58	1,48 ^{bc}
	48 horas hidrólise	1,62	1,39	1,30	1,03	1,38	1,34 ^{ab}
	72 horas hidrólise	1,48	1,04	1,43	1,10	1,56	1,32 ^a
	Média	1,62 ^c	1,36 ^{ab}	1,52 ^{bc}	1,19 ^a	1,48 ^{bc}	21,52
Glicose (mg/dL)	<i>in natura</i>	88,50	88,50	89,25	91,50	82,25	12,89
	24 horas hidrólise	90,00	96,50	98,00	106,00	94,75	
	48 horas hidrólise	95,25	96,25	86,50	97,25	96,75	
	72 horas hidrólise	97,25	98,50	89,75	94,75	91,00	
	Média	90,00	96,50	98,00	106,00	94,75	

Letras minúsculas distintas na linha significam valores estatisticamente diferentes nos tempos pelo teste t de Student ($P < 0,05$)

Letras minúsculas distintas na coluna significam valores estatisticamente diferentes nos tratamentos pelo teste t de Student ($P < 0,05$)

Oliveira et al. (2010) e Mélo et al. (2012) também não observaram efeito da dieta ($P > 0,05$) sobre os níveis de PT e observaram valores semelhantes aos do presente trabalho, 6,96 a 10,65 g/dL e 6,2 a 6,8 g/dL, respectivamente.

Os níveis séricos de ureia e creatinina estão relacionados às funções fisiológicas normais do fígado e vísceras drenadas pela veia porta e dos rins (Kozloski, et al., 2001), sendo que a determinação dos níveis séricos destas é utilizada para avaliar a função renal (Coles, 1984; Neves et al., 2005).

Neste trabalho os valores de ureia não foram diferentes entre os tratamentos ($P > 0,05$) e entre os tempos ($P > 0,05$) e variaram de 34,11 a 62,16 mg/dL (tabela 6). Estes valores encontram-se acima do descrito por Lewis (2000) como normais, de 14 a 25 mg/dL.

Segundo Rose & Hodgson (1994), o aumento na concentração plasmática de ureia em equinos em repouso, provavelmente, é devido ao aumento na proteína dietética, pois a ureia sanguínea é um derivado residual do metabolismo proteico. No entanto, como a média do tempo zero foi de 47,96 mg/dL, valor este também superior ao observado na literatura,

possivelmente não foi reflexo da dieta e sim uma característica do grupo. Além disso, como não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os tempos e entre os tratamentos para este parâmetro, o que pode indicar novamente uma característica do grupo (tabela 4). Outra observação importante é que os parâmetros clínicos dos animais permaneceram normais durante todo o período de consumo da cana.

Di Filippo & Santana (2007) observaram que para os equinos hípidos os teores de ureia variaram de 30,67 a 34,62 (mg/dL) e de creatinina de 1,35 a 1,42 (mg/dL), sendo estes valores próximos aos encontrados no presente trabalho (ureia 34,11 a 62,16 mg/dL; creatinina 1,19 a 1,62).

Resultados semelhantes ao do presente trabalho foram observados por Godoi, et al. (2009) que também não observaram efeito da dieta sobre os valores de ureia que foram de 30,0; 36,6 e 36,0 mg/dL, respectivamente para as dietas contendo zero, 8,5 e 19,5% de inclusão de óleo de soja. Estes autores também não observaram diferença ($P>0,05$) para os valores de creatinina que foram de 1,40; 1,42 e 1,28 mg/dL, respectivamente para as dietas contendo zero, 8,5 e 19,5% de inclusão de óleo de soja. Os valores de ureia e creatinina observados por estes autores são próximos aos observados no presente trabalho.

Segundo Kaneko et al. (1997) o aumento na ureia sanguínea pode refletir tanto uma aceleração no catabolismo proteico, quanto diminuição na sua excreção urinária. O aumento dos valores de ureia dos animais deste trabalho não poderia ser explicado pelo aumento do catabolismo proteico devido aos adequados níveis de proteína fornecidos aos animais pela dieta balanceada. A diminuição da excreção urinária da ureia ocorre quando há um baixo fluxo de urina o que facilita a reabsorção desta com seu conseqüente aumento no sangue. No entanto, como os níveis de creatinina estão normais diminuem as possibilidades de problemas renais nos animais deste trabalho reafirmando a hipótese dos níveis elevados de ureia observados serem uma característica do grupo.

A raça nacional Mangalarga Paulista apresenta níveis de ureia de $40,57 \pm 6,55$ (mg/dL) e de creatinina de $1,97 \pm 0,31$ (mg/dL) para machos entre 8 e 16 anos (Neves et al., 2005). Estes valores estão dentro dos níveis encontrados neste trabalho (34,11 a 62,16 mg/dL) o que pode refletir uma característica nacional os níveis elevados de ureia em relação às raças internacionais utilizadas como referência pela maioria dos autores.

Além disso, de acordo com Neves et al. (2005) a ureia e a creatinina são influenciadas pela idade dos animais, pois estes autores observaram que os valores destas aumentaram significativamente com o evoluir da idade, sendo que as concentrações máximas foram constatadas nos animais com a idade entre 8 e 16 anos. Este estudo avaliou animais de zero a

16 anos observando valores de ureia de 24,81 e 41,23 mg/dL e de creatinina de 1,12 e 1,86 mg/dL.

A média de creatinina observada neste trabalho variou de 1,03 a 1,75 mg/dL, sendo que está dentro dos valores normais para a espécie que podem variar de 1 a 2,5 mg/dL (Lewis, 2000). Este parâmetro variou ($P < 0,05$) em relação aos tratamentos ($P < 0,05$) e em relação ao tempo ($P < 0,05$) de consumo da cana-de-açúcar (tabela 4).

Apesar da diferença observada entre os tratamentos ($P < 0,05$), como os valores de CREA encontram-se dentro dos parâmetros normais não há significado biológico para estas diferenças, sendo importante que em todos os tratamentos foi mantida a integridade da função renal.

Outro parâmetro importante para avaliar dietas para equinos é a concentração plasmática de glicose (Gobesso et al., 2008) e neste trabalho os valores semanais de glicose sanguínea variaram de 82,25 a 106 (mg/dL). Não se verificou diferença ($P > 0,05$) entre tratamentos e entre tempos para estes valores (tabela 4).

DI Filippo & Santana (2007) observaram que, para equinos hípidos, a glicose sanguínea variou de 77,70 a 81,52 (mg/dL). Já para Bacila (2003) amplia as margens dos níveis normais de glicose em equinos de 65 a 100 (mg/dL). Dessa forma, os valores de glicemia observados neste trabalho encontram-se dentro da normalidade.

Dittrich et al. (2000), Marqueze et al. (2001), Balarin et al. (2005) e Godoi et al. (2009) também não observaram efeito ($P > 0,05$) da dieta nos níveis de glicose sanguínea de equinos e observaram valores semelhantes aos verificados no presente trabalho.

Tabela 5: Média da resposta glicêmica (mg/dL) e equações de regressão de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas nos tempos de 0 (jejum), 1, 2, 4, 6 e 8 horas após alimentação

Tratamentos	Tempo após alimentação (horas)						Médias	CV(%)
	0	1	2	4	6	8		
<i>In natura</i>	82,25	136,75	123,00	83,25	90,75	93,50	101,58 ^a	22,53
24 horas hidrólise	94,75	178,25	170,25	125,25	116,75	123,75	134,83 ^b	
48 horas hidrólise	96,75	136,25	142,75	118,25	113,75	115,5	120,54 ^{ab}	
72 horas hidrólise	91,00	126,75	128,75	104,25	109,25	110,00	111,87 ^a	
Médias	91,19 ^a	144,50 ^b	141,19 ^b	107,75 ^a	107,62 ^a	110,69 ^a		
	Equações de regressão							R ²
<i>In natura</i>	$4,97x^3 - 55,33x^2 + 175,94x - 40,58$						84,00	
24 horas hidrólise	$6,99x^3 - 80,32x^2 + 267,40x - 97,08$						95,65	
48 horas hidrólise	$3,23x^3 - 38,11x^2 + 131,65x - 0,08$						95,65	
72 horas hidrólise	$2,92x^3 - 33,58x^2 + 113,49x - 9,08$						86,52	

Letras minúsculas distintas na linha significam valores estatisticamente diferentes nos tempos pelo teste t de Student ($P < 0,05$)

Letras minúsculas distintas na coluna significam valores estatisticamente diferentes nos tratamentos pelo teste t de Student ($P < 0,05$)

A resposta glicêmica dos equinos após 30 dias de adaptação de consumo de cana variou de 82,25 a 178,25 (mg/dL) e verificou-se efeito dos tratamentos ($P < 0,05$) e dos tempos ($P < 0,05$). A média da glicose (101,58 mg/dL) observada no tratamento com cana-de-açúcar *in natura* foi igual ($P > 0,05$) aos tratamentos da cana hidrolisada por 48 (120,54 mg/dL) e 72 horas (111,87 mg/dL). O tratamento de 24 horas de hidrólise (134,83 mg/dL) foi maior ($P < 0,05$) que o tratamento com cana-de-açúcar *in natura* e igual ($P > 0,05$) ao tratamento da cana hidrolisada por 48 horas (tabela 5).

Segundo Ralston & Baile (1982), a concentração plasmática de glicose após a ingestão de alimento, chamada resposta glicêmica, pode ser influenciada por fatores como tamanho da partícula, grau de processamento térmico, composição em proteína, gordura e fibra do alimento, estrutura bioquímica e processo de absorção do carboidrato, conteúdo e intervalo de tempo da refeição anterior.

A resposta glicêmica dos animais se adequou ao modelo de regressão a partir de um comportamento cúbico em função do tempo (zero, uma, duas, quatro, seis e oito horas) após alimentação (tabela 5).

Os glicídios ingeridos pelo animal são convertidos a glicose-6-fosfato que no fígado pela ação da fosfatase libera a glicose para o sangue (e assim para os tecidos) resultando desse modo na glicemia (Bacila, 2003). Esta glicose ou outras moléculas de açúcar, normalmente encontradas na alimentação equina, causam um estado normal de hiperglicemia que estimula a liberação pancreática de insulina para a remoção da glicose sanguínea (Kronfeld et al., 2004). Dessa maneira, este comportamento cúbico em função do tempo após alimentação já era esperado devido ao estado normal de hiperglicemia causado pelo consumo da cana-de-açúcar e conseqüente liberação de insulina, o que propiciou o retorno dos níveis de glicose sanguínea aos valores basais.

De acordo com o NRC (2007) o aumento da glicose sanguínea é geralmente relacionado com a quantidade e disponibilidade de amido ou glicose quando uma fonte desta livre é fornecida na alimentação dos equinos.

Para Stull & Rodiek (1998) a análise da composição em carboidratos dos alimentos fornecidos para equinos pode não ser a melhor forma de prever a resposta glicêmica, portanto a relação entre a glicose e a insulina plasmática imediatamente após a alimentação pode ser extremamente importante nesta avaliação.

Casalecchi (2003), em estudo para verificar os efeitos do processamento do milho na digestibilidade e nos níveis plasmáticos de glicose em equinos alimentados com 50% de feno

de tifton e 50% de concentrado verificou que o pico sanguíneo de glicose ocorreu 30 minutos após a administração da ração e retornou aos valores basais 2,5 horas após a alimentação, possivelmente em razão da resposta insulínica.

Gobesso et al (2008) avaliaram a substituição de milho triturado ou extrusado por sorgo triturado ou extrusado no concentrado utilizado em dietas para equinos. Estes autores verificaram diferença nos valores de glicose plasmática entre as dietas e os horários de coleta ($P < 0,05$). As dietas contendo sorgo extrusado apresentaram, na média, valores superiores aos das dietas contendo sorgo triturado. Na avaliação das curvas plasmáticas de glicose, estes autores observaram que os picos ocorreram às 2,5 horas para a dieta com sorgo extrusado, a 1,5 horas para a dieta com sorgo triturado e às 2,5 horas para a dieta com milho triturado.

No presente trabalho o pico de glicose sanguínea ocorreu de uma a duas horas após a ingestão da cana-de-açúcar, sendo que esta retornou aos níveis basais quatro horas após a alimentação (tabela 5). Sendo assim, este retorno ocorreu depois do descrito por Casalecchi (2003) (2,5 horas) e antes do descrito por Frappe (2004), que afirmou que a concentração de glicose plasmática aumenta sensivelmente após a alimentação e retorna aos níveis basais em torno de 5 horas após a alimentação, como resultado da regulação hormonal.

Vervuert et al. (2004) alimentaram cavalos com dietas contendo milho com diferentes formas de processamento e não encontraram diferença ($P > 0,05$) nos níveis plasmáticos pós-prandiais de glicose e insulina. Estes autores observaram que 30 a 45 minutos após a alimentação ocorre significativo aumento nos níveis plasmáticos de glicose e que esses níveis diminuíram para valores basais 2,5 a 4 horas após a alimentação. Os tempos de ocorrência do pico e do retorno aos níveis basais dos valores de glicose observados por estes autores foram muito semelhantes aos observados no presente trabalho.

São necessárias mais pesquisas com um maior tempo de consumo da cana para verificar os seus efeitos na saúde dos equinos.

Conclusões

Os níveis séricos de minerais (Ca e P), a mineralização óssea (FA), a glicemia semanal, a função hepática e a função renal dos equinos não foram influenciados pela hidrólise da cana-de-açúcar e seus tempos de armazenamento, assim como pelo período de 30 dias de consumo desta.

A partir do adequado tempo de retorno da glicemia após alimentação conclui-se que a ingestão pelos equinos, por 30 dias de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada (24, 48 e 72 horas) não prejudica a regulação hormonal dos níveis de glicose sanguínea.

Não houve alteração no hemograma e na bioquímica sérica dos equinos alimentados durante 30 dias com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com 0,5% de CaO e armazenada por 24, 48 ou 72 horas.

Referências bibliográficas

ARGENZIO, R.A.; LOWE, J.E.; HINTZ, H.F. et al. Calcium and phosphorus homeostasis in horse. *Journal of Nutrition*, v.104, n.1, p. 18-24, 1973.

BACILA, M. *Bioquímica Veterinária*. 2 ed. Robe: São Paulo, 2003. 583 p.

BALARIN, M.R.S.; LOPES, R.S.; KOHAYAGAWA, A.; et al. Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-glutamyltransferase. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 2, p. 211-218, 2005.

BARTON, M.H.; MORRIS, D.D. Doenças do fígado. In: REED, S.M.; BAYLY, W.M. (Ed). *Medicina interna equina*, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.608-634, 2000.

BUCHHOLZ-BRYANT, M.A.; BAKER, L.A.; PIPKIN, J.L. et al. The effect of calcium and phosphorus supplementation, inactivity, and subsequent aerobic training on the mineral balance in young, mature and aged horses. *Journal of Veterinary Science*, v.21, n.2, p.71-77, 2001.

CALAMARI, L.; ABENI, F.; BERTIN, G. Metabolic and hematological profiles in mature horses supplemented with different selenium sources and doses. *Journal of Animal Science*, v. 88, p.650-659, 2010.

CASALECCHI, F.L. *Digestibilidade aparente total de dietas com milho submetido a diferentes processamentos e resposta glicêmica em equinos*. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2003. 48p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Universidade de São Paulo, 2003.

CHRISTENSON, R.H. Biochemical markers of bone metabolism: an overview. *Clinical Biochemistry*, v.30, n.8, p.573-593, 1997.

COLES, E. H. *Patologia clínica veterinária*. 3. ed. São Paulo: Manole, 1984.

DI FILIPPO, P.A.; SANTANA, A.E. Variações nas concentrações dos biomarcadores sanguíneos das funções renal e hepática em equinos com cólicas. *Veterinária Notícias*, v. 13, n. 2, p. 47-54, 2007.

- DITTRICH, R.L. Exames laboratoriais de avaliação hepática nos equinos: perfil bioquímico sanguíneo. In: SIMPÓSIO ALAGOANO DE MEDICINA EQUINA, 2, 2012. Maceió. *Revista Brasileira de Medicina Equina*, supl. 1, v. 40, 2012.
- DITTRICH, R.L.; DITTRICH, J.R.; FLENUNG, J.S.; et al. Valores bioquímicos séricos em potros da raça Puro Sangue Inglês suplementados com diferentes tipos de gordura. *Ciência Rural*, v. 30, n.4, p.631-634. 2000.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FRAPE, D.L. Diet and exercise performance in the horse. *Proceeding of the nutrition society*, v. 53, p. 189-206, 1994.
- FREITAS, E. V. V. *Variáveis fisiológicas em equinos submetidos a dietas com adição de óleo vegetal e a exercício físico de longa duração*. 2007. 54f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- FURTADO, C.E.; QUADROS, J.B.S.; SCHMIDT, D.M.S.; et al. Disponibilidade biológica e exigências de cálcio em equinos em crescimento recebendo dietas com diferentes níveis de cálcio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.493-499, 2009.
- GARCIA-NAVARRO, K.C.E.; PACHALY, J. R. *Interpretação do hemograma*. Manual de Hematologia Veterinária. Livraria Varela: São Paulo, 1994. 169 p.
- GOBESSO, A.A.O.; D'AURIA, E.; PREZOTTO, L.D. Substituição de milho por sorgo triturado ou extrusado em dietas para equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.11, p.2011-2016, 2008.
- GODOI, F.N.; ALMEIDA, F.Q.; MIGON, E.X.F.; et al. Performance of eventing horses fed high fat diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.2, p.335-343, 2010.
- GONZÁLES, F.H.D.; SCHEFFER, J.L.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA, 1. 2003. Porto Alegre. Anais... p. 73-88. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/13177>. Acesso em 28/nov/2012.
- HOWARD, D.L.; BENSI, F.J.; GACEK, F.; et al. Determinações plasmáticas de glicose, colesterol e triglicérides em potras sadias, da raça Brasileiro de Hipismo. *Brazilian Journal Veterinary Reserch Animal Science*, v. 44, n. 6, p. 454-458, 2007.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5 ed. San Diego: Academic Press, 1997. 932 p.
- KINGSTON, J.K. Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K.W.; GEOR R.J.; KANEPS A.J. *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Philadelphia: Elsevier, 2008. p. 398-409.
- KOZLOSKI, G.V.; ROCHA, J.B.T.; CIOCCA, M.L.S. Metabolismo visceral e eficiência do uso da energia pelos ruminantes. *Ciência Rural*, v.31, n.5, p.909-915, 2001.
- KRONFELD, D.S.; HOLLAND, J.L.; RICH, G.A. et al. Fat digestibility in *Equus caballus* follows increasing first-order kinetics. *Journal of Animal Science*, v.82, p.1773-1780, 2004.

- LEWIS, L.D. *Nutrição clínica equina: alimentação e cuidados*. Roca: São Paulo, 2000. 710 p.
- LIMA, R.A.S.; SHIROTA, R.; BARROS, G.S.C. Estudo do complexo do agronegócio cavalo. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2006. 256p. (Relatório Final).
- LUMSDEN, J.H.; ROWE, R.; MULLEN, K. Hematology and biochemistry reference values for the light horse. *Canadian Journal Comparative Medicine*, v.44, p.32-42, 1980.
- MARQUEZE, A.; KESSLER, A.M.; BERNADI, M.L. Aumento do nível de óleo em dietas isonérgicas para cavalos submetidos a exercício. *Ciência Rural*, v.31, p.491-496, 2001.
- MCDOWELL, L.R. *Mineral in animal and human nutrition*. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.
- MÉLO, S.K.; VAZ, S.G.; MANSO, E.C.C.; et al. Influência da suplementação com concentrado extrusado, rico em óleo, nos parâmetros hematológicos, biométricos e biomarcadores na digestão de potros. *Medicina Veterinária*, v.6, n.4, p.41-45, 2012.
- MORI, E.; MIRANDOLA, R.M.S.; FERREIRA, R.R.; et al. Reference values on biochemistry parameters of the Brazilian donkey (*Equus asinus*). *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 23, n. 8, p. 358-364, 2003.
- MOTA, J.S.; ARAÚJO, K.V.; LEITE, G.G.; et al. Concentrações plasmáticas de cortisol e parâmetros sanguíneos, bioquímicos e fisiológicos em equinos sob dieta com diferentes níveis de fibra. *Revista da FZVA*. v.15, n.2, p.107-125. 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrients requirements of domestic horses*. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 2007. 341p.
- NEVES, M.; BENESI, F.J.; NORONHA T.; et al. Função renal em equinos sadios, da raça Mangalarga Paulista, criados no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 12, n. 1/3, p. 106-109, 2005.
- NICODEMO, M.L.F.; MORAES, S.S.; THIAGO, L.R.L.S.; et al. Metabolismo ósseo de vacas jovens nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* suplementadas ou não durante a seca com fósforo/cálcio e concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.1, p.316-326, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient Requirements of Horses*. 6 ed., 2007. 341p.
- OLIVEIRA, M.E.M.; BIZUTTI, O.; TABARELLI NETO, J.F. Níveis sanguíneos do cálcio, fósforo, magnésio e correlação entre calcemia e fosfatase alcalina, durante a prenhez da égua Puro Sangue Inglês (P.S.I.). *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária de São Paulo*, v. 8, n. 3, p. 665-690, 1971.
- OLIVEIRA, R.N.; MARQUES JR., A.P.; XAVIER, P.R. et al. Avaliação hematológica e bioquímica de equinos suplementados com óleo de arroz semirrefinado, rico em gamaorizanol. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.5, p.1043-1047, 2010.
- RADOSTITIS, O.M., BLOOD, D.C., GAY, C.C. *Veterinary Medicine*. 8.ed. London: Bailliere Tindall. 1994.

- RALSTON, S.L.; BAILE, C.A. Plasma glucose and insulin concentrations and feeding behavior in ponies. *Journal of Animal Science*, v.54, n.6, p.1132-1137, 1982.
- ROSE, R.J.; HODGSON, D.R. Hematology and biochemistry. In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. Philadelphia: Saunders, 1994, p.63-79.
- RYU, S.; BAK, U.; LEE, C.; LEE, Y.L. Cholelithiasis associated with recurrent colic in a Thoroughbred mare. *Journal Veterinary Science*, v. 5, n. 1, p. 79-82, 2004.
- SCHRYVER, H.F.; GRAIG, P.H.; HINTS, H.F. Calcium metabolism in ponies fed varying levels of calcium. *Journal of Nutrition*, v.100, n.5, p.955-964, 1970.
- SCOTT, D., LOVERIDGE, N., NICODEMO, L. et al. Effect of diets varying in nitrogen or phosphorus content on indicators of bone growth in lambs. *Exp. Phys.*, v. 82, n.1, p.193-202, 1997.
- STULL, C.L.; RODIEK, A.V. Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets. *American Institute of Nutrition*, v.1, p.206-213, 1988.
- TOLEDO, P.S; DOMINGUES JÚNIOR, M.; FERNANDES, W.R.; et al. Atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gamaglutamil transeferase, lactato desidrogenase e glicemia de cavalos da raça PSI submetidos a exercícios de diferentes intensidades. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 8, n. 2, p. 73-7, 2001.
- VAN SAUN, R.J. Blood Profiles as Indicators of Nutritional Status. *Advances in Dairy Technology*, v. 12, p. 401. 2000.
- VERVUERT, I.; COENEN, M.; BOTHE, C. Effects of corn processing on the glycaemic and insulinaemic responses in horses. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.88, p.348-355, 2004.
- VITTI, D.M.S.S.; FURTADO, C.E.; QUADROS, J.B.S.; et al. Efeitos de diferentes níveis de cálcio dietético na cinética de cálcio e fósforo em equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.478-486, 2008.

CAPÍTULO VIII – GASTROSCOPIA DE EQUINOS ADULTOS ALIMENTADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* OU HIDROLISADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO E ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPOS

Resumo: A cana-de-açúcar é um alimento utilizado no Brasil na dieta de equinos no período de escassez de pastagens, no entanto não existem estudos a respeito das consequências clínicas do seu uso na alimentação desta espécie. Também são escassas as informações a respeito de úlceras em equinos no Brasil, sendo necessários estudos gastroscópicos em animais de diferentes raças, idades e manejos alimentares. O objetivo deste estudo foi verificar a influência do consumo por 30 dias da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio e armazenada por 24, 48 e 72 horas sobre o pH estomacal e a ocorrência e gravidade de úlceras gástricas em equinos adultos. Foram utilizados quatro tratamentos: cana-de-açúcar *in natura* e cana hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio na matéria natural e armazenada durante 24, 48 e 72 horas. Equinos machos (16), castrados, sem raça definida, com idade variando de seis a 13 anos e com peso médio de 372 a 407 kg foram mantidos em baias individuais. O volumoso foi a cana-de-açúcar, fornecida à vontade e, para balanceamento da relação Ca:P e PB:ED os animais foram suplementados com 1kg de farelo de trigo e 1 kg de farelo de soja. Os animais selecionados eram clinicamente sadios e sem histórico de alterações do trato digestório. Foram realizados dois exames gastroscópicos por animal, sendo um imediatamente antes e outro no 30º dia de consumo da cana. Avaliou-se por meio de vídeos e por três diferentes avaliadores a classificação das úlceras segundo o número e a severidade das lesões. Avaliou-se também o pH do conteúdo estomacal. Por meio dos métodos empregados e pelo período de estudo utilizado não se observou influência da alimentação de equinos com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio e armazenada por 24, 48 e 72 horas no pH estomacal, no número de úlceras gástricas e na severidade das já existentes. Embora, numericamente, tenha se observado sinais clínicos do aumento do número e da severidade das úlceras na região aglandular devido ao consumo de cana, sendo necessários mais estudos com o uso de cana-de-açúcar na dieta de equinos para verificar a possível ocorrência de lesões na mucosa gástrica causadas por esta alimentação.

Palavras chave: estômago, pH, úlceras

Abstract: The sugar cane is a food used in Brazil in the diet of horses in the period of scarcity of pasture, however there are no studies concerning the clinical consequences of their use in the feeding of this species. There is also little information to respect, ulcers in horses in Brazil, gastroscopic studies are needed in animals of different breeds, ages and feeding management. The aim of this study was to investigate the influence of the consumption for 30 days from cane sugar raw or hydrolyzed with 0.5 % calcium oxide and stored for 24, 48 and 72 hours on the stomach pH and the occurrence and severity of gastric ulcers in adult horses . Sugar Cane *in natura* and hydrolyzed with 0.5 % of calcium oxide in natural matter and stored for 24, 48 and 72 hours : four treatments were used. Equine males (16), castrated, mongrel , aged six to 13 years and a mean weight 372-407 kg, were kept in individual pens . The roughage was sugar cane, and provided for balancing the Ca:P ratio and PB:ED animals were supplemented with 1 kg of wheat bran and 1 kg of soybean meal. The selected animals were clinically healthy and no history of abnormal digestive tract. Two gastroscopic examinations were performed per animal, one immediately before and one on the 30th day of consumption of sugarcane. Was evaluated through videos and three Evaluators rankings ulcers by number and severity lesions. We also evaluated the pH of the stomach contents. By means of the methods used and the study period used did not influence the feeding of horses with cane sugar raw or hydrolyzed with 0.5% of calcium oxide and stored for 24, 48 and 72 hours was observed in stomach pH in the number of gastric ulcers and severity of existing ones. Although numerically has been observed clinical signs of the increasing number and severity of ulcers aglandular region due to consumption of sugarcane , further studies of the use of cane sugar in the diet of horses being required to verify the possible occurrence of gastric mucosal lesions caused by this supply.

Key-words: stomach pH, ulcers

Introdução

As úlceras gastrintestinais são definidas como alterações da mucosa que destroem elementos celulares, resultando em soluções de continuidade que podem ser estender até a lâmina própria (Andrews et al., 1999).

A úlcera gástrica é uma enfermidade prevalente e importante na clínica de equinos estabulados e/ou em atividade física, estando presente na metade da população equina, tanto em potros como em animais adultos (Fernandes et al., 2003).

As úlceras ocorrem principalmente na região aglandular do estômago de equinos, podendo ser focal ou multifocal (MacAllister et al., 1997; Buonora et al., 2004). A gastroscopia é o único exame eficiente para diagnosticar sua presença, localização e gravidade (Andrews et al., 1999).

A causa das úlceras gástricas em equinos parece ser multifatorial. Já foram implicados na causa destas o estresse, intensidade e tipo de trabalho, estabulação, comportamento, enfermidades concomitantes, uso de antiinflamatórios não esteroidais e manejo alimentar (Murray et al., 1989; Murray et al., 1996; Sandin et al., 2000).

As manifestações clínicas de úlceras em equinos podem não ocorrer, no entanto quando ocorrem estas podem variar de sinais suaves a até cólica severa, que pode ser aguda ou crônica. Podem ocorrer também sinais inespecíficos como redução do apetite, perda de peso leve ou moderada, depressão, dor após a alimentação, bocejos, alteração de comportamento ou hábitos alimentares, diminuição do desempenho, bruxismo e aumento de salivação (Andrews et al., 1999; Murray, et al., 1999).

A cana-de-açúcar é um alimento utilizado no Brasil na dieta de equinos no período de escassez de pastagens, no entanto não existem estudos a respeito das consequências clínicas do seu uso na alimentação desta espécie.

Também são escassas as informações a respeito de úlceras em equinos no Brasil, sendo necessários estudos gastroscópicos em animais de diferentes raças, idades e manejos alimentares.

O objetivo deste estudo foi verificar a influência do consumo por 30 dias da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio e armazenada por 24, 48 e 72 horas sobre o pH estomacal e a ocorrência e gravidade de úlceras gástricas em equinos adultos.

Material e Métodos

O local, os animais, as instalações, o manejo, a dieta, e os tratamentos foram os mesmos descritos no capítulo IV.

Os animais selecionados eram clinicamente sadios e sem histórico de alterações do trato digestivo.

Foram realizados dois exames gastroscópicos por animal, sendo um imediatamente antes e outro no 30º dia de consumo da cana. Os equinos foram submetidos a jejum alimentar

antes da gastroscopia pelo tempo mínimo de 12 horas. Todos foram sedados com aplicação intravenosa de detomidina²⁰ na dose de 0,6ml por animal.

Para o exame endoscópico foi utilizado um vídeo gastroscópico²¹, com 300 centímetros de comprimento e 0,14 centímetros de diâmetro, acoplado a uma fonte de luz de xenon, de 175 W¹⁴. Antes de sua introdução, a extremidade distal foi lubrificada com gel de ultrassom. Ao alcançar a cavidade gástrica, foi insuflado ar até se obter a melhor visualização possível sem causar desconforto ao animal. Foi observada toda a mucosa aglandular, o margo plicatus e a mucosa glandular. Os aspectos gastroscópicos de sanidade das mucosas foram avaliados e as imagens gravadas para posterior comparação antes e após os 30 dias de consumo da cana.

As úlceras foram classificadas por meio da análise de vídeos por três diferentes avaliadores que desconheciam os objetivos do trabalho. A análise foi realizada segundo o método proposto por MacAllister et al. (1997). Assim, para cada mucosa do estômago (aglandular e glandular), foi dada duas pontuações, uma para o número de lesões (zero a quatro) e outra para a severidade (zero a cinco), resultando em quatro pontuações para o estômago de cada animal (tabela 1).

Avaliou-se também o pH do conteúdo estomacal imediatamente antes e no 30º dia de consumo da cana. A extração da fase líquida do conteúdo gástrico foi realizada através do canal de trabalho do gastroscópio com uma sonda ureteral auxiliar para a sucção.

Tabela 1: Classificação das úlceras gástricas, de acordo com o número de lesões e severidade

Pontuação	Número de lesões	Severidade
0	Sem lesões	Sem lesões
1	1 a 2 lesões localizadas	Aparentemente superficial (apenas mucosa)
2	3 a 5 lesões localizadas	Envolvendo estruturas profundas
3	6 a 10 lesões	Múltiplas lesões de severidade variável (1, 2 e/ou 4)
4	> 10 lesões ou difusa	Igual ao 2 mas com aparência ativa
5	-	Igual ao 4 com hemorragia ou coágulo de sangue aderido

Fonte: MacAllister et al., 1997

As médias do pH foram submetidas à análise de variância, sendo comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) através do Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados - SISVAR (versão 5.0) (Ferreira, 2008). Determinou-se a média dos três avaliadores para o número e a severidade das lesões. As médias do número de lesões e da severidade das úlceras foram comparadas entre os tratamentos utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis e entre os tempos (imediatamente antes e no 30º dia de consumo de cana) com o teste de Wilcoxon

²⁰ Dormium® - Agener União

²¹ Karl Storz GMBH & CO

utilizando-se o programa de computador GrafPad InStat™ (GraphPad Software, versão 3.01, 1998).

Resultados e discussão

Embora não significativo ($P > 0,05$) pela análise estatística e com os métodos de estudo empregados, observam-se, pelas médias dos tratamentos (tabela 2), sinais clínicos do aumento do número e da severidade das úlceras na região aglandular devido ao consumo de cana. No entanto, numericamente ocorreu redução do número de úlceras e da severidade destas com o aumento do tempo de hidrólise, sendo que para o tratamento com 72 horas de hidrólise observou-se semelhança entre os valores do número e da severidade das úlceras imediatamente antes e no 30º dia de consumo de cana. Isto sinaliza que o CaO pode diminuir a possível influência negativa no número e na severidade das úlceras causado pelo consumo da cana *in natura*.

Tabela 2: Médias e medianas da pontuação do número de lesões (PNL) e da severidade das lesões (PSL) da porção aglandular do estômago de equinos imediatamente antes (T1) e no 30º dia (T2) de consumo de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

	Tratamento	PNL			PSL		
		T1	T2	P	T1	T2	P
Médias	<i>In natura</i>	2,125	3,500	0,06	1,625	3,750	0,03
	24 horas hidrólise	1,625	3,000	0,08	1,625	2,000	0,71
	48 horas hidrólise	2,000	2,375	0,48	1,500	2,250	0,40
	72 horas hidrólise	2,250	2,250	0,99	1,875	1,875	0,99
	P	0,86	0,05		0,75	0,07	
Medianas	<i>In natura</i>	2,000 (1,5 – 3,0)	3,500 (3,0 – 4,0)		1,750 (1,0 – 2,0)	3,750 (3,5 – 4,0)	
	24 horas hidrólise	2,000 (0,0 – 2,5)	3,000 (2,0 – 4,0)		2,000 (0,0 – 2,5)	2,000 (1,0 – 3,0)	
	48 horas hidrólise	1,750 (0,5 – 4,0)	2,250 (2,0 – 3,0)		0,750 (0,5 – 4,0)	2,000 (1,0 – 4,0)	
	72 horas hidrólise	2,250 (1,5 – 3,0)	2,000 (2,0 – 3,0)		2,000 (1,0 – 2,5)	2,250 (0,5 – 2,5)	
	P						

A pontuação do número de lesões variou de um a quatro o que significa que os animais apresentaram de uma a até mais que 10 lesões na região aglandular (tabela 2). Já a severidade desta região variou de zero a quatro indicando que ocorreram animais sem lesões a animais com lesões envolvendo estruturas profundas e com aparência ativa (tabela 2) (MacAllister et al., 1997).

A prevalência de úlceras gástricas antes do consumo de cana foi alta, sendo esta de 87,5% dos animais. Esta permaneceu alta após o consumo de cana durante 30 dias, 93,3% dos animais. Apesar da alta incidência das úlceras durante todo o período experimental os animais não apresentaram qualquer manifestação clínica da presença de úlceras. A ausência de manifestações clínicas, como redução do apetite, bruxismo, cólicas, dentre outros, em animais apresentando úlceras também é citado por Andrews et al. (1999) e Murray et al. (1999).

Hammond et al. (1986), trabalhou com equinos Puro Sangue Inglês submetidos à necropsia e observaram a prevalência de 80% de úlceras em animais em treinamento e de 52% nos animais que não estavam em treinamento para competição.

Fernandes et al. (2003) também realizaram exames gastroscópicos em equinos adultos assintomáticos e observaram prevalência de úlceras gástricas de 47,6%, sendo este valor considerado alto pelos autores.

Observa-se que numericamente ocorreram mais lesões na região aglandular (tabela 2) do que na região glandular (tabela 3). Esta constatação está de acordo com MacAllister et al. (1997) e Buonora et al. (2004) os quais afirmaram que as úlceras ocorrem principalmente na região aglandular do estômago de equinos.

Segundo Murray (2009) na área aglandular, que corresponde aproximadamente 1/3 do estômago, ocorrem 80% das lesões por causticação ácida devido ao seu epitélio escamoso estratificado sem autoproteção eficiente, o que leva à predisposição para a ocorrência das úlceras.

Tabela 3: Médias e medianas da pontuação do número de lesões (PNL) e da severidade das lesões (PSL) da porção glandular do estômago de equinos imediatamente antes (T1) e no 30º dia (T2) de consumo de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

	Tratamento	PNL			PSL		
		T1	T2	P	T1	T2	P
Médias	<i>In natura</i>	0,125	0,250	0,99	0,125	0,125	0,99
	24 horas hidrólise	0,625	0,875	0,99	0,250	0,250	0,99
	48 horas hidrólise	0,500	0,500	0,99	0,375	0,375	0,99
	72 horas hidrólise	0,375	0,000	0,99	0,250	0,000	0,99
	P	0,77	0,35		0,83	0,37	
Medianas	<i>In natura</i>	0,000 (0,0 – 0,5)	0,000 (0,0 – 1,0)		0,000 (0,0 – 0,5)	0,000 (0,0 – 0,5)	
	24 horas hidrólise	0,250 (0,0 – 2,0)	0,750 (0,0 – 2,0)		0,250 (0,0 – 0,5)	0,250 (0,0 – 0,5)	
	48 horas hidrólise	0,250 (0,0 – 1,5)	0,250 (0,0 – 1,5)		0,250 (0,0 – 1,0)	0,250 (0,0 – 1,0)	
	72 horas hidrólise	0,000 (0,0 – 1,5)	0,000 (0,0 – 0,0)		0,000 (0,0 – 1,0)	0,000 (0,0 – 0,0)	
	P						

Já a região glandular apresenta efetivos mecanismos protetores, como a produção de muco, bicarbonato e rápida re-epiteliação da mucosa, sendo nesta a área que ocorrem aproximadamente 20% das úlceras (Buchanan & Andrews, 2003; Videla & Andrews, 2009).

Tabela 4: pH do estômago de equinos imediatamente antes e no 30º dia de consumo de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas

Tratamento	Tempo		CV (%)
	T1	T2	
<i>In natura</i>	2,13	2,85	
24 horas hidrólise	2,13	3,68	26,0
48 horas hidrólise	2,43	2,28	
72 horas hidrólise	1,78	3,93	

O pH do conteúdo estomacal variou de 1,78 a 3,93 e não se observou diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos ou entre os tempos imediatamente antes e no 30º dia de

consumo de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas (tabela 4). No entanto, observa-se um coeficiente de variação de 26% que sugere grande estabilidade da variável estudada, que pode ser devido à interferência da metodologia nos resultados obtidos.

Os valores de pH observados no presente trabalho estão de acordo Frappe (2008) o qual afirmou que na região média do estômago o pH varia entre 5 e 6, enquanto na região pilórica pode atingir 2,6 em dietas exclusivas de feno, o que não ocorre com dietas a base de concentrado.

Poderia ter ocorrido alteração do pH estomacal dos animais devido ao consumo de cana-de-açúcar, pois o pH do conteúdo gástrico pode ser influenciado por dietas ricas em carboidratos solúveis, como neste caso a cana, os quais levam à maior fermentação e produção de ácidos graxos voláteis, como o ácido láctico. Com o aumento de ácido láctico ocorre o aumento da colonização por bactérias ácido-resistentes que são produtoras de metabólitos gastrolesivos que dificultam a cicatrização do epitélio (Nadeau et al., 2000; Nadeau et al., 2003; Videla & Andrews, 2009).

Também poderia ter ocorrido alteração do pH estomacal dos animais devido à adição de óxido de cálcio à cana que apresenta características básicas. Possivelmente isto não ocorreu devido à constante secreção pelas células parietais secretoras de ácido clorídrico que varia de 10 a 30 litros dia (Aranzales & Alves, 2013). O controle da secreção clorídrica envolve mecanismos de *feed back* responsivos a diferentes fatores, como alterações de pH ocasionadas pela composição do alimento (Johnson, 1971).

Valores semelhantes aos observados no presente trabalho foram verificados por Aranzales (2012) que observou valores de pH do conteúdo estomacal variando de 2,38 a 4,01, também trabalhando com gastroscopia em equinos adultos.

Conclusões

Por meio dos métodos empregados e pelo período de estudo utilizado não se observou influência da alimentação de equinos com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio e armazenada por 24, 48 e 72 horas no pH estomacal, no número de úlceras gástricas e na severidade das já existentes. Embora, numericamente, tenha se observado sinais clínicos do aumento do número e da severidade das úlceras na região aglandular devido ao consumo de cana, sendo necessários mais estudos com o uso de cana-de-açúcar na dieta de

equinos para verificar a possível ocorrência de lesões na mucosa gástrica causadas por esta alimentação.

Referências bibliográficas

- ANDREWS, F.; BERNARD, W.; BYARS, D.; et al. Recommendations for the diagnosis and treatment of equine gastric ulcer syndrome (EGUS). *Equine Veterinary Education*, v. 11, n. 5, p. 262-272, 1999.
- ARANZALES, J.R.M. *Efeitos do óleo de milho e do sucralfato em equinos portadores de úlceras gástricas*. 96f. 2012. Tese (doutorado em Ciência Animal). Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ARANZALES, J.R.M.; ALVES, G.E.S. O estômago equino: agressão e mecanismos de defesa da mucosa. *Ciência Rural*, v.43, n.2, 2013.
- BUONORA, G.S.; BASTOSMANSO, J.A.; ALMEIDA, H.B.; et al. Estudo da ocorrência de lesões gástricas em cavalos de vaquejada (resultados preliminares). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.41 (supl) 2004.
- BUCHANAN, B.R.; ANDREWS, F.M. Treatment and prevention of equine gastric ulcer syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v.19, p.575-597, 2003.
- FERNANDES, W.R.; BELLI, C.B.; SILVA, L.C.L.C. Achados gastroscópicos em equinos adultos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.55, n.4, 2003.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FRAPE, D. *Nutrição & alimentação de equinos*. 3.ed. São Paulo: Roca, 2008. 602p.
- HAMMOND, C.J.; MASON, D.K.; WATKINS, K.L. Gastric ulceration in mature Thoroughbred horses. *Equine Veterinarian Journal*, v.18, p.284-287, 1986.
- JOHNSON, LR. Control of gastric secretion: no room for histamine? *Gastroenterology*, v.61, p.106-118, 1971.
- MACALLISTER, C.G.; ANDREWS, F.M.; DEEGAN, E.; et al. A scoring system for gastric ulcers in the horse. *Equine Veterinary Journal*, v. 29, n. 6, p. 430-433, 1997.
- MURRAY, M.J.; GRODINSKY, C.; ANDERSON, C.W.; et al. Gastric ulcers in horses: a comparison of endoscopic findings in horses with and without clinical signs. *Equine Veterinary Journal*, p. 68-72, 1989.
- MURRAY, M.J.; SCHUSSER, G.F.; PIPERS, F.S.; et al. Factors associated with gastric lesions in Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, v. 28, n. 5, p. 368-374, 1996.
- MURRAY, M.J.; VATISTAS, N.J.; ANDREWS, F.M. Equine gastric ulcer syndrome. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 19, n. 5, p. 296-306, 1999.

MURRAY, M. J. Disorders of the stomach. In: BRADFORD, P. SMITH. *Large Animal Internal Medicin*. 4. Ed. Editorial Mosby, 2009, p. 1821.

NADEAU, J.A.; ANDREWS, F.M.; MATHEW, A.G.; et al. Evaluation of diet as a cause of gastric ulcers in horses. *American Journal Veterinary Research*, v. 61, n.7, p.784-790, 2000. Disponível em: <<http://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/ajvr.2000.61.784>>. Acesso em: 21 set. 2012. doi: 10.2460/ajvr.2000.61.784.

NADEAU, J.A. ANDREWS, F.M.; Patton, R.A.; et al. Effects of hydrochloric, valeric and other volatile fatty acids on pathogenesis of ulcers in the nonglandular portion of the stomach of horses. *American Journal Veterinary Research*, v. 64, p.413-417, 2003. Disponível em: <<http://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/ajvr.2003.64.413>>. Acesso em: 21 set. 2012. doi: 10.2460/ajvr.2003.64.413.

SANDIN, A.; SKIDELL, J.; HÄGGSTRÖM, J.; et al. Postmortem findings of gastric ulcers in Swedish horses older than age one year: a retrospective study of 3715 horses (1924-1996). *Equine Veterinary Journal*, v. 32, n. 1, p. 36-42, 2000.

VIDELA, R.; ANDREWS, F. New perspectives in equine gastric ulcer syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v.25, p.283-301, 2009.

CAPÍTULO IX – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sob as condições experimentais do presente trabalho a adição de todas as concentrações de CaO estudadas foram eficientes para manter o valor nutritivo da cana e possibilitaram pouca variação da temperatura, pH e grau brix, permitindo que esta seja utilizada por até 96 horas de armazenamento. No entanto, o CaO necessita ser adicionado à cana somente quando pretende-se armazená-la por período superior a 24 horas.

Para utilização na dieta de equinos, sugere-se que seja utilizada a dose de 0,5% de CaO na cana-de-açúcar pela dificuldade do balanceamento dos teores de Ca/P da dieta com a inclusão de doses maiores.

A cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada por 72 horas proporcionou maior consumo e digestibilidade dos nutrientes, melhorando assim a qualidade nutricional da cana para ser utilizada como volumoso na dieta de equinos.

A digestibilidade dos nutrientes da dieta de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e concentrado pode ser determinada pela LIPE[®]

Por meio dos métodos empregados a cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com óxido de cálcio e armazenada por até três dias, utilizada por 30 dias como volumoso único na dieta mista de equinos, não causam distúrbios de comportamento, alterações dos parâmetros fisiológicos, das características físico-químicas das fezes, dos níveis séricos de minerais (Ca e P), da fosfatase alcalina, da glicemia semanal, da função hepática, da função renal, do hemograma e do retorno pós-prandial dos níveis de glicose sanguínea, indicando que os animais permaneceram saudáveis.

Também não se observou influência da alimentação com cana no pH estomacal, no aumento de úlceras ou da severidade destas na mucosa estomacal, embora, numericamente, tenha se observado sinais clínicos do aumento do número e da severidade das úlceras na região aglandular devido ao consumo de cana, sendo necessários mais estudos com o uso de cana-de-açúcar na dieta de equinos para verificar a possível ocorrência de lesões na mucosa gástrica causadas por esta alimentação.

Ainda são escassos os trabalhos disponíveis na literatura que avaliam a cana-de-açúcar na dieta de equinos e não existem trabalhos que avaliem a utilização desta de forma hidrolisada para esta espécie. Por isso, são necessários mais trabalhos avaliando os efeitos da cana como alimento para os equinos em diferentes condições ambientais e por períodos mais longos.

ANEXOS

ANEXO I - PESO VIVO SEMANAL DOS ANIMAIS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL

Tabela 1: Peso vivo (kg) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas nos tempos de 0, 7, 14, 21 e 28 dias após o início da alimentação

Tratamentos	Tempo após alimentação (dias)					Médias
	0	7	14	21	28	
<i>In natura</i>	385,00	372,25	374,25	378,75	381,50	378,35
24 horas hidrólise	391,50	388,50	390,75	400,25	407,00	395,60
48 horas hidrólise	385,50	381,50	379,00	396,00	395,00	387,40
72 horas hidrólise	401,50	391,25	392,75	406,50	402,25	398,85
Médias	390,87	383,77	384,19	395,37	396,44	

ANEXO II - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SAL MINERAL CONSUMIDO PELOS ANIMAIS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL POR KG DO PRODUTO

Tabela 1. Composição química do sal mineral consumido pelos animais durante o período experimental por kg do produto

Mineral	Quantidade por kg de sal
Cálcio	185,00 g
Fósforo*	60,00 g
Enxofre	12,00 g
Magnésio	13,60 g
Potássio	20,00 g
Sódio	1200,00 g
Palatabilizante	0,50 g
Cobalto	21,00 mg
Cobre	1.200,00 mg
Ferro	2.000,00 mg
Iodo	125,00 mg
Manganês	970,00 mg
Selênio	10,00 mg
Zinco	2.200,00 mg
Fluor (Máx)	600,00 mg

*Solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% (Mín.): 95%

ANEXO III - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DO VALOR NUTRITIVO DA CANA- DE-AÇÚCAR

Tabela 1: Equações de regressão dos valores do grau brix da cana-de-açúcar para cada tempo de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas) em função das concentrações (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio

Parâmetro	Tempo (horas)	Equações de regressão	R ²	CV (%)
Grau Brix	0	NS	-	14,03
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	1,42x + 12,00	55,18	

NS: não significativo

Tabela 2: Equações de regressão dos valores de matéria seca final (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da cana-de-açúcar para cada tempo de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas) em função das concentrações (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio

Parâmetro	Tempo (horas)	Equações de regressão	R ²	CV (%)
MS %	0	NS	-	8,79
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	$- 1,44x^2 + 6,24x + 30,42$	94,53	
EB (cal/g)	0	NS	-	3,71
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	$- 70,84x + 4024,3$	87,87	
	96	$- 62,06x + 3979,6$	76,91	
PB %	0	NS	-	15,62
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	NS	-	
EE %	0	NS	-	37,14
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	$0,46x + 1,38$	77,52	
	36	NS	-	
	48	$0,38x + 1,13$	68,38	
	72	$0,78x + 0,61$	91,85	
	96	NS	-	

NS: não significativo; CV: coeficiente de variação

Tabela 3: Equações de regressão dos valores da matéria seca final (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas)

Parâmetro	% CaO	Equações de regressão	R ²	CV (%)
MS %	0	$0,84x + 28,23$	74,21	12,60
	0,5	$0,84x + 30,02$	82,70	
	0,75	NS	-	
	1	NS	-	
EB (cal/g)	0	NS	-	5,52
	0,5	$- 34,04x + 4030,87$	54,82	
	0,75	NS	-	
	1	$- 24,50x + 3920,29$	53,84	
PB %	0	NS	-	32,79
	0,5	NS	-	
	0,75	NS	-	
	1	$0,05x + 1,84$	45,12	
EE %	0	NS	-	34,84
	0,5	NS	-	
	0,75	NS	-	
	1	NS	-	

NS: não significativo; CV: coeficiente de variação

Tabela 4: Equações de regressão dos valores de fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) da cana-de-açúcar para cada tempo de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas) em função das concentrações (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO)

Parâmetro	Tempo (horas)	Equações de regressão	R ²	CV (%)
FB	0	NS	-	7,15
	6	NS	-	
	12	- 0,83x + 26,81	66,41	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	NS	-	
FDN	0	NS	-	6,38
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	NS	-	
FDA	0	NS	-	11,03
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	NS	-	
HEM	0	NS	-	12,14
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	NS	-	
CEL	0	NS	-	12,83
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	NS	-	
LIG	0	NS	-	13,15
	6	NS	-	
	12	NS	-	
	24	NS	-	
	36	NS	-	
	48	NS	-	
	72	NS	-	
	96	- 0,28x + 5,32	58,18	

NS: não significativo; CV: coeficiente de variação

Tabela 5: Equações de regressão dos valores da fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) da cana-de-açúcar para cada concentração (zero; 0,5; 0,75 e 1%) de óxido de cálcio (CaO) em função dos tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas)

Parâmetro	% CaO	Equações de regressão	R ²	CV (%)
FB	0	NS	-	14,13
	0,5	- 0,31x + 25,34	43,41	
	0,75	NS	-	
	1	NS	-	
FDN	0	NS	-	10,89
	0,5	NS	-	
	0,75	NS	-	
	1	NS	-	
FDA	0	NS	-	13,93
	0,5	NS	-	
	0,75	NS	-	
	1	NS	-	
HEM	0	NS	-	15,83
	0,5	NS	-	
	0,75	NS	-	
	1	NS	-	
CEL	0	NS	-	14,66
	0,5	NS	-	
	0,75	NS	-	
	1	NS	-	
LIG	0	NS	-	19,49
	0,5	NS	-	
	0,75	NS	-	
	1	NS	-	

NS: não significativo; CV: coeficiente de variação

ANEXO IV - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DOS VALORES DO HEMOGRAMA

Tabela 1: Equações de regressão dos valores de hemácias ($\times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (g/dL), volume globular médio (VGM) (%), volume corpuscular médio (VCM) (μ^3), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (g/dL) e valores de leucócitos totais (LEU) ($\times 10^3/\mu\text{L}$) de equinos alimentados com cana-de-açúcar para cada tempo (0, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana) após o início da alimentação em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar (*in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas)

Parâmetro	Tempo (Semana)	Equações de regressão	R ²	CV (%)
Hemácias ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	0	NS	-	14,14
	1 ^a	$0,62x^2 - 3,52x + 11,25$	84,00	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
Hemoglobina (g/dL)	0	$- 0,9x + 14,12$	64,16	13,28
	1 ^a	$0,94x^2 - 5,46x + 18,56$	87,83	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	$- 0,8x + 14,37$	63,21	
VGM (%)	0	NS	-	13,85
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
VCM (μ^3)	0	$1,58x + 32,31$	53,95	7,73
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
CHCM (g/dL)	0	$- 3,53x + 49,51$	56,18	14,52
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
LEU ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	0	NS	-	17,36
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	

NS: não significativo

Tabela 2: Equações de regressão dos valores de hemácias ($\times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (g/dL), volume globular médio (VGM) (%), volume corpuscular médio (VCM) (μ^3), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (g/dL) e valores de leucócitos totais (LEU) ($\times 10^3/\mu\text{L}$) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas em função dos tempos de 0, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana após o início da alimentação

Parâmetro	Tratamentos	Equações de regressão	R ²	CV (%)
Hemácias ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	<i>In natura</i>	NS	-	18,35%
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	- 0,5x + 8,6	67,57	
Hemoglobina (g/dL)	<i>In natura</i>	NS	-	14,52
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	
VGM (%)	<i>In natura</i>	NS	-	15,38
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	
VCM (μ^3)	<i>In natura</i>	2,54x + 32,67	37,45	8,87
	24 horas hidrólise	1,71x + 37,72	25,79	
	48 horas hidrólise	1,33x + 36,28	27,84	
	72 horas hidrólise	1,62x + 36,56	42,37	
CHCM (g/dL)	<i>In natura</i>	-2,19x + 48,51	34,13	8,92
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	
LEU ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	<i>In natura</i>	NS	-	25,18
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	

NS: não significativo

ANEXO V- EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DOS VALORES DE BIOQUÍMICA SÉRICA

Tabela 1: Equações de regressão dos valores de aspartato aminotransferase (AST) (U/L), lactato desidrogenase (LDH) (U/L), gama glutamiltransferase (GGT) (U/L), proteína total (PT) (g/dL), ureia (mg/dL), creatinina (CREA) (mg/dL), cálcio (Ca) (mg/dL), fósforo (P) (mg/dL), fosfatase alcalina (FA) (UI/L) e glicose sanguínea (mg/dL) de equinos alimentados com cana-de-açúcar para cada tempo (0, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana) após o início da alimentação em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar (*in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas)

Parâmetro	Tempo (Semana)	Equações de regressão	R ²	CV (%)
AST (U/L)	0	NS	-	36,69
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	$- 46,31x^2 + 224,89 - 23,56$	99,87	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
LDH (U/L)	0	NS	-	23,60
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	$- 65,02x + 972,75$	60,15	
GGT (U/L)	0	NS	-	31,56
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
PT (g/dL)	0	NS	-	18,84
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	$0,87x^2 - 4,72x + 13,5$	89,09	
	4 ^a	NS	-	
Ureia (mg/dL)	0	NS	-	75,76
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
CREA (mg/dL)	0	NS	-	195,36
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
Ca	0	$- 0,77x + 9,25$	64,28	17,96
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	

(mg/dL)	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
	0	NS	-	
P	1 ^a	NS	-	
(mg/dL)	2 ^a	NS	-	24,77
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
	0	NS	-	
FA	1 ^a	NS	-	32,40
(UI/L)	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	
	0	NS	-	
Glicose	1 ^a	NS	-	
(mg/dL)	2 ^a	NS	-	8,80
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	$- 4,56x^2 + 25,64x + 61,31$	99,69	

NS: não significativo

Tabela 2: Equações de regressão dos valores de aspartato aminotransferase (AST) (U/L), lactato desidrogenase (LDH) (U/L), gama glutamiltransferase (GGT) (U/L), proteína total (PT) (g/dL), ureia (mg/dL), creatinina (CREA) (mg/dL), potássio (K) (mEq/L), cálcio (Ca) (mg/dL), fósforo (P) (mg/dL), fosfatase alcalina (FA) (UI/L) e glicose sanguínea (mg/dL) de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas em função dos tempos de 0, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana após o início da alimentação

Parâmetro	Tratamentos	Equações de regressão	R ²	CV (%)
AST (U/L)	<i>In natura</i>	$32,53x^2 - 207,76x + 445,55$	80,33	51,34
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	
LDH (U/L)	<i>In natura</i>	$190,52x + 29,47$	86,98	44,12
	24 horas hidrólise	$179,50x - 82,30$	87,45	
	48 horas hidrólise	$178,17x + 12,87$	72,96	
	72 horas hidrólise	$204,87x - 105,17$	77,77	
GGT (U/L)	<i>In natura</i>	NS	-	42,32
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	
PT (g/dL)	<i>In natura</i>	NS	-	14,70
	24 horas hidrólise	$-0,62x + 9,77$	64,30	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	
Ureia (mg/dL)	<i>In natura</i>	NS	-	50,43
	24 horas hidrólise	$12552,87x - 3010,62$	82,77	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	$11440,42x - 2001,32$	99,19	
CREA (mg/dL)	<i>In natura</i>	$392,90x - 635,40$	69,01	100,47
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	$271,25x - 478,80$	79,65	
	72 horas hidrólise	$284,87x - 506,12$	79,25	
K (mEq/L)	<i>In natura</i>	$1,82x + 11,22$	36,83	52,30
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	$2,95x + 8,95$	59,43	
	72 horas hidrólise	NS	-	
Ca (mg/dL)	<i>In natura</i>	NS	-	11,93
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	$0,90x + 4,9$	69,98	
	72 horas hidrólise	$0,67x + 5,62$	81,73	
P (mg/dL)	<i>In natura</i>	$-0,9x + 6,3$	28,85	31,97
	24 horas hidrólise	$-0,82x + 6,12$	31,19	
	48 horas hidrólise	$-0,7x + 5,75$	17,53	
	72 horas hidrólise	$-1,17x + 7,47$	38,97	
FA (UI/L)	<i>In natura</i>	$-1,80x^2 + 11,20x - 1,60$	95,66	35,28
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	$-2,41x^2 + 13,94 - 3,95$	97,73	

	72 horas hidrólise	-1,4x + 16,00	56,12	
	<i>In natura</i>	NS	-	
Glicose (mg/dL)	24 horas hidrólise	NS	-	14,51
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	

NS: não significativo

ANEXO VI – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DOS VALORES DE PH E MATÉRIA SECA DAS FEZES

Tabela 1: Equações de regressão dos valores do pH e matéria seca (MS) das fezes de equinos alimentados com cana-de-açúcar para cada tempo (0, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana) após o início da alimentação em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar (*in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas)

Parâmetro	Tempo (semanas)	Equações de regressão	R ²	CV (%)
pH	0	NS	-	12,29
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	0,47x + 5,62	62,78	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	-	-	
MS (%)	0	NS	-	10,48
	1 ^a	NS	-	
	2 ^a	NS	-	
	3 ^a	NS	-	
	4 ^a	NS	-	

NS: não significativo

Tabela 2: Equações de regressão dos valores do pH e matéria seca (MS) (%) das fezes de equinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas em função dos tempos de 0, 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semana após o início da alimentação

Parâmetro	Tempo (semanas)	Equações de regressão	R ²	CV (%)
pH	<i>In natura</i>	NS	-	8,51
	24 horas hidrólise	NS	-	
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	NS	-	
	<i>In natura</i>	NS	-	
MS (%)	24 horas hidrólise	- 1,00x + 18,89	94,03	11,98
	48 horas hidrólise	NS	-	
	72 horas hidrólise	- 0,67x + 19,26	85,46	

NS: não significativo