

**ELIZABETH REGINA RODRIGUES DA SILVA**

**GLUTAMINA E BIOMARCADORES EM HERBÍVOROS  
(CAPRINOS E EQUINOS) GESTANTES E LACTANTES**

**RECIFE**

**2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA**

**ELIZABETH REGINA RODRIGUES DA SILVA**

**GLUTAMINA E BIOMARCADORES EM HERBÍVOROS  
(CAPRINOS E EQUINOS) GESTANTES E LACTANTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Ciência Veterinária.

Orientador:  
Prof. Dr. Hélio Cordeiro Manso Filho

Co-Orientadora:  
Profa. Dra. Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso

**RECIFE**  
**2016**

Ficha catalográfica

S586g Silva, Elizabeth Regina Rodrigues da  
Glutamina e biomarcadores em herbívoros (caprinos e equinos)  
gestantes e lactantes / Elizabeth Regina Rodrigues da Silva. – Recife,  
2016.

81 f. : il.

Orientador: Hélio Cordeiro Manso Filho.

Tese (Doutorado em Ciência Veterinária) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina  
Veterinária, Recife, 2016.

Inclui referências e anexo(s).

1. Aminoácido 2. Bioquímica 3. Caprino 4. Catabolismo  
5. Desenvolvimento de potros I. Manso Filho, Hélio Cordeiro  
orientador II. Título

CDD 636.089

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA**

**GLUTAMINA E BIOMARCADORES EM HERBÍVOROS**  
**(CAPRINOS E EQUINOS) GESTANTES E LACTANTES**

Tese de Doutorado elaborada por:

**ELIZABETH REGINA RODRIGUES DA SILVA**

Aprovada em: 18/02/2016

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Hélio Cordeiro Manso Filho  
Orientador- Departamento de Zootecnia da UFRPE

Prof. Dr. Giovani Rota Bertani  
Universidade Federal de Pernambuco - DBIOq

Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena  
Universidade Federal Rural de Pernambuco / UAG

Profa. Dra. Érika Korinfsky Wanderley  
Faculdade IBGM- Instituto Brasileiro de Saúde

Dra. Núbia Michelle Vieira da Silva  
Universidade Federal da Paraíba / Centro de Ciências Agrárias

## **Dedicatória**

**À minha família  
dedico .**

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus que me concede forças e saúde diariamente no meu caminho;

Dedico também este trabalho aos meus familiares Maria Silva, Antônio Rodrigues, Márcia Rodrigues, Suely Germano por sempre acreditarem no meu potencial e me dar forças nas diferentes situações encontradas;

E principalmente a Camilinha, que me fez descobrir o amor incondicional antes mesmo de conhecê-la, logo no início do doutorado. Onde no meu ventre pôde acompanhar o dia-a-dia de uma Doutoranda no início de suas pesquisas;

Ao meu companheiro Pedro Gundes, sempre ao meu lado durante todas as situações e não media esforços para me ajudar nas diversas tarefas que a vida nos impusera;

Aos meus amigos do BIOPA: Érika Korinsky, Telga, Gisele, Armele, Simone, Stephânia, Kathy, Viviane, Carol's, Camila, Duda e Futuras mestrandas.

À Profa. Lúcia Maia que me acolheu nas diferentes situações com uma palavra amiga;

À Monica Hunka, não tenho palavras para agradecer a essa companheira de sempre, no campo, no laboratório, nas viagens, na escrita dos papers e no dia-a-dia;

Aos amigos que sempre e deram apoio: Amanda Janaína, Gileno Lino, Alessandra D'Alencar, Maristella Santana, Augusta Gundes, Evelyne Carvalho, Juliana Simas, Simone Avellar, Karol Figueiredo, Aloma França, Cibele, Marília e Ryan, Mateus Peregrino, Joseti Gomes, Michele e Sérgio Campello.

Aos Colegas da Pós: Nathália Ianatoni, Natália Matos, Marlon, Artur Cezar, Luiz Baptista, Luciana.

À fazenda Uberaba, por disponibilizar o local e os animais para pesquisa;

À Ajinomoto biolatina, pelo aporte do Aminogut e Arginina;

À Guabi nutrição animal pelo fornecimento do concentrado utilizado neste experimento;

À Presciliana Ferreira que disponibilizou os caprinos para pesquisa;

À minha querida Universidade Federal Rural de Pernambuco, que estou com ela há 14 anos, onde me proporcionou construir conhecimentos para a minha profissão;

Ao meu orientador Hélio Manso, pela sua orientação e apoio durante esse tempo;

À minha co-orientadora Helena Emília Manso pela orientação durante a pós-graduação;

À banca avaliadora pelas sugestões apresentadas;

À CAPES, pela concessão da minha bolsa de Doutorado

À todas éguas, potros, cabras e cabritos envolvidos neste experimento, que proporcionaram a realização desta pesquisa.

**“Pedras no caminho? Eu guardo todas. Um dia vou construir um castelo”**  
Nemo Nox

## RESUMO

Os caprinos são criados em diferentes partes do mundo e informações a respeito dos biomarcadores hematológicos e bioquímicos podem ser encontrados para diferentes raças e sistemas de manejo. Por outro lado, a espécie equina vem ganhando cada vez mais destaque frente às suas habilidades entre outras características. Neste contexto a raça Quarto de Milha destaca-se pela sua versatilidade e participa de várias modalidades esportivas, assim sendo é válido conhecer os parâmetros de crescimento e composição corporal destes animais buscando ferramentas de monitoramento para seu desenvolvimento. Entretanto em condições tropicais ainda são reduzidas as informações no que se refere ao metabolismo da glutamina e do glutamato e as suas relações com outros parâmetros metabólicos e sanguíneos nestes animais. A Glutaminemia precisa ser mantida para assegurar o funcionamento de sistemas vitais como o Sistema Nervoso Central, Imune e Renal. A L-Glutamina é importante como precursora para síntese de peptídeos e proteínas e ainda é o principal substrato energético para enterócitos. Em equinos ainda não estão disponíveis estudos que indiquem como se comporta a síntese de Gln em éguas em lactação mantidas à pasto sem suplementação com concentrado. O objetivo do presente trabalho é estudar os biomarcadores em herbívoros (caprinos e equinos) em diferentes fases de vida. Nesse contexto, os trabalhos elaborados durante a presente tese demonstraram que alguns biomarcadores em caprinos variam de acordo com a categoria estudada, entre eles [GLU] e [GLN+GLU]. Onde esses animais passam por adaptações decorridas na mudança de alimentação, clima, manejo e estado fisiológico; nos equinos o uso diário de 50g de uma mistura de glutamina e glutamato (Aminogut®) é capaz de manter a Massa Corporal das éguas durante toda a lactação e manter os níveis sanguíneos de Glutamina elevada nos potros.

**Palavras-chave:** aminoácido, bioquímica, caprino, catabolismo, desenvolvimento de potros.



## ABSTRACT

The goats are raised in different places around the world. Assessment about haematologic and biochemical parameters can be found for different breeds or management systems. On the other hand, another specie is increasing its importance by their ability in sports. The Quarter Horse stands out by versatility and takes part in different competitions, Therefore, it is worth knowing their body composition and growth parameters in order to tools to monitor their development. However, there is a lack of data about glutamine and glutamate metabolism and other parameters, in these species, in tropical conditions. The glutamine homeostasis must be maintained to ensure the functions of vital systems such as central nervous system and immune and renal systems. The L-Glutamine is important as a precursor for peptide and protein synthesis and is still the main energy source for enterocyte. Studies in horses showing glutamine synthesis in lactating mares kept on pasture without grain supplementation are not available yet. The aim of this work was to study biomarkers in hervivores (goats and horses) at different stages of life. In this context, the work developed in this thesis demonstrated that some biomarkers in goats vary according the group of animals, as [GLU] and [GLN+GLU]. These animals undergo to adaptation according with diet changes, climate, management and physiological state; in equine the dairy use of 50g of a mix with glutamine and Glutamate (Aminogut™) is useful to maitain body mass throughout lactation and maintain elevated the blood levels of glutamine in foals.

**Key words:** Amino Acid, Biochemical, Goat Catabolism, Foals Development.

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Artigo 1	
Tabela 1. Concentração sanguínea do glutamato e da glutamina de caprinos da raça Saanen em diferentes categorias.	42
Tabela 2. Média do perfil bioquímico de caprinos da raça Saanen em diferentes categorias.	43
Tabela 3. Variação nos parâmetros hematológicos de caprinos da raça Saanen em diferentes categorias	44
Artigo 2	
Tabela 1. Concentração de diferentes biomarcadores no leite de éguas lactantes suplementadas com 50 g ou 100g de uma mistura de Glutamina e Glutamato.	52
Tabela 2. Concentração de diferentes biomarcadores no sangue de éguas lactantes, mantidas a pasto e suplementadas com 50 g ou 100g de uma mistura de Glutamina e Glutamato.	53
Tabela 3. Resultados dos índices biométricos em éguas lactantes suplementadas com 50g ou 100g de uma mistura de Glutamina e Glutamato.	54
Tabela 4. Resultado da concentração de diferentes biomarcadores de potros no nascimento e ao 1o, 3o e 5o mês de vida, filhos de éguas suplementadas com uma mistura de Glutamina e Glutamato.	55
Tabela 5. Resultados dos índices biométricos e composição corporal de potros no nascimento e ao 1o, 3o e 5o mês de vida, filhos de éguas suplementadas com uma mistura de Glutamina e Glutamato.	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Aminoácido
Acetil-CoA	Acetilcoenzima A
AcU	Ácido úrico
ALB	Albumina
ALBU	Albumina
ALT	Alanina aminotransferase
AST	Aspartato aminotransferase
ATP	Adenosina trifosfato
BIOPA	Laboratório de Biologia Molecular Aplicada a Produção Animal
Ca	Cálcio
CGB	Células brancas do sangue
CHCM	Concentração de hemoglobina corpuscular média
CK	Creatina quinase
COLEST	Colesterol Total
COLE-T	Colesterol Total
CREAT	Creatinina
dL	Decilitros
DOD	Doenças ortopédicas de desenvolvimento
ED	Energia digestível
EE	Extrato etéreo
FB	Fibra bruta
GLIC	Glicose
GLN	Glutamina
GLU	Glutamato
Hb	Hemoglobina
HEM	Hemácias
Ht	Hematócrito
Máx	Máximo
MG	Massa de gordura
Mín	Mínimo
mL	Mililitros

MLG	Massa livre de Gordura
MM	Matéria mineral
NEFA	Ácidos graxos não esterificados
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amônio
NRC	National Research Council
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
PPT	Proteína Plasmática Total
PT	Proteínas Totais
RDW- CV	Coefficiente de variação de amplitude de distribuição dos eritrócitos
TRIG	Triglicérides ou triglicerídeos
UM	Umidade
URE	Ureia
VCM	Volume corpuscular médio

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
[ ]	Concentração
~	Aproximadamente
®	Marca registrada
μ	Micro
β	Beta

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1 Glutamina e glutamato.....	15
2.2 Parâmetros hematimétricos .....	17
2.3 Pesquisa bioquímica .....	19
2.4 Vias metabólicas .....	22
2.5 Crescimento e desenvolvimento de potros .....	23
2.6 Composição do leite de éguas.....	25
<b>3. ARTIGOS CIENTÍFICOS .....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
3.1 Biomarcadores sanguíneos de caprinos saanen com diferentes faixas etárias.....	30
<b>CAPÍTULO II</b>	
3.2 Efeito da suplementação com uma mistura de Glutamina e glutamato em éguas lactantes e seus potros .....	46
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>70</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se observado o crescimento da caprinocultura no país, em parte devido às vantagens que esse tipo de criação apresenta em pequenas áreas, facilidade de manejo e uma boa diversidade de produção, o que a torna de especial importância para as regiões áridas e semiáridas (BEZERRA et al., 2008; COSTA et al., 2009). Nesse sentido, a busca de elementos alternativos para reduzir custos de produção e garantir maior concorrência é um fator importante na sustentabilidade de qualquer atividade econômica (PEREIRA et al., 2011). Sendo a caprinocultura leiteira no Brasil uma importante atividade do ponto de vista social e econômico, atualmente tem-se buscado aumento na produção com a introdução de raças exóticas mais especializadas para produção de leite, onde a raça Saanen é comumente empregada (SOUZA et al., 2015).

Em contrapartida, uma outra espécie vem ganhando cada vez mais destaque relativo às suas habilidades entre outras características. Nesse contexto, o cavalo da raça Quarto de Milha é um animal de alta versatilidade, participa de várias modalidades esportivas (apartação, corrida, laço, rédeas, tambor, baliza, vaquejada, etc), diante disso é válido conhecer os parâmetros de crescimento e composição corporal destes animais, favorecendo assim ferramentas de monitoramento para seu desenvolvimento (ABQM, 2016).

Os Biomarcadores são definidos como moléculas biológicas que podem ser mensuradas de forma objetiva e avaliadas como indicadoras do processo biológico normal, patológico ou resposta farmacológica a uma influência terapêutica (MAMAS et al., 2011).

Dentre os biomarcadores a L-Glutamina é um importante aminoácido precursor da síntese de peptídeos, proteínas e ácidos nucleicos e também fonte de carbono, para oxidação em algumas células, como enterócitos e células do sistema imune. Entretanto, o produto imediato do metabolismo da Gln na maioria das células é o L-Glutamato, que é produzido após a ação da glutaminase, este é o mais abundante aminoácido intracelular, em concentrações que variam de 2 a 20 mmol (NEWSHOLME et al., 2003). Tal aminoácido está largamente presente no leite das éguas e tem importante função de nutrir os enterócitos no desenvolvimento inicial dos intestinos dos potros recém-nascidos.

Nos equinos já foi estabelecido que o tecido mamário expressa a Glutamina sintetase, e o colostro e leite apresentam elevadas concentrações desse aminoácido (MANSO FILHO et al., 2008a). Em porcas lactantes observa-se que a glândula mamária disponibiliza 125% de Gln a mais no leite do que a quantidade de Gln captada presente no sangue arterial desse tecido

(TROTIER et al.,1997), elevando a disponibilidade desse aminoácido para os lactentes. Além disso, a Gln é metabolizada nos neonatos para a síntese de citrulina e arginina, que são aminoácidos essenciais para o desenvolvimento e saúde dos intestinos (WU et al., 2004; WU et al. 2009; FLYNN et al., 2009).

Outro aspecto de relevante atenção é o crescimento e desenvolvimento de potros, onde o manejo e a alimentação são baseados no equilíbrio entre nível de crescimento comercial ideal, mas sem comprometimento da saúde, evitando assim Doenças Ortopédicas de Desenvolvimento (DOD) (PAGAN e NASH, 2009). Deste modo, um estudo detalhado do crescimento de potros, desde o nascimento até o desmame, é extremamente significativo, já que a fase mais intensiva de desenvolvimento destes animais, ocorre neste intervalo (LUSZCZYNSKI e PIESZKA, 2011).

Os caprinos e equinos são criados em diferentes partes do mundo e informações a respeito dos biomarcadores hematológicos e bioquímicos podem ser encontrados para diferentes raças e sistemas de manejo. Entretanto, em condições tropicais ainda são reduzidas as informações no que se refere ao metabolismo da glutamina e do glutamato nestas espécies e as suas relações com outros parâmetros metabólicos e sanguíneos (MANSO FILHO et al., 2008A; MELO et al., 2013; GREENWOOD e MCBRIDE, 2010; ZAVARIZE et al., 2010; CAROPRESE et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012).

Com as hipóteses de que o perfil de biomarcadores nos caprinos possibilite melhor entendimento dos processos metabólicos nos animais sadios e enfermos contribuindo para sua produtividade; e ainda que o uso de suplementação com uma mistura de glutamina e glutamato em éguas lactantes reduz o efeito catabólico nesses animais durante a fase de lactação e promove melhoria na saúde do potro. Desta forma, objetivou-se estabelecer o perfil aminoacídico, bioquímico e hematológico de caprinos sadios da raça Saanen com diferentes faixas etárias criadas em regime intensivo e também conhecer os possíveis efeitos da suplementação com Aminogut® em éguas durante a lactação e se estes efeitos são extensivos aos potros.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Glutamina e glutamato

Os aminoácidos, unidades básicas de proteínas, podem ser encontrados em todos os alimentos de origem animal ou vegetal, que contenham proteínas. Entretanto os animais não podem sintetizar todos os aminoácidos para sua manutenção, estes chamados de aminoácidos essenciais (SILVER et al, 1994; XI et al, 2011).

Anteriormente considerada como aminoácido não essencial, a glutamina (Gln) foi reclassificada como condicionalmente essencial por Lacey e Wilmore em 1990, fundamentados na observação de redução na sua concentração nos níveis plasmáticos sob condições de estresse catabólico, sugerindo síntese imprópria para a demanda. Também foi demonstrado por Wu e colaboradores (2009) que os aminoácidos participantes das rotas metabólicas para aprimorar a saúde, a sobrevivência, o crescimento, o desenvolvimento, a lactação e a reprodução nos animais devem ser considerados como Aminoácidos Funcionais, sendo assim, a glutamina estaria inserida neste grupo. Afirmando também que a deficiência destes nutrientes danifica tanto a síntese protéica como também a homeostase corporal.

A Glutamina é o aminoácido livre mais importante encontrado nos tecidos dos mamíferos, especialmente o muscular, desempenhando um importante papel na homeostase protéica (CURTHOYS e WATFORD, 1995; WATFORD e WU, 2005). Ela também está presente em altos níveis no plasma (0,5 a 1,0 mmol), leite (0,5 a 4,0mmol), fluido alantóico fetal (1 a 25mmol), tecidos, sobretudo no músculo esquelético (5 a 20mmol), alterando com a espécie e fase de desenvolvimento (WU et al.,2010).

São inúmeros os papéis realizados pela glutamina, dentre os quais destacamos: transporte de amônia dos tecidos produtores (músculos) para os órgãos que eliminam (fígado e rins) (FRANCISCO et al., 2002), precursora na síntese de peptídeos e proteínas, purinas e pirimidinas, assim como síntese de ácidos nucleicos e ainda disponibiliza carbono para oxidação em algumas células (NEWSHOLME et al., 2003; CRUZAT et al., 2009). Os músculos esqueléticos, tecido adiposo, pulmões e cérebro produzem a glutamina empregada pelos enterócitos, leucócitos, fígado, rins, neurônios específicos do Sistema Nervoso Central, células do sistema imune e células  $\beta$  do pâncreas (NEWSHOLME et al., 2003; ROTH, 2008).

Além de combustível energético para os enterócitos e as células imunes, a glutamina é precursora de nucleotídeos, moléculas importantes no desenvolvimento e reparo de células

imunes e intestinais. Contudo, o produto imediato do metabolismo da glutamina na maioria das células é o glutamato (Glu), que é produzido pela ação da glutaminase, esta enzima mitocondrial é encontrada em elevadas concentrações em células que utilizam a glutamina (NEWSHOLME et al., 2003). Nesse sentido, o glutamato derivado da dieta, pode facilmente substituir a glutamina em diferentes ações metabólicas, como a geração de energia e a síntese de aminoácidos. E ainda, metabolicamente a glutamina e o glutamato podem ser permutáveis como substrato para o sistema celular da mucosa intestinal (REEDS e BURRIN, 2001).

A única enzima do mamífero capaz de produzir glutamina é a Glutamina Sintetase (VAN STRAATEN et al., 2006) esta é expressa em grandes números de tecidos, em equinos destaca-se alta expressão no rim e glândula mamária, e relativamente alta no fígado e tecido adiposo, menor expressão foi encontrada no músculo glúteo, timo, cólon e pulmão, e muito menor no intestino delgado, pâncreas e útero (MANSO FILHO et al., 2008a).

Sendo assim, sob condições naturais, há o equilíbrio entre a produção e o gasto da glutamina, assegurando o funcionamento dos sistemas vitais como o Sistema Nervoso Central, e os sistemas imune e renal (NEWSHOLME et al., 2003). Contudo, em situações de estresse catabólico como infecções, queimaduras, cirurgias e exercício físico intenso, induzem a uma retirada maior de glutamina e redução da concentração plasmática (FRANCISCO et al., 2002; HUANG et al., 2007; ROTH, 2008). Diante dessas situações adversas, com o aumento do consumo de glutamina por outros tecidos, maiores quantidades são disponibilizadas pelo tecido muscular (CURTHOYS e WATFORD, 1995; WERNERMAN, 2008).

Uma outra situação bastante vulnerável para os mamíferos é o período de desmame, com o aumento da incidência de mal nutrição, infecções intestinais e crescimento lento (YOO et al., 1997). Glutamina, nucleotídeos e ácidos graxos afetam a resposta imune, mas a glutamina parece ser mais relevante por conta de seus requerimentos pelo epitélio gastrointestinal e associação com o tecido linfático (ALEXANDER, 1995).

Ao considerarmos que a nutrição tem efeitos profundos sobre as defesas imunitárias do hospedeiro, a suplementação de GLN mantém a concentração de glutamina intramuscular e normaliza a função linfocítica em porcos infectados e recém desmamados (YOO et al., 1997). E ainda auxilia pacientes com traumas múltiplos, estes após receberem glutamina via enteral aumentaram as concentrações plasmáticas de glutamina (HOUDIJK et al., 1998). Por outro lado, um outro estudo demonstrou que a suplementação na dieta de ratos saudáveis em crescimento não aumentou as concentrações plasmáticas nem teciduais (BOZA et al., 2000).

A mais evidente ação da glutamina como agente terapêutico é relatada em distúrbios digestivos, mas para alguns destes distúrbios podemos utilizar alternativas nutricionais

estratégicas com benefícios funcionais similares. Podendo ser em períodos específicos, durante o período inicial do desmame em crias (LOBLEY et al., 2001), início da lactação em éguas (MANSO FILHO et al., 2008b) e ainda em pacientes traumatizados no início do tratamento (HOUDIJK et al., 1998) ou após choques hemorrágicos (YANG et al., 2007).

Já tem sido descrito que a glicose é a maior fonte para o crescimento fetal, mas durante o final da gestação o suprimento de glicose diminui e o feto começa a derivar energia de outros substratos, como o lactato e aminoácido (CLOWES et al., 2003). Nesse sentido, mudanças no metabolismo da glutamina em éguas durante o período de transição pode causar um leve estado de catabolismo (MANSO FILHO et al., 2008b), já em vacas leiteiras de alta produção a GLU é potencialmente limitante para a síntese da proteína do leite (MEIJER et al., 1995).

Estudos em homens e ratos (ORTEGA et al., 1994; MATSUMOTO et al., 1995; BOZA et al., 2000; YANG et al., 2007; ROTH, 2008; WERNERMAN, 2008), suínos (TROTIER et al., 1997; PLUSKE et al., 1998; LI et al., 2009; ABREU et al., 2010; CABRERA et al., 2013) e equinos (MANSO FILHO et al., 2008a; MANSO FILHO et al., 2009b; MANSO et al., 2015) são bastante difundidos, e não há relatos sobre efeitos adversos ou negativos em seu uso regular (WERNERMAN, 2008), porém com efeitos colaterais em doses elevadas (HOLECEK, 2013).

Apesar de muito progresso nas pesquisas com glutamina, tanto no campo investigativo como nas pesquisas envolvendo suplementação, ainda assim se sabe relativamente pouco sobre seus efeitos nas éguas lactantes e possíveis benefícios em seus potros. Nesse sentido, é necessário esclarecer os mecanismos que envolvem a glutamina, expandindo assim suas aplicações, procurando solucionar os principais problemas relacionados com perda protéica em animais e humanos (XI et al., 2011).

## **2.2 Parâmetros hematimétricos**

Atualmente o interesse nas pesquisas no campo da hematologia veterinária tem-se acentuado consideravelmente, sobretudo devido ao aprimoramento das técnicas empregadas e, também, à utilização de respaldo laboratorial, na busca de soluções relativas aos problemas clínicos pertinentes às diferentes espécies animais (SILVA, 2010), e ainda indicar alternativas capazes para favorecer o rendimento dos animais de produção (PARRY, 2009; DELFINO et al., 2012).

O hemograma além de avaliar a higidez do animal também é utilizado para indicação do seu grau de estresse. Assim, o estresse por calor de longa duração pode causar hemoconcentração, devido à queda da ingestão alimentar e perda da água por evaporação, contribuindo assim para a redução do volume plasmático sanguíneo. Sendo assim, animais de produção tem o seu rendimento influenciado diretamente pelas condições climáticas em que estão inseridos (SILVA, 2010; DELFINO et al., 2012).

O eritrograma, parcela do hemograma que aprecia a série vermelha do sangue, é comumente realizado em pacientes com afecção significativa, tendo em vista sua relevância na detecção de diagnósticos, avaliação de prognósticos e ainda da eficácia terapêutica de diversas doenças que possam transformar o quadro eritrocitário (KANEKO et al., 1997; DELFINO, et al., 2012).

O hematócrito expresso em porcentagem, relaciona o volume de hemácias ao volume total de sangue. Embora diferentes valores de hematócrito podem ser relacionados com mesmo número de hemácias, segundo o estado de hidratação do animal: hipervolemia e aumento no volume plasmático resultam em valores menores, já a desidratação e redução no volume plasmático geram valores mais elevados (THRALL, 2007).

As hemácias, também conhecidas como eritrócitos, são os glóbulos vermelhos do sangue, e ainda é o elemento presente em maior quantidade no sangue (THRALL, 2007; DELFINO et al., 2012), já a hemoglobina é uma proteína conjugada formada por proteínas (96%) e um grupo prostético de coloração vermelha “heme” (4%), formado por ferro (LOPES et al., 2007). As anemias podem ser categorizadas de acordo com os índices eritrocitários, baseados no tamanho e morfologia das hemácias. Os índices eritrocitários são: Volume Corpuscular Médio (VCM) e a Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM). Esta classificação pode ser comprovada pelo exame microscópio da população de hemácias, contudo devemos considerar que não é específica para a determinação da anemia, entretanto pode esclarecer o mecanismo patofisiológico, auxiliando assim o protocolo de tratamento (KANEKO et al., 1997; LOPES et al., 2007).

A presença dos contadores eletrônicos hematológicos tem sido cada vez mais frequente, tais tecnologias fornecem uma informação complementar sobre o volume celular no hemograma de rotina (BALARIN et al., 2006), tal instrumento calcula a distribuição do diâmetro dos eritrócitos, designada RDW (Red Blood Cell Distribution Width) cujo valor mostra o grau de heterogeneidade entre as hemácias por meio de uma análise quantitativa (WEISER et al., 1983) ou simplesmente índice de anisocitose. O RDW representa o coeficiente de variação da distribuição do volume das hemácias e pode ser considerado um índice de

heterogeneidade, equivalente à anisocitose observado no esfregaço sanguíneo (ROMERO-ARTAZA, 1999; BALARIN et al., 2006). Pode também ser considerado um índice para avaliação dos diferentes tipos de anemia (ROBERTS e BADAWI, 1995; ROMERO-ARTAZA, 1999).

Os leucócitos ou glóbulos brancos, são células produzidas na medula óssea que fazem parte do sangue, associados com eritrócitos e plaquetas. São as células responsáveis por defender o organismo contra infecções, doenças e alergias (LOPES et al., 2007; THRALL, 2007).

Sendo assim, para a correta interpretação do exame inúmeros pesquisadores têm procurado determinar valores de referência para os animais domésticos, sendo de comum acordo que eles devem ser regionais e de cada laboratório, pois são influenciados pela espécie animal, raça, sexo, idade, temperatura ambiente, altitude, nutrição, excitação do animal, gestação, puerpério, lactação, balanço hídrico, localização geográfica e atividade física (JAIN, 1993; KANEKO et al., 1997; THRALL, 2007; PARRY, 2009).

### **2.3 Pesquisa bioquímica**

A investigação detalhada dos elementos hematológicos e bioquímicos do sangue dos animais domésticos é de grande valia, sendo amplamente empregado na clínica veterinária seja no amparo ao diagnóstico e tratamento, seja como prognóstico de certas enfermidades, sobretudo nas de natureza metabólica (MUNDIM et al., 2004; LOPES et al., 2007; PARRY, 2009). Neste aspecto, o conhecimento das concentrações fisiológicas dos elementos bioquímicos das espécies domésticas nas suas diferentes fases de vida, forma a base para análise das alterações patológicas destes constituintes nos quadros mórbidos, facilitando o diagnóstico (BUGALIA e KUMAR, 1996; BENESI et al., 2009).

As mais importantes provas de bioquímicas de função renal incluem a ureia e creatinina séricas/plasmáticas (LOPES et al., 2007). A ureia é um produto de excreção do metabolismo do nitrogênio e sua determinação em amostras de soro sanguíneo, junto com a albumina, revelam informações sobre a atividade metabólica protéica do animal. A concentração sanguínea de ureia está em relação direta com o aporte da ração, bem como da relação energia e proteína (GONZÁLEZ, 2000). Valores baixos de ureia no sangue dos animais são encontrados em rebanhos que utilizam dietas com deficitário aporte protéico (WITTEWER, 2000; KERR, 2003; TOKARNIA et al., 2010). Um aumento na concentração de ureia pode indicar um

excesso de proteína na ração. Todavia, esse aumento também pode ser produzido por um déficit de energia, uma deficiência de água nos rebanhos (GONZÁLEZ, 2000; MUNDIM et al., 2004), hemorragia gastrointestinal, aplicação de glicocorticoide, hipotensão entre outros fatores (LOPES et al., 2007).

A creatinina é produzida pelo metabolismo da creatina e fosfocreatina muscular. O nível sanguíneo não é influenciado pela dieta, idade, sexo embora elevado metabolismo muscular possa aumentar os níveis de creatinina na circulação (LOPES et al., 2007). A excreção de creatinina apenas é realizada via renal, pois ela não é reabsorvida nem reaproveitada pelo organismo (KERR, 2003; LOPES et al., 2007). Assim, os níveis de creatinina plasmática mostram a taxa de filtração renal, de forma que níveis altos de creatinina apontam uma deficiência na funcionalidade renal, tais como: desidratação, insuficiência renal ou atividade muscular intensa e prolongada. Dentre as causas de diminuição nos níveis de creatinina plasmática são consideradas hidratação excessiva, insuficiência hepática e doenças musculares degenerativas (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

O emprego de dosagens enzimáticas como método adicional aos problemas hepáticos é amplamente utilizado na medicina veterinária. Tais enzimas elevam-se na circulação conforme são liberadas nas células de origem (MEYER et al., 1995; LOPES et al., 2007). De acordo com a espécie, as enzimas podem ser localizadas em maior ou menor quantidade no hepatócito, ou outros órgãos além do fígado. Assim sendo, a alanina aminotransferase (ALT) está em maior quantidade nos hepatócitos de pequenos animais, enquanto que em ruminantes e equinos a aspartato aminotransferase (AST) é preponderante (SMITH e SHERMAN, 1994, MEYER et al., 1995).

Em ruminantes, as mudanças nas atividades enzimáticas de ALT são altamente variáveis e inconstantes em resposta as lesões hepáticas (SMITH e SHERMAN, 1994) e não tem valor na avaliação diagnóstica do dano hepatocelular (MEYER et al., 1995). Já a AST é a aminotransferase de escolha em ruminantes e equinos, sendo indicada para diagnóstico de lesões hepáticas e eventualmente musculares (LOPES et al., 2007), podendo ter variação significativa em relação a idade dos animais (BEHERA et al., 1993).

Além disso, o exercício intenso e a necrose muscular podem aumentar a atividade de AST no soro tardiamente. Assim sendo, a creatina quinase (CK), estará aumentada sendo que seus níveis diminuem antes mesmo dos níveis da AST (LOPES et al., 2007), pois a CK é uma enzima citoplasmática sujeita a liberação rápida na circulação resultante de pequenas alterações celulares, bastante utilizada para avaliação do sistema muscular (SMITH e SHERMAN, 1994; MEYER et al., 1995; HARRIS et al., 1998).

O perfil bioquímico das proteínas séricas pode auxiliar na avaliação do estado nutricional, podendo indicar alterações metabólicas e auxiliar no diagnóstico clínico de diversas moléstias (BARIONI et al. 2001; KERR 2003; BARUSELLI, 2005). As proteínas plasmáticas são sintetizadas basicamente no fígado e são constituídas de aminoácidos obtidos após quebra e absorção intestinais, para interpretação da hipoproteïnemia é necessário averiguar as causas básicas desta fisiologia como falhas na ingestão, absorção, síntese ou perda protéica (LOPES et al., 2007). Temos ainda a albumina como integrante do metabolismo protéico, onde é abundante dentre as proteínas séricas eletroforéticas, nos animais faz parte de 35 a 50% do total das proteínas séricas, sendo catabolizada por tecidos metabolicamente ativos, e ainda é a maior reserva orgânica de proteínas e transporte de aminoácidos (LOPES et al., 2007; GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

O ácido úrico é o produto do metabolismo das purinas, e de ácidos nucléicos dos alimentos. A maioria do ácido úrico sintetizado provém da dieta e, em larga extensão, da quebra de ácidos nucléicos endógenos. Valores acima dos normais podem caracterizar neoplasias, ingestão de substâncias tóxicas ou drogas e hipotireoidismo (GONZÁLEZ, 2000; GONZÁLEZ e SILVA, 2008).

Dentre os diversos metabólitos usados como fonte para a oxidação respiratória, a glicose é considerada principal, sendo fundamental para funções tais como o metabolismo do cérebro e na lactação. O nível de glicose sanguínea pode indicar falhas na homeostase, como ocorre em enfermidades tais como as cetoses em ruminantes (GONZÁLEZ e SILVA, 2008).

Nos ruminantes geralmente não acontece excesso de glicose, pois os carboidratos da dieta são convertidos no rúmen em ácidos graxos voláteis, estes absorvidos no epitélio ruminal e transportado pelo sangue ao fígado (propionato, acetato) ou ao tecido adiposo (butirato e  $\beta$ -hidroxibutirato). Assim, a manutenção nos níveis de glicose sanguínea nos ruminantes está ligada a conversão do propionato em glicose via glicogênese (GONZÁLEZ e SILVA, 2006)

O padrão de glicose varia pouco, graças a eficiência dos mecanismos homeostáticos, que envolvem o controle endócrino por parte da insulina e do glucagon sobre o glicogênio e dos glicocorticoides sobre a gliconeogênese. Quando o fornecimento energético é inadequado, esses hormônios estimulam a degradação de glicogênio hepático e a formação de nova glicose no fígado e quando o balanço energético se torna negativo, a mobilização de triglicerídeos é intensificada para abastecer ácidos graxos como fonte de energia e glicerol como precursor da glicose hepática (GONZÁLEZ, 2000; GONZÁLEZ e SILVA, 2008).

Particularmente, é relatada hiperglicemia em processos obstrutivos intestinais nos equinos, devido ao aumento da glicogenólise, causando elevação das catecolaminas circulantes

(MACKAY, 1992; DI FILIPPO e SANTANA, 2007). Por outro lado, em caprinos jovens pode ocorrer hipoglicemia após o desmame, pois, os teores de glicose sofrem redução significativa em função da modificação da alimentação e do metabolismo energético, assim sendo, deve-se considerar a idade dos animais quando se analisa a glicemia (SOUZA, 1997).

Também é importante recordar que a principal fonte energética do leite está disponível na forma de lipídeos causando elevação dos lipídeos plasmáticos, estes refletem no perfil bioquímico principalmente pelos teores séricos de colesterol. Estudos revelam a influência dos fatores etários nas concentrações séricas de triglicérides, colesterol, ácidos graxos livres não esterificados (NEFA) e glicose sobretudo nos primeiros seis meses de vida (POGLIANI e BIRGEL JR., 2007).

As reservas de lipídeos no sangue dos cavalos podem ser avaliadas pela determinação da concentração de triglicérides e colesterol total; entretanto, triglicérides é o mais importante deles, pois é fonte de energia para os animais atletas e em outras condições (HOROVITZ e KLEIN, 2000; MANSO FILHO et al., 2009b; MELO et al, 2013). Por outro lado, o colesterol tem importantes funções biológicas, como precursor de hormônios esteroidais e dos ácidos biliares e ainda participando na estrutura das membranas (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

Na busca de uma interpretação adequada dos resultados alcançados, existe a necessidade de se conhecer os valores de referência para as diferentes espécies, raças, sexos e idades de animais criados em diversas regiões do Brasil e sob distintas condições de manejo (SMITH e SHERMAN, 1994; BARIONI et al., 2001; PARRY, 2009).

## **2.4 Vias metabólicas**

Denomina-se metabolismo ao conjunto de reações químicas que ocorrem nas células, e que lhe permitem manter-se viva, crescer e dividir-se. Comumente o metabolismo é dividido em catabolismo (obtenção de energia e poder redutor através dos nutrientes) e anabolismo (produção de novos componentes celulares, em etapas que utilizam a energia e o poder redutor obtidos pelo catabolismo de nutrientes) (NELSON et al., 2008; DEVLIN, 2011).

Existe uma grande variedade de vias metabólicas, destacando-se algumas: glicólise - oxidação da glicose a fim de obter ATP; ciclo de Krebs - oxidação do acetil-CoA a fim de obter energia; fosforilação oxidativa - eliminação dos elétrons libertados na oxidação da glicose e do acetil-CoA (parte da energia libertada neste processo pode ser armazenada na célula sob a forma de ATP); via das pentoses-fosfato - síntese de pentoses e obtenção de poder redutor para



reações anabólicas; ciclo da ureia - eliminação de  $\text{NH}_4^+$  sob formas menos tóxicas;  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos - transformação de ácidos gordos em acetil-CoA, para posterior utilização pelo ciclo de Krebs; gliconeogênese - síntese de glicose a partir de moléculas menores, para posterior utilização pelo cérebro (SILVA, 2015).

As diversas vias metabólicas estão envolvidas de forma complexa, favorecendo uma regulação adequada. Este relacionamento envolve a regulação enzimática de cada uma das vias, o perfil metabólico característico de cada órgão e controle hormonal, limitados a algumas particularidades nas diferentes espécies (NELSON et al., 2008; SILVA, 2015).

Nos animais ruminantes, a glicose sanguínea é limitada, pois no rúmen os carboidratos são metabolizados até AGV e se alguma parte do amido alcançar o intestino delgado, a degradação enzimática via amilase pancreática não irá contribuir significativamente com aumento da oferta de glicose, pois a amilase dos ruminantes é relativamente pouco eficiente. Sendo assim, o caminho mais importante para a obtenção de glicose tecidual, é via transformação do propionato, produzido na fermentação ruminal, em glicose, através da gliconeogênese. Tal glicose é utilizada primordialmente na sua função nobre, ou seja, a produção de ATP via ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa, que ocorre no fígado. Comenta-se que em animais ruminantes, o fígado é o tempo todo gliconeogênico (FUKUSHIMA, 2016).

## **2.5 Crescimento e desenvolvimento de potros**

A nutrição adequada e completa do feto é vital para seu crescimento e desenvolvimento ideal. Este, é dependente desde a nutrição, fatores hormonais e metabólicos providos da mãe (DESAI e HALES, 1997). Sendo assim, capacidade de transporte placentário de nutrientes está relacionada ao provimento de nutrientes para o feto (BROLIO et al., 2010), conforme a diferenciação placentária de cada espécie (SILVER et al., 1994).

Após o nascimento, a glutamina é um importante combustível para o enterócito e necessita estar presente no colostro e também no leite (COSTER et al., 2004; WU e KNABE, 1994), visto que nesta fase há a maturação do trato gastrointestinal e o crescimento, desempenhando assim um papel importante no início e continua sendo o abastecimento de substrato para o metabolismo geral e desenvolvimento de potros (MANSO FILHO, 2005).

Sendo assim, o período perinatal é provavelmente a hora mais desafiadora na vida de um animal, em parte porque as mudanças marcantes e abruptas do ambiente ocorrem no nascimento. Fatores envolvendo alguns aspectos de maturação perinatal e adaptação são

estudados (PASHEN, 1984; MELLOR, 1993; REGNAULT et al., 2005). Já as mudanças no pós-natal incluem a estabilização imediata da respiração, a mobilização de reservas de energia e o início da amamentação, digestão e absorção (ROSSDALE e SILVER, 1982). Estudos de Rossdale et al. (1997) realizados no final da gestação e no início da lactação observaram a onda de cortisol no plasma, sendo esta, essencial para o processo de maturação e preparação de sobrevivência pós-natal em equinos. As reservas de gordura corporal, oriundas do aleitamento, exercem papel importante na manutenção dos animais por aproximadamente uma semana pós-desmame, e a glutamina contribui na retomada de deposição de gordura corporal após esse período (CALDARA et al., 2007).

O carboidrato é o principal substrato limitante da taxa de produção de calor. Isto mostra, que no ambiente de nascimento de muitas espécies, incluindo o cavalo, o suprimento colostrado de lactose não é adequado para atender a toda necessidade do neonato. Ou seja, o carboidrato no colostro é insuficiente para o neonato gerar calor. Portanto, os recém-nascidos devem extrair do seu corpo reserva de glicogênio, para suprir o requerimento de taxas de produção de calor, durante o primeiro dia após o nascimento (BARLOW et al., 1987; MELLOR, 1988; MELLOR, 1993).

Já tem sido relatado que crescimento é o aumento progressivo no tamanho ou peso de um animal ao longo do tempo (SCANES, 2003). Em geral é descrito obtendo-se mensurações de características físicas dos animais (peso, altura, comprimento, circunferência, volume, etc), ou ainda propriedades de seus tecidos como a camada de gordura e a profundidade muscular (GOTTSCHALL, 1999).

Os requerimentos para os potros jovens, responsáveis pelo rápido crescimento dos mesmos, são encontrados nos nutrientes produzidos pela égua no início da lactação (COLEMAN et al., 1999). Entretanto, os autores (BURNS et al., 1992; NRC, 2007) acreditam que na metade da lactação os nutrientes secretados pela égua não sejam suficientes para manter o crescimento ideal dos potros. Sugerindo assim a adição de concentrado na dieta a partir desta fase (COLEMAN et al., 1999).

Analisar a taxa de crescimento dos potros, desde o nascimento até a época de desmame, é de suma importância pois o maior desenvolvimento do potro ocorre nesta fase (LUSZCZYNSKI e PIESZKA, 2011). Tais características apresentam maiores taxas em torno dos 3 meses de vida em potros Thoroughbred (LUSZCZYNSKI e PIESZKA, 2011) e 4-5 meses em potros Quarto de Milha (MOTA et al., 2010). Já foram evidenciadas que alterações nutricionais e de manejo para o potro podem ter efeito relevante, positivo ou negativo, no

padrão de crescimento e intervir na saúde e na performance do mesmo indivíduo no futuro (KOCHER e STANIAR, 2013).

Em forte contraste com outras espécies de produção animal, o cavalo é o único em que o exato crescimento das curvas não tem sido previamente descrito. Isto se deve à falta de dados, desde a pesagem de potros em estudos em fazendas, onde tal mensuração é relativamente uma prática recente (PAGAN et al., 1996; MOREL et al., 2007). Isto tende a mudar, pesquisadores estão atentos para a importância deste monitoramento, no Brasil, Hunka et al. (2014), estudaram o desenvolvimento e a composição corporal de potros lactentes e observaram que estes animais acumulam grandes quantidades de Massa Livre de Gordura nos cinco primeiros meses de vida, evidenciando adaptações na composição corporal nesta fase da vida.

O costume de pesar cavalos mesmo sendo recente, se compararmos a outras espécies de produção, já se pode perceber as vantagens obtidas com esse acompanhamento. Além desta medida, a prática da composição corporal, também pode possibilitar importantes associações. Nesse sentido, Westervelt et al. (1976), definiram um método que utiliza o cálculo para a determinação da composição corporal, através da obtenção da espessura de gordura na garupa, conhecida com um aparelho de ultrassonografia.

O adequado crescimento dos potros é importante para maximizar retorno quando são vendidos os animais de sobreano. Estes, apresentando tamanho menor que a altura mínima aceitável não maximizam o retorno na venda, independentemente de sua ascendência ou criador. Podendo interferir na exploração econômica do plantel e ainda deixando a possibilidade do aparecimento de Doenças Ortopédicas do Desenvolvimento (DOD), com prejuízos inclusive, ao bem estar animal (THOMPSON, 1995). Para tanto, é necessário o equilíbrio entre o manejo e a alimentação de um potro em desenvolvimento para adquirir o nível de crescimento comercial ideal e a prevenção das DOD (PAGAN e NASH, 2009). Nos potros Quarto de Milha Cymbaluk et al. (1990) observaram que os animais tendem a ganhar mais gordura nos posteriores do que nos anteriores.

## **2.6 Composição do leite de éguas**

O colostro equino é uma mistura completa composta de nutrientes e imunoglobulinas, enzimas, hormônios e fatores de crescimento (MELLOR, 1993), nesse sentido, é o leite obtido até 15 dias de lactação apresentando maior Concentração de Células Somáticas se comparado com o leite maduro, ou seja, o leite produzido a partir do 20º dia pós-parto e livre de resquícios de colostro (RIELAND, 1997; HANS, 2000).

O desenvolvimento dos neonatos depende dos rendimentos adequados no leite oriundo da lactação de suas mães (MATSUI et al., 2003; SANTOS e ZANINE, 2006). Também foi demonstrado que fatores de crescimento para maturação pós-natal e adaptação permitem ajustes benéficos para a composição do leite ofertado aos recém-nascidos reduzindo danos fisiológicos ou retardo no crescimento (MELLOR, 1993). O crescimento da glândula mamária que ocorre durante a gestação e lactação é crítico na lactogênese. Embora os aminoácidos participem de uma importante rota no crescimento da glândula mamária e síntese do leite, o requerimento desses nutrientes para a lactação ainda tem sido bastante estudado (OFTEDAL et al., 1983; KIM e WU, 2009).

A produção de leite nas éguas apresenta baixas concentrações de gordura (REIS et al., 2007) e proteína, varia em torno de 2 a 3% do peso vivo, alto nível de ácidos graxos poliinsaturados e baixa concentração de colesterol (KÜCÜKCETIN et al., 2003). Apresenta curva de lactação crescente até oito semanas, começando a diminuir então até o término da lactação. Com o decorrer da lactação aumenta o teor de lactose e os outros constituintes diminuem (SANTOS e ZANINE, 2006). Nesse sentido, se faz necessário mais estudo sobre a influência do período de lactação sobre a produção de leite, tendo em vista o estabelecimento da fase ideal para suplementação dos potros (SANTOS et al., 2005; SANTOS e ZANINE, 2006).

Os lipídeos do leite de égua estão dispostos em glóbulos com 2 a 3µm de tamanho e recobertos por 3 camadas, sendo a mais profunda a protéica, a mediana fosfolipídica, e a externa de glicoproteínas de alto peso molecular, onde na superfície se encontra uma região ramificada de oligossacarídeos facilitando a digestão graças a uma menor ligação com a lipase (SOLARI et al, 1993).

O desmame pode variar conforme a aptidão de cada animal. Segundo Doreau e Boulot (1989) potros destinados a corrida são desmamados entre 5 e 6 meses, animais de raças para lazer e produção de carne mamam até 7 ou 8 meses, já a lactação mais longa foi observada em éguas Russas, persistindo até os 9 meses com a finalidade de produção diária de leite.

Já foram evidenciados estudos comparativos entre o leite humano e dos animais (POTOCNIK et al., 2011) onde o leite de égua, devido ao baixo conteúdo de gordura apresenta baixo valor energético. Sendo o conteúdo do açúcar, proteína total e o sal similar ao leite humano, enquanto que o leite de ruminante é rico em sal e menos adequado na substituição do leite materno. O percentual de proteínas do soro no leite equino e humano é de 40% e 50%, sendo o percentual de caseína de 60% e 50%, respectivamente. Em relação à principal fração nitrogenada, o leite de égua é similar ao leite humano, leite albuminoso (MATSUI et al., 2003;

MALACARNE et al., 2008), já o leite do ruminante difere de ambos por apresentar alto conteúdo de caseína em cerca de 80% e 20% de proteínas do soro, denominando-se assim leite caseinoso (POTOCNIK et al., 2011). Tendo em vista a riqueza de proteínas no soro de leite de égua, torna-se mais favorável se comparado ao leite de vaca e ovelha na nutrição humana, e ainda possui quantidade alta de aminoácidos essenciais (HAMBRAEUS, 1994).

A caseína está presente no leite na forma de micelas, funciona transportando cálcio, essencial para o desenvolvimento de animais jovens (PECKA et al., 2012). Ocorre também que estas micelas apresentam uma estrutura esponjosa, favorecendo a hidrólise pela pepsina, facilitando sua digestibilidade (MALACARNE et al., 2002).

É sabido que a ingestão de nutrientes na dieta tem efeito significativo na composição do leite materno. Em equinos, muitos trabalhos têm sido publicados relativos aos efeitos de ingestão de nutrientes na composição do leite de égua (BURNS et al., 1992; DAVIS et al., 1994; MATSUI et al., 2003; MALACARNE et al., 2008; POTOCNIK et al., 2011).

A lactose é o principal carboidrato encontrado no colostro e no leite de éguas, seu conteúdo no leite está relacionado a fase de lactação (PECKA et al., 2012). Segundo Salimei et al. (2002), esse teor gira em torno de 3,4% no colostro de éguas e 6,27% após 96 horas do parto. Como visto no leite de outras espécies, a lactose no leite equino tem como principal precursor a glicose sanguínea (DOREAU e BOULOT, 1989). Todavia, o aumento do conteúdo de lactose no leite das éguas não foi evidenciado por Pagan e Hintz (1986), após aumentar o suprimento de energia da dieta das mesmas. Os altos índices de lactose no leite equino auxiliam a palatabilidade e favorecem a absorção intestinal de cálcio, podendo ser um fator estimulante à calcificação dos ossos de potros e crianças nos primeiros meses de vida (BUSINCO et al., 2000).

A fim de viabilizar a comercialização de leite e também melhorar a exploração zootécnica de leite equino no Brasil, é necessário conhecer suas características básicas, sobretudo em rebanhos formados por raças genuinamente brasileiras, já que estas são dominantes no plantel nacional (REIS et al., 2007).

## ARTIGOS CIENTÍFICOS

Capítulo I - Biomarcadores sanguíneos de caprinos saanen com diferentes faixas etárias.

Capítulo II- Efeito da suplementação com uma mistura de Glutamina e glutamato em éguas lactantes e seus potros.

# Capítulo I

## **Biomarcadores sanguíneos de caprinos saanen com diferentes faixas etárias**

### **Blood biomarkers of saanen goats with different ages**

Elizabeth Regina Rodrigues da Silva<sup>1\*</sup>, Monica Miranda Hunka<sup>1</sup>, Maria Presciliana de Brito Ferreira<sup>2</sup>, Telga Lucena Alves Craveiro de Almeida<sup>1</sup>, Simone Gutman Vaz<sup>1</sup>, Stephânia Katurchi Mendes Mélo<sup>1</sup>, Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso<sup>1</sup>, Hélio Cordeiro Manso Filho<sup>1</sup>

#### **RESUMO**

Objetivou-se com este trabalho estabelecer o perfil hematológico, bioquímico e de aminoácidos em caprinos sadios da raça Saanen de diferentes faixas etárias criados em regime intensivo no Nordeste do Brasil. Amostras de sangue foram coletadas por punção da jugular para análise de biomarcadores. Os dados foram submetidos ao ANOVA e ao Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). A concentração de glutamato [GLU] e a de glutamina e glutamato [GLN+GLU] apresentaram maiores variações no grupo cria ( $P < 0,05$ ) enquanto que a [GLN] não variou ( $P > 0,05$ ). A [GLU] e de [GLN+GLU] foram 91% e 43% superiores nos animais do grupo cria quando comparados com os demais. Ocorreram também valores significativos nas concentrações de proteínas plasmáticas totais [PPT], ureia [URE], creatinina [CREAT], ácido úrico [AcU], alanina aminotransferase [ALT], creatina quinase [CK], glicose [GLIC], triglicérides [TRIG] e colesterol total [COLES-T] ( $P < 0,05$ ), diferentemente das albumina [ALB] e aspartato aminotransferase [AST]. Nos índices hematológicos houve diferenças para volume corpuscular

---

<sup>1</sup> Laboratório de Biotecnologia Molecular Aplicada à Produção Animal (BIOPA), Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52171900, Recife, PE, Brasil.

<sup>2</sup> Setor de Caprinos, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52171900, Recife, PE, Brasil.

\*Autora para correspondência e-mail: bethrrs@yahoo.com.br

\*\**Artigo submetido a Revista Brasileira de Ciência Veterinária em 24/03/2015*



médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), coeficiente de variação de amplitude de distribuição dos eritrócitos (RDW-CV) ( $P < 0,05$ ), mas não ocorreram variações significativas de resultados nas células brancas do sangue [CGB], hemácias [HEM], hemoglobina [Hb] e na percentagem do hematócrito ( $P > 0,05$ ). Destaca-se que este conhecimento possibilite melhor entendimento dos processos metabólicos nos animais hígidos e enfermos, levando em consideração as condições alimentar e do manejo da região, sendo mais uma ferramenta no melhoramento do manejo, contribuindo assim para aumentar a produtividade do rebanho na região tropical dada a grande importância da caprinocultura no Nordeste do Brasil.

**Palavras-chave:** aminoácido, bioquímica, caprino , hematologia

#### **SUMMARY**

The aim of this study was to establish hematological, biochemical and amino acid profiles from healthy Saanen goats, from different ages bred on intensive system, in Northeastern Brazil. Blood samples were collected by jugular puncture for biomarker analysis. Data was submitted to ANOVA and Tukey test ( $P < 0.05$ ). The glutamate [GLU] and glutamine plus glutamate [GLN+GLU] They showed greater variations in the group young goats ( $P < 0.05$ ), while [GLN] didn't ( $P > 0.05$ ). The [GLU] and [GLN+GLU] was 91% and 43% higher on post-weaning group. Also it was seen significance on total protein plasmatic [TPP], urea [URE], creatinine [CREAT], uric acid [UAC], alanine aminotransferase [ALT], creatine kinase [CK], glucose [GLU], total triglyceride [TG] and total cholesterol [CHOL]. Unlike albumin [ALB] and aspartate aminotransferase [AST]. Haematological indices were no differences of mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), coefficient of variation of amplitude red cell distribution (RDW-CV) ( $P < 0.05$ ), but no significant changes in results in white blood cell [WBC], [HEM] red blood cells, hemoglobin [Hb] and the percentage of hematocrit ( $P > 0.05$ ).

Metabolic processes on healthy and sick animals should be better understood by this study, considering nutritional and environmental condition in this region, It is one more tool in the management of improvement, this contribution may increase herd productivity in this region by the great importance of goat breeding in northeastern Brazil.

**Key words:** amino acid, biochemistry, goat, hematology

## **INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, tem-se observado crescimento da caprinocultura no país, em parte devido às vantagens que esse tipo de criação apresenta em pequenas áreas, facilidade de manejo e uma boa diversidade de produção (Bezerra et al., 2008).

Os caprinos são criados em diferentes partes do mundo e informações a respeito dos biomarcadores hematológicos e bioquímicos podem ser encontrados para diferentes raças e sistemas de manejo. Entretanto, em condições tropicais e sob regime intensivo ainda são reduzidas as informações no que se refere ao metabolismo da glutamina e do glutamato e as suas relações com outros parâmetros metabólicos e sanguíneos (Greenwood e McBride, 2010; Zavarize et al., 2010; Caroprese et al., 2012; Oliveira et al., 2012).

Desta forma, objetivou-se estabelecer o perfil aminoacídico, bioquímico e hematológico de caprinos sadios da raça Saanen de diferentes faixas etárias criadas em regime intensivo. Espera-se que este conhecimento possibilite melhor entendimento dos processos metabólicos nos animais sadios e enfermos contribuindo para sua produtividade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no setor de caprinos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) campus Recife. Foram utilizados 24 caprinos da raça Saanen, de ambos os sexos, sob regime intensivo e separados por lotes. Todos

eram mantidos em dieta nutricional seguindo as indicações do NRC (National Research Council, 1989) para a espécie e por categoria, através do fornecimento de dieta a base de feno de Tifton (*Cynodon dactylon*, cv. Tifton), concentrado a base de milho, soja e farelo de trigo. O fornecimento de água e sal mineralizado *ad libitum*. Este experimento foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisa CEUA/ UFRPE, sob o processo n. 23082.016781/2008.

Os animais foram divididos em quatro grupos conforme a faixa etária e estágio de produção: cria (~ 10 dias), recria (90 dias), gestante (~3 anos) e lactante (~3 anos). Todos os animais eram vacinados e vermifugados regularmente, seguindo as práticas do setor.

No horário da manhã, durante o período seco (~91mm) foram colhidas amostras sanguíneas por meio de venopunção da jugular externa, utilizando-se o sistema de coleta a vácuo, em tubos previamente resfriados. Para as análises hematológicas e de aminoácidos: glutamina (GLN) e glutamato (GLU) utilizaram-se tubos com heparina. Para o estudo bioquímico tubos sem anticoagulante foram empregados. As amostras foram refrigeradas e imediatamente enviadas ao laboratório para realizar as análises.

A contagem de células sanguíneas foi realizada utilizando contador de células automatizado (Sysmex Poch - 100iV Diff, Roche Diagnóstica, Brasil), fornecendo os seguintes parâmetros: CGV (células vermelhas do sangue), HB (hemoglobina), HT (hematócrito), VCM (volume corpuscular médio), CHCM (concentração de hemoglobina corpuscular média), CGB (total de células brancas do sangue) e RDW -CV (coeficiente de variação de amplitude de distribuição dos eritrócitos). As análises bioquímicas foram realizadas utilizando kits comerciais (Doles, Brasil) com o uso de um analisador semiautomático (Doles D-250, Doles, Brasil), fornecendo os seguintes parâmetros: ureia (URE), creatinina (CREAT), alanino aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), albumina (ALB), ácido úrico (AU), glicose (GLI), triglicérides (TRIG), colesterol total (COL) e creatina quinase (CK). A

dosagem das PPT (proteínas plasmáticas totais) foi realizada através da refratometria manual. As concentrações de glutamato (GLU) e glutamina (GLN) foram analisadas pelo método de detecção enzimática com leitura em espectrofotometria a 340nm (Manso Filho et al., 2008).

Os resultados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), o teste de Tukey foi utilizado como teste post hoc, utilizando-se o programa computacional SigmaStat 3.0 para Windows. Em ambos os casos o valor de P foi estabelecido em 5%. Os resultados estão expressos na forma de média +/- erro padrão médio.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram observadas diferenças significativas nas concentrações de glutamina e glutamato, dos biomarcadores bioquímicos e do perfil hematológico de caprinos da raça Saanen de diferentes grupos etários estudados. Demonstrou-se que a [GLU] e a [GLN+GLU] apresentaram variações significativas enquanto que a [GLN] não variou ( $P > 0,05$ ) (Tabela 1). A [GLU] e de [GLN+GLU] foram 91% e 43% superiores nos animais do grupo cria quando comparados com os demais grupos.

Também foram observadas variações nas [PPT] [URE], [CREAT], [AcU], [ALT], [CK], [GLIC], [TRIG] e [COLES-T] ( $P < 0,05$ ), mas as [ALB] e [AST] não apresentaram variações significativas (Tabela 2).

Em relação aos índices hematológicos houve variação significativa para VCM, CHCM, RDW-CV ( $P < 0,05$ ), mas não ocorreram variações a [CGB], [HEM], [Hb] e na percentagem do hematócrito ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3).

Além de ser significativa fonte energética para os enterócitos e as células do sistema imune, a glutamina (GLN) é precursora de nucleotídeos, moléculas importantes no desenvolvimento e reparo de células imunes e intestinais (Bergstrom e Krebs, 2004).

A [GLN] não apresentou variação estatística nas diferentes faixas etárias, embora animais na fase de cria apresentassem maiores concentrações de GLN e também na fase de recria onde há mudança nos hábitos alimentares após o desmame, e com isso novos desafios para as células intestinais, além destes animais não serem capazes de sintetizar GLN em quantidades suficientes. Nos animais lactentes e recém-desmamados, há extensa degradação no enterócito de Glutamina e Leucina (Rhoads e Wu, 2009).

Li et al (2009) alegam o papel funcional da glutamina como aminoácido funcional regulador das vias metabólicas durante o desenvolvimento fetal e neonatal. E ainda participa na composição aminoacídica do leite materno e crescimento de potros (Matsui et al., 2005).

Em vacas, Doepel et al. (2006) afirmaram que demandas metabólicas de GLN podem ser notadamente elevadas no início da lactação, quando a demanda para a síntese de proteína no leite é acompanhada por um grande aumento no intestino e na glândula mamária, como também um grande consumo energético de todo o corpo.

Vale ressaltar que as crias receberam a GLN na nutrição através do leite das lactantes. Embora a concentração de GLN nesta fase não sofreu alteração, provavelmente a produção de glutamina também acontece em parte na glândula mamária evoluindo ao longo da lactação. As amostras das crias foram coletadas com os animais muito jovens, motivo também de não ter havido diferenças. A lactação é um estado fisiológico complexo e bem elaborado disponibilizando proteína no leite a partir do catabolismo das reservas proteicas corporal, sobretudo do sistema músculo esquelético (Clowes et al, 2005; Matsui et al.,2005). A suplementação com GLN diminui a utilização de GLN plasmática em até 40% (D' Paula, 2013). Embora não tenham mostrado diferenças, permitiriam maior aporte de GLN plasmáticas para as células de defesa destes animais.

O glutamato, especialmente o derivado da dieta, pode facilmente substituir a glutamina em diversos dos seus papéis metabólicos, incluindo a geração de energia e a síntese de

aminoácidos. A [GLU] e [GLU+GLN] mostrou-se mais elevada na fase de cria ( $P<0,05$ ), sendo sua concentração semelhante para as demais fases do experimento. Esta diferença pode ser justificada pela deficiência da glutamina sintetase de animais nesta fase da vida, mantendo elevação deste índice que serve como substrato para síntese de GLN através desta enzima.

O estudo das proteínas plasmáticas pode indicar modificações nos níveis nutricionais ou afecções em tecidos ligados ao metabolismo desses biomarcadores. Vários tecidos estão envolvidos no metabolismo de proteínas plasmáticas, e o fígado é o principal (Barioni et al., 2001). A [PPT] apresentou menores resultados (5,45 g/dL) na fase de cria, ( $P<0,05$ ), enquanto a [ALB] não se alterou. Valor semelhante a outro estudo (Brito, 2008) com valores baixos em animais da mesma raça e idade (5,15 g/dL). Provavelmente, as crias da raça Saanen são menos adaptadas a absorção de imunoglobulinas alcançadas através da ingestão do colostro.

As provas de função renal são ilustradas pelas concentrações séricas médias de ureia e creatinina. Ambos apresentaram diferenças entre as fases de vida, com [URE] mais elevada na fase de lactação e [CREAT] mais marcante na fase de gestação. A concentração sanguínea de ureia mantém relação direta com o aporte de proteínas da ração, bem como da relação energia: proteína. Desta forma, tal variação deve-se a diferenciação de alimentação que estes animais recebem em diferentes fases da vida. Todos os valores encontrados estão dentro dos padrões de normalidade (Kaneko et al., 2008). A [CREAT] menor na fase de cria pode ser justificada pela menor massa muscular apresentada nesta fase da vida.

Segundo Yu et al (2002), o valor do ácido úrico pode ser afetado pelas fontes de proteína dietética e energia, pelo consumo de matéria seca, proteína, peso vivo, aditivos alimentares e pela espécie. Visto que, o ácido úrico é catabólito da degradação das purinas, provenientes dos ácidos nucleicos, e ainda possui baixo limiar de excreção, sendo com facilidade excretado na urina. Nos ruminantes, cerca de 85% ou mais das purinas são oriundas dos ácidos nucleicos dos microorganismos ruminais digeridos no abomaso e intestino delgado e absorvidos neste último

órgão. Ou seja, o ácido úrico é um indicador do metabolismo ruminal recente, informando indiretamente a quantidade de microorganismos presentes no órgão, os quais aumentarão em número de acordo com a qualidade nutricional e a ingestão de alimentos pelo ruminante (PUCHALA e KULASECK, 1992). Os teores de ácido úrico apresentaram diferenças marcantes, quando se comparou entre os grupos, sobretudo nas categorias cria e recria. Possivelmente, esta alteração se dá pela diferenciação na alimentação que esses animais passam da fase de cria, onde se alimentam apenas do leite e na fase de recria onde é introduzido o concentrado.

As enzimas ALT e AST fornecem informações sobre a função hepática e AST e CK são as mais utilizadas para avaliação do sistema muscular (Harris et al., 1998). A [ALT] apresentou-se menor na fase de cria, o que possivelmente está relacionado com a imaturidade hepática. Enquanto a [AST] não variou nas diferentes fases do experimento. Há divergências na literatura quanto às variações de AST em função da faixa etária. Behera et al.(1993), encontraram variação significativa em relação a idade dos animais. Em relação à [CK], os maiores resultados estão na fase de cria e recria. É importante considerar que a CK é uma enzima citoplasmática sujeita a liberação rápida na circulação, como resultado de pequenas alterações celulares.

No que se refere à caracterização do estado energético dos ruminantes avaliou-se a [GLIC], [COLEST] e [TRIG], pois constituem determinações realizadas na rotina laboratorial. A [GLIC] apresentou valores mais elevados na fase de cria ( $P < 0,05$ ), assim como os valores de COLEST e TRIG. Souza (1997) observaram que após o desmame os teores de glicose sofrem redução significativa em função da modificação da alimentação e do metabolismo energético. Por esta razão, deve-se considerar a idade dos animais quando se analisa a glicemia. A principal fonte energética do leite está disponível na forma de lipídeos e como consequência ocorre elevação dos lipídeos plasmáticos que reflete no perfil bioquímico, principalmente, pelos teores séricos de colesterol. Estudos revelam a influência dos fatores etários nas concentrações séricas

de triglicérides, colesterol, ácidos graxos livres não esterificados (NEFA) e glicose sobretudo nos primeiros seis meses de vida (Pogliani e Birgel Jr., 2007).

O valor de glóbulos vermelhos é uma prova de condição de saúde do animal. A contagem de hemácias, hemoglobina e hematócrito não variaram nas diferentes fases experimentais ( $P>0,05$ ), demonstrando pouca variabilidade entre animais que estão sob as mesmas condições de manejo. Em relação aos índices hematimétricos, o VCM é mais comumente utilizado, porém, atualmente o RDW-CV vem sendo utilizado, cujo valor reflete, de forma mais sensível, o grau de heterogeneidade entre as hemácias por meio de uma análise quantitativa (Balarin et al., 2006). Observou-se maior valor de RDW-CV no grupo cria, assim como os valores de VCM, demonstrando que os animais mais novos possuem grande quantidade de células jovens. Gama et al., (2007) verificou a ocorrência de reticulócitos da primeira até a sexta semana de vida, o que pode explicar facilmente a elevação do RDW-CV e VCM nestes animais. Já para o índice CHCM o grupo cria apresentou valores menores. A contagem de leucócitos não apresentou diferenças entre as fases experimentais.

## **CONCLUSÃO**

Alguns biomarcadores variam de acordo com a categoria estudada indicando a diferença no metabolismo energético. Esses animais passam por adaptações decorridas na mudança de alimentação e manejo. Deve-se continuar com pesquisas relacionadas a esses índices uma vez que pode ainda haver variabilidade em relação ao gênero e sistemas de criação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao apoio da CAPES pela concessão da bolsa de Pós Graduação, à Ajinomoto Biolatina pelo apoio ao Laboratório BIOPA/UFRPE e ao Setor de Caprinos UFRPE/DZ.



## REFERÊNCIAS

- BALARIN, M.R.S. et al. Valores da amplitude de distribuição do tamanho dos eritrócitos (RDW) em equinos puro sangue inglês (PSI) submetidos a exercícios em diferentes intensidades. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.43, n.5,p.637-641, 2006.
- BARIONI, G. et al. Valores séricos de cálcio, fósforo, sódio, potássio e proteínas totais em caprinos fêmeas da raça parda alpina. *Ciência Rural*, v. 31, n. 3, p.435-438, maio/jun. 2001.
- BEZERRA, L.R. et al. Perfil hematológico de cabras clinicamente sadias criadas no cariri paraibano. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 3, p.955-960, maio/jun. 2008.
- BEHERA, P.C. et al. Serum enzyme activity in different age groups of male and female Black Bengal goats. *Indian Veterinary Journal*, v. 70, n. 11, p.1042-1045, 1993.
- BERGSTROM, J.; KREBS, H.A. Glutamine: metabolism and application in nutrition support. *Asia Pacific Journal Clinical Nutrition*, v.13, p.25-31, 2004.
- BRITO, R.L. Níveis de proteínas totais, albuminas, globulinas e gamaglobulinas no soro de crias caprinas das raças moxotó e saanen criadas no semi-árido nordestino. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008, Aracaju, SE. Anais... Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2008. V.5. p.1-3.
- CAROPRESE, M. et al. An immune response and milk production of dairy cows fed graded levels of rumen-protected glutamine. *Research in Veterinary Science*. v. 93, n. 1, p.202-209, ago. 2012.
- CLOWES, E.J. et al. Skeletal muscle protein mobilization during the progression of lactation. *American Journal Physiology Endocrinology Metabolism*, v. 288, n. 1, p.564-572, mar. 2005.
- D'PAULA, J.T. Concentração da glutamina e composição do leite em vacas Holandesas durante a lactação. 2013. 52f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal Rural de Pernambuco.Recife, 2013.

- DOEPEL, L. et al. Effect of post-ruminal glutamine supplementation on immune response and milk production in dairy cows. *Journal Dairy Science*, v.89, n.8, p.3107-3121, ago. 2006.
- GAMA, S.M.S. et al. Dinâmica do eritrograma de ordeiros, resultantes do cruzamento entre animais de raças nativas criadas no Nordeste e a raça Dorper, desde o nascimento até os seis meses de idade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 8, n. 1, p. 11-23, 2007.
- GREENWOOD, S.L.; McBRIDE, B.W. Development and characterization of the ruminant model of metabolic acidosis and its effects on protein turnover and amino acid status. In: PROCEEDINGS OF THE 4<sup>th</sup> AUSTRALASIAN DAIRY SCIENCE SYMPOSIUM, 2010.
- HARRIS, P.A. et al. Plasma aspartate aminotransferase and creatine kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. *The Veterinary Journal*, v. 155, n. 3, p.295-304, maio 1998.
- KANEKO, J.J. et al. *Clinical biochemistry of domestic animals*. San Diego: Academic Press, 2008, 6v.
- LI, P. et al. Lactating porcine mammary tissue catabolizes branched-chain amino acids for glutamine and aspartate synthesis. *The Journal of Nutrition*, v. 139, n. 8, p.1502-1509, ago. 2009.
- MANSO FILHO, H.C. et al. Distribution of glutamine synthetase and an inverse relationship between glutamine synthetase expression and intramuscular glutamine concentration in the horse. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 150, n. 3, p. 326-330, jul. 2008.
- MATSUI, A. et al. Effects of acute changes in the energy and protein intake levels over the short-term on the maternal milk amino acid concentrations in lactating mares. *Asian -Australian Journal Animal Science*, v. 18, n. 6, p.855-860, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington, DC: The National Academies Press, 2007.

- OLIVEIRA, M.G.C. et al. Aspectos hematológicos de caprinos (*Capra hircus*) da raça Canindé criados no Rio Grande do Norte. *Revista Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 32, n. 1, p. 4-8, dez. 2012.
- POGLIANI, F.C.; BIRGEL, J.E.H. Valores de referência do lipidograma de bovinos da raça holandesa, criados no Estado de São Paulo. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.44, p.373-383, 2007.
- PUCHALA, R.; KULASECK, G.W. Estimation of microbial protein flow from the rumen of sheep using nucleic acid and urinary excretion of purine derivatives. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 72, p.81-830, 1992.
- RHOADS, J.M.; WU, G. Glutamine, arginine and leucine signaling in the intestine. *Amino Acids*, v.37, p.111-122, 2009. SOUZA, R.P. *Perfil bioquímico sérico de bovinos das raças Gir, Holandesa e Girolanda, criados no Estado de São Paulo influência de fatores de variabilidade etários e sexuais*. 1997. 168f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.
- YU, P. et al. Purine derivative excretion and ruminal microbial yield in growing lambs fed raw and dry roasted legume seeds as protein supplements. *Animal Feed Science and Technology*, v. 95, n. 1-2, p. 33-48, jan. 2002.
- ZAVARIZE, K.C. et al. Utilização de glutamina na nutrição de monogástricos. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v. 109, n. 573-576, p. 5-10, jan/dez 2010.

Tabela 1. Concentração sanguínea do glutamato e da glutamina de caprinos da raça Saanen em diferentes categorias.

Aminoácido	Categoria Animal			
	Cria	Recria	Gestante	Lactante
Glutamato	0,44 ± 0,06 <sup>A</sup>	0,22 ± 0,03 <sup>B</sup>	0,25 ± 0,03 <sup>B</sup>	0,25 ± 0,03 <sup>B</sup>
Glutamina	0,45 ± 0,08	0,39 ± 0,06	0,39 ± 0,04	0,38 ± 0,05
GLU + GLN	0,90 ± 0,08 <sup>A</sup>	0,62 ± 0,05 <sup>B</sup>	0,64 ± 0,05 <sup>B</sup>	0,63 ± 0,06 <sup>B</sup>

\*Diferentes letras na mesma linha indicam  $P < 0,05$  pelo teste Tukey.

Tabela 2.Média do perfil bioquímico de caprinos da raça Saanen em diferentes categorias.

Biomarcador	Fases de vida			
	Cria	Recria	Gestante	Lactante
PPT (g/dL)	5,45 ± 0,24 <sup>C</sup>	6,73 ± 0,19 <sup>AB</sup>	6,13 ± 0,24 <sup>ABC</sup>	6,75 ± 0,32 <sup>A</sup>
Albumina (g/dL)	2,52±0,11	2,74±0,16	2,35±0,24	2,25±0,25
Ureia (mg/dL)	21,59±3,93 <sup>C</sup>	39,26±2,12 <sup>AB</sup>	33,50±2,24 <sup>B</sup>	46,33±1,44 <sup>A</sup>
Creatinina (mg/dL)	0,81±0,05 <sup>B</sup>	0,88±0,03 <sup>B</sup>	1,00±0,05 <sup>A</sup>	0,82±0,02 <sup>B</sup>
Ácido Úrico (mg/dL)	2,01±0,03 <sup>A</sup>	1,92±0,01 <sup>B</sup>	1,97±0,03 <sup>AB</sup>	1,9±0,01 <sup>B</sup>
ALT (U/L)	4,39±1,18 <sup>B</sup>	12,62±2,37 <sup>A</sup>	9,60±1,18 <sup>A</sup>	11,67±1,94 <sup>A</sup>
AST (U/L)	51,93±3,62	109,31±37,70	72,75±6,81	72,39±5,77
CK (U/L)	140,63±16,75 <sup>AB</sup>	185,06±38,69 <sup>A</sup>	81,69±10,30 <sup>B</sup>	93,06±12,37 <sup>B</sup>
Glicose (mg/dL)	105,69±8,07 <sup>A</sup>	91,17±15,32 <sup>AB</sup>	56,54±8,04 <sup>C</sup>	69,89±3,10 <sup>BC</sup>
Triglicerídeos (mg/dL)	60,65±9,33 <sup>A</sup>	44,09±4,07 <sup>AB</sup>	36,01±3,45 <sup>B</sup>	36,17±5,13 <sup>B</sup>
Colesterol (mg/dL)	153,47±11,70 <sup>A</sup>	98,88±6,57 <sup>B</sup>	85,72±5,72 <sup>B</sup>	100,14±7,00 <sup>B</sup>

\*Diferentes letras na mesma linha significam  $p < 0,05$ , pelo teste Tukey.

Tabela 3. Variação nos parâmetros hematológicos de caprinos da raça Saanen em diferentes categorias.

Variáveis	Categoria Animal			
	Cria	Recria	Gestante	Lactante
CGB	11,9 ± 1,24	10,28 ± 0,48	10,95 ± 0,70	10,3 ± 0,90
HEM	10,91 ± 0,66	11,43 ± 0,50	10,68 ± 0,40	10,09 ± 0,86
HGB (g/dL)	6,72 ± 0,43	6,43 ± 0,31	6,18 ± 0,32	5,85 ± 0,46
HCT (%)	26,23 ± 0,74	22,8 ± 0,29	23,46 ± 0,37	21,68 ± 0,45
VCM (fL)	23,95 ± 0,74 <sup>A</sup>	20,01 ± 0,29 <sup>B</sup>	21,93 ± 0,37 <sup>B</sup>	21,61 ± 0,45 <sup>B</sup>
CHCM (g/dL)	25,75 ± 0,52 <sup>B</sup>	28,3 ± 1,03 <sup>A</sup>	26,31 ± 0,35 <sup>AB</sup>	26,96 ± 0,15 <sup>AB</sup>
RDW-CV (%)	39,01 ± 2,12 <sup>A</sup>	29,38 ± 0,78 <sup>B</sup>	27,11 ± 0,40 <sup>B</sup>	26,2 ± 0,33 <sup>B</sup>

\*Diferentes letras na mesma linha indicam P<0,05 pelo teste Tukey.

# Capítulo II

## **Efeito da suplementação com uma mistura de Glutamina e Glutamato em éguas lactantes e seus potros**

Elizabeth Regina Rodrigues da Silva<sup>1</sup>; Monica Miranda Hunka<sup>1</sup>; Lúcia Maia Cavalcanti Ferreira<sup>1</sup>; Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso<sup>1</sup>; Hélio Cordeiro Manso Filho<sup>1\*</sup>

Laboratório de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal (BIOPA) Departamento de Zootecnia (DZ), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).  
Rua Dom Manuel Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife- PE, Brazil

### **\*Autor para correspondência**

Hélio Cordeiro Manso Filho. Telefone: +5581 33206569. Email: [helio.mansofo@ufrpe.br](mailto:helio.mansofo@ufrpe.br)

### **Resumo**

A Glutaminemia precisa ser mantida para assegurar o funcionamento de sistemas vitais como o sistema nervoso central, imune, digestório e renal. A L-Glutamina é importante como precursora para síntese de peptídeos e proteínas, purinas e pirimidinas, nucleotídeos e ainda é o principal substrato energético para enterócitos. Objetivou-se conhecer os possíveis efeitos da suplementação com Aminogut® em éguas durante a lactação e se estes efeitos são extensivos aos potros. Foram utilizadas 12 éguas da raça Quarto de Milha e seus potros que foram divididas em dois grupos para suplementação, o Grupo 1 recebeu 50g/dia e o Grupo 2, 100g/dia. Analisou-se a composição do leite e a concentração de glutamina no leite e no sangue, analisou-se biomarcadores no sangue das éguas e potros além de índices biométricos nas éguas e nos potros. A composição do leite sofreu influência da suplementação. Houve redução na concentração de glutamina no sangue das éguas após o parto. A suplementação com Aminogut® permitiu que as éguas mantivessem o peso corporal durante a lactação, esta suplementação também influenciou os biomarcadores dos potros. Concluiu-se que o uso diário de 50g da mistura de glutamina e glutamato (Aminogut®) é capaz de elevar a Gln no leite, manter a [glu] sanguínea e a Massa Corporal das éguas durante toda a lactação, e ainda manter os níveis sanguíneos de Glutamina elevada nos potros.

**Keywords:** Catabolismo, Desenvolvimento de Potros, Glutamina, Lactação, Nutrição Equina

### **Introdução**

A L-Glutamina (GLN) é um importante aminoácido precursor da síntese de peptídeos, proteínas e ácidos nucleicos e também fonte de carbono, para oxidação em algumas células, como enterócitos e células do sistema imune. Entretanto, o produto imediato do metabolismo da Gln na maioria das células é o L-Glutamato, que é produzido

---

\*Este artigo será submetido a revista *Livestock Science*



após a ação da glutaminase, este é o mais abundante aminoácido intracelular, em concentrações que variam de 2 a 20 mmol (Newsholme et al, 2003). Esse aminoácido está largamente presente no leite das éguas e tem importante função de nutrir os enterócitos no desenvolvimento inicial dos intestinos dos potros recém-nascidos (Matsui et al, 2003; Malacarne et al, 2008; Manso Filho et al, 2008b).

O tecido mamário dos equinos possui a glutamina sintetase, o colostro e o leite apresentam elevadas concentrações deste aminoácido (Manso Filho et al, 2008a). Em porcas em lactação observa-se que a glândula mamária disponibiliza 125% de Gln a mais no leite do que a quantidade de Gln captada presente no sangue arterial desse tecido (Trottier et al, 1997), elevando a disponibilidade desse aminoácido para os lactentes. Além disso, a Gln é metabolizada nos neonatos para a síntese de citrulina e arginina, que são aminoácidos essenciais para o desenvolvimento e saúde dos intestinos (Wu et al, 2004; Wu et al, 2009; Flynn et al, 2009).

Não estão disponíveis na literatura consultada estudos que indiquem como se dá o comportamento da síntese de Gln nas éguas em lactação mantidas à pasto sem suplementação com concentrado. Em estudo com éguas Standardbred foi demonstrado que nas suplementadas com concentrado acima de 10% do indicado pelo National Research Council (NRC, 2007), há perda da massa muscular acompanhada da redução da concentração de Gln no sangue (Manso Filho et al, 2008b), demonstrando a importância desse aminoácido durante a lactação tanto para as fêmeas lactantes quanto para os potros lactentes. Portanto, foi desenvolvido um trabalho com os seguintes objetivos: (1) determinar a variação da concentração de Gln e Glu no sangue e leite, assim como a composição do leite de éguas suplementadas com diferentes níveis de uma mistura de Gln+Glu; (2) determinar os efeitos dessa suplementação sobre os biomarcadores sanguíneos e a biometria das éguas em lactação, e finalmente (3) determinar os efeitos sobre os biomarcadores sanguíneos e biometria dos potros dessas éguas. Espera-se que a suplementação eleve a concentração da Gln e Glu no sangue e leite das éguas e também interfira na composição do leite, e por conseguinte, modifique os biomarcadores das éguas e das crias.

## **Material e métodos**

Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Federal Rural de Pernambuco (23082.017404/2013).

### **Animais e suplementação**

Foram utilizadas 12 éguas da raça Quarto de Milha, adultas, múltíparas e sadias, e seus respectivos potros lactantes, mantidas em pastagens de capim Massai (*Panicum maximum* cv. Massai). Todos tinham livre acesso a água e sal mineralizado comercial para equinos ad libitum durante a gestação e lactação.

Durante a gestação todas as fêmeas eram mantidas nos piquetes, e no dia do parto eram alocadas em dos dois grupos experimentais. Cada grupo foi formado com 6 animais, que recebiam suplementação com 50g (G-50g) ou 100g (G-100g) de uma mistura de Glutamina (Gln) e Glutamato (Glu) (Aminogut<sup>®</sup>, mínimo 10% L-Glutamina e mínimo 10% L-Glutamato, Ajinomoto do Brasil), que eram colocados juntamente com 200g de concentrado comercial (Guabi<sup>®</sup> Pro equi 13 Laminados - PB (mín) 130g/kg; EE (mín) 30g/kg; FB (máx) 130g/kg; MM (máx) 130g/kg; Ca (máx) 20g/kg; P (mín) 5.000 mg/kg; ED (mín) 3.030 kcal/kg; UM 130g/kg). A suplementação ocorreu durante 5 meses da lactação, e os potros não tinha acesso a mistura de Gln+Glu.

### **Colheita e análise do leite**

Amostras do leite foram colhidas no dia do parto, em até 6 horas, e no 1o, 3o e 5o mês de lactação, sendo que as éguas foram ordenhadas após a separação das suas crias por 30 minutos e sem uso de oxitocina. A amostra de leite obtida foi dividida em duas alíquotas, sendo uma depositada em frascos com Bronopol, e imediatamente resfriadas e conduzida para as análises bromatológicas em equipamento automático (Bentley Combi 2300). A segunda alíquota foi imediatamente acidificada, neutralizada e resfriada. Essa amostra neutralizada foi utilizada para a determinação das concentrações de Gln e Glu através de reação enzimática em espectrofotômetro (Manso Filho et al, 2008a).

### **Colheita e análise de sangue**

As amostras de sangue foram colhidas das éguas em lactação e das suas crias no dia do parto e no 1o, 3o e 5o mês de lactação, com tubos heparinizados à vácuo e imediatamente divididos em duas alíquotas. A primeira alíquota foi centrifugada para obtenção de plasma para análise de biomarcadores metabólicos (Ureia, Creatinina, Ácido Úrico, Proteína Total, Albumina, Colesterol Total, Triglicerídeos) em equipamento semiautomático (DOLES D-250), e a segunda foi acidificada e neutralizada seguindo o

mesmo procedimento utilizado para determinação da Gln e Glu utilizado nas análises do leite.

### **Biometria das éguas e dos potros**

Assim como as coletas de sangue e leite, as mensurações foram obtidas no dia do parto, e no 1o, 3o e 5o mês de lactação. A massa corporal foi obtida em balança mecânica com precisão de 1 Kg e em seguida foi mensurada a espessura da capa de gordura na garupa através da ultrassonografia (transdutor linear de 7,5 MHz), através do método descrito na literatura (Westervelt et al, 1976). Os dados da massa de gordura (MG) e da massa livre de gordura (MLG) foram obtidas através de cálculos a partir da massa corporal e da percentagem de gordura. A última medida das crias aconteceu no mesmo dia da desmama, no 5o mês de lactação. Também foram obtidos os seguintes parâmetros biométricos das crias: perímetro torácico, perímetro da canela e altura à cernelha. Todas as medidas e material biológico que foram obtidas no dia do parto, ocorreram antes do início da suplementação e após as crias mamarem o colostro.

### **Análises estatísticas**

Os resultados foram analisados pela ANOVA, com um fator, e pelo teste de múltiplas comparações de Tukey, e em ambos os casos com P estabelecido em 5%. Foi utilizado o programa SigmaStat 13.0 e os resultados estão expressos em média +/- erro padrão médio.

### **Resultados**

A suplementação tanto com 50g (G-50g) como 100g (G-100g) com uma mistura de Gln+Glu produziu modificações nas [Gln], [Glu], Gordura, Lactose, Proteína, Caseína e Sólidos totais na composição do leite de égua lactantes mantidas a pasto ( $P < 0,05$ ) (Tabela 1). A [Gln] mais elevada foi observada no 1º mês do G-100g ( $\sim 3,0 \mu\text{mol/ml}$ ), seguido pelas concentrações no 1º ( $\sim 2,0 \mu\text{mol/mL}$ ) e 3º mês ( $\sim 1,9 \mu\text{mol/mL}$ ) do G-50g. A [Glu] elevou-se durante a lactação ( $P < 0,05$ ), sendo as mais baixas observadas ao nascimento ( $\sim 0,32 \mu\text{mol/mL}$ ). A gordura no leite mais elevada foi no parto ( $\sim 1,46\%$ ), reduziu-se em ambos os grupos ( $< 0,7\%$ ), e tornando a elevar-se no G-100g no 5º mês ( $\sim 0,96\%$ ) ( $P < 0,05$ ). A lactose láctea manteve-se elevada no G-50g durante toda a lactação ( $P < 0,05$ ), sempre acima de 6,3%, mas reduziu-se bastante no G-100g no 5º mês ( $\sim 4,0\%$ ), igualando-se ao

observado ao parto (~4,1%) ( $P>0,05$ ). A proteína e a caseína foram mais elevadas ao parto, ~7,0% e ~6,0% respectivamente, e reduziram-se em ambos os grupos até o 5º mês de lactação, sem diferenças significativas nessa fase. Os sólidos totais no leite foram mais elevados ao parto (~14,0%), mantendo-se acima de ~9,0% no G-50g ao longo dos 5 meses de lactação, e reduzindo-se de ~10,0% para ~8,0% no G-100g, no mesmo período ( $P<0,05$ ). Não foi observada diferença na concentração de ureia ao longo dos 5 meses de lactação em ambos os grupos ( $P>0,05$ ).

No sangue das éguas a suplementação produziu modificações significativas nas [Gln], [PT], [ALBU], [UREIA], [Ac URIC], [COLE-T] e [TRIG] (Tabela 2). A [Gln] manteve-se similar ao observado no parto (~0,57 $\mu$ mol/mL) no 1º mês no G-50 (~0,56 $\mu$ mol/mL) e G-100g (~0,45 $\mu$ mol/mL), reduzindo-se com o avançar da lactação. A [PT] só apresentou diferença para a concentração do G-50g no 1º mês de lactação (~10,0mg/dL). Já a [ALBU] eleva-se significativamente após o parto, de ~2,0 para ~4,0mg/dL, diferentemente da [UREIA], que se reduz, de ~44,0 para ~23,0mg/dL ( $P<0,05$ ), com o avançar da lactação. Tanto a [COLE-T] como a [TRIG], também se reduzem com a lactação, sendo que a [COLE-T] já após o parto, de ~114,0 para ~50,0mg/dL ( $P<0,05$ ), e a de [TRIG] ocorre só após o 1º mês, de ~54,0 para ~22,0mg/dL ( $P<0,05$ ). Não foram observadas diferenças nas [Glu] e [CREAT] ao longo dos 5 meses de lactação ( $P<0,05$ ). Ainda que ao longo da suplementação as éguas mantivessem a massa corporal e a massa de gordura ( $P>0,05$ ), que se mantiveram ao redor dos 450Kg e 4,3Kg, respectivamente (Tabela 3). Entretanto ocorreram modificações significativas na percentagem de gordura corporal no G-50g (~9.35%), que recuperou-se no 5º mês (~9.49%), e perda de massa livre de gordura no G-100g, que era ~457Kg no 1º mês e passou para ~440Kg no 5º mês de lactação ( $P<0,05$ ).

Os biomarcadores de potros revelam modificações na [GLN], ureia, ácido úrico, colesterol total e triglicerídeos ( $P<0,05$ ) (Tabela 4). Os potros do G-50g apresentaram [GLN] sanguínea elevada no 1º mês e 3º mês, ~0,75 e ~0,66  $\mu$ mol/mL, respectivamente, se comparado com os potros da mesma idade do G-100g (~0,58 e ~0,45  $\mu$ mol/mL). As [Ureia] (~33,0mg/dL) e [Ac Urico] (~3,4mg/dL), foram mais elevadas ao nascimento ( $P<0,05$ ). As [COLE-T] e [TRIG] também foram mais elevadas ao nascimento, ~186,0mg/dL e ~46,0mg/dL respectivamente, e mantiveram-se elevadas no 1º mês de vida em ambos os grupos (G-50g: ~123,0 e ~26,0 mg/dL; G-100g: ~149,0 e ~44,0mg/dL). Não foram observadas diferenças nas [PT], [ALB] e [CREAT] em ambos os grupos ( $P>0,05$ ). Finalmente, os índices biométricos e a composição corporal dos potros

apontam modificações significativas para a altura a cernelha, perímetro torácico, circunferência da canela, massa corporal, massa de gordura e massa livre de gordura ( $P < 0,05$ ), contudo ao completarem 5 meses não foram detectadas diferenças entre os grupos para todos os parâmetros analisados ( $P > 0,05$ ) (Tabela 5).

Tabela 1. Concentração de diferentes biomarcadores no leite de éguas lactantes suplementadas com 50 g ou 100g de uma mistura de Glutamina e Glutamato.

Biomarcador	Ao parto (n=12)	Grupos de Éguas					
		50g (n=6)			100g (n=6)		
		1° mês	3° Mês	5° mês	1° Mês	3° Mês	5° Mês
<b>Glutamina (<math>\mu\text{mol/mL}</math>)</b>	0,66 $\pm$ 0,13 D	2,02 $\pm$ 0,19 AB	1,99 $\pm$ 0,36 ABC	1,64 $\pm$ 0,30 BCD	3,05 $\pm$ 0,26 A	1,92 $\pm$ 0,12 BCD	1,39 $\pm$ 0,38 BCD
<b>Glutamato (<math>\mu\text{mol/mL}</math>)</b>	0,32 $\pm$ 0,05 E	0,81 $\pm$ 0,08 ABCD	0,82 $\pm$ 0,06 ABC	0,68 $\pm$ 0,07 ABCDE	1,08 $\pm$ 0,11 A	0,96 $\pm$ 0,07 AB	0,60 $\pm$ 0,17 BCDE
<b>Gordura (%)</b>	1,46 $\pm$ 0,21 A	0,65 $\pm$ 0,14 B	0,79 $\pm$ 0,17 AB	0,40 $\pm$ 0,03 B	0,73 $\pm$ 0,10 B	0,41 $\pm$ 0,07 B	0,96 $\pm$ 0,14 AB
<b>Lactose (%)</b>	4,54 $\pm$ 0,27 C	6,31 $\pm$ 0,05 AB	6,62 $\pm$ 0,03 AB	6,56 $\pm$ 0,06 A	6,31 $\pm$ 0,08 AB	6,64 $\pm$ 0,05 A	4,15 $\pm$ 1,09 C
<b>Proteína (%)</b>	7,03 $\pm$ 1,66 A	2,20 $\pm$ 0,10 B	1,74 $\pm$ 0,10 B	1,50 $\pm$ 0,02 B	2,18 $\pm$ 0,03 B	1,69 $\pm$ 0,04 B	1,91 $\pm$ 0,16 B
<b>Caseína (%)</b>	5,91 $\pm$ 1,42 A	1,47 $\pm$ 0,08 B	1,09 $\pm$ 0,08 B	0,89 $\pm$ 0,02 B	1,45 $\pm$ 0,03 B	1,05 $\pm$ 0,04 B	1,25 $\pm$ 0,13 B
<b>Ureia (mg/dL)</b>	11,77 $\pm$ 2,43	16,70 $\pm$ 1,63	16,70 $\pm$ 2,04	22,54 $\pm$ 1,61	21,43 $\pm$ 1,59	17,27 $\pm$ 2,56	15,62 $\pm$ 4,54
<b>Sólidos Totais (%)</b>	14,22 $\pm$ 1,37 A	9,98 $\pm$ 0,17 AB	9,97 $\pm$ 0,13 A	9,29 $\pm$ 0,06 B	10,03 $\pm$ 0,09 AB	9,56 $\pm$ 0,10 B	8,03 $\pm$ 0,77 B

**Observações:** diferentes letras na mesma linha indicam que  $P < 0,05$  pelo teste de Tukey

Tabela 2. Concentração de diferentes biomarcadores no sangue de éguas lactantes, mantidas a pasto e suplementadas com 50 g ou 100g de uma mistura de Glutamina e Glutamato.

Biomarcador	Ao parto (n=12)	Grupos de éguas					
		50g (n=6)			100g (n=6)		
		1° mês	3° mês	5° mês	1° mês	3° mês	5° Mês
<b>Glutamina (<math>\mu\text{mol/mL}</math>)</b>	0,57 $\pm$ 0,02 A	0,55 $\pm$ 0,04 AB	0,42 $\pm$ 0,02 BC	0,34 $\pm$ 0,04 C	0,46 $\pm$ 0,03 ABC	0,36 $\pm$ 0,06 C	0,43 $\pm$ 0,02 AB
<b>Glutamato (<math>\mu\text{mol/mL}</math>)</b>	0,18 $\pm$ 0,01	0,19 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,01	0,22 $\pm$ 0,08	0,28 $\pm$ 0,08	0,19 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,02
<b>PT (g/dL)</b>	6,85 $\pm$ 0,33 B	10,20 $\pm$ 0,2 A	7,21 $\pm$ 0,23 B	7,71 $\pm$ 0,73 B	7,25 $\pm$ 0,45 B	7,59 $\pm$ 0,22 B	7,70 $\pm$ 0,22 B
<b>Albumina (g/dL)</b>	2,65 $\pm$ 0,24 D	4,17 $\pm$ 0,36 ABCD	4,07 $\pm$ 0,44 ABCD	3,80 $\pm$ 0,52 ABCD	4,45 $\pm$ 0,45 ABC	4,60 $\pm$ 0,41 AB	4,69 $\pm$ 0,61 A
<b>Ureia (mg/dL)</b>	43,98 $\pm$ 5,90 A	38,68 $\pm$ 4,70 AB	24,20 $\pm$ 1,44 AB	29,76 $\pm$ 1,65 AB	33,82 $\pm$ 3,38 AB	20,92 $\pm$ 2,52 B	24,74 $\pm$ 3,09 AB
<b>Creatinina (mg/dL)</b>	1,14 $\pm$ 0,04	1,11 $\pm$ 0,06	1,30 $\pm$ 0,05	1,39 $\pm$ 0,05	1,29 $\pm$ 0,04	1,28 $\pm$ 0,12	1,28 $\pm$ 0,06
<b>Ácido úrico (mg/dL)</b>	3,14 $\pm$ 0,04 A	1,84 $\pm$ 0,02 E	2,27 $\pm$ 0,02 D	2,57 $\pm$ 0,05 B	1,96 $\pm$ 0,04 E	2,28 $\pm$ 0,02 D	2,53 $\pm$ 0,04 BC
<b>COLE-T (mg/dL)</b>	114,31 $\pm$ 14,43 A	28,22 $\pm$ 4,15 B	67,01 $\pm$ 7,35 AB	53,79 $\pm$ 9,66 B	51,28 $\pm$ 5,87 B	79,49 $\pm$ 4,90 AB	46,94 $\pm$ 5,58 B
<b>Triglicérido (mg/dL)</b>	56,46 $\pm$ 4,83 AB	52,05 $\pm$ 3,05 ABC	23,57 $\pm$ 3,65 D	23,91 $\pm$ 4,29 D	56,59 $\pm$ 2,24 A	28,31 $\pm$ 4,52 CD	18,10 $\pm$ 3,50 D

**Observações:** diferentes letras na mesma linha indicam que  $P < 0,05$  pelo teste de Tukey;  
PT: Proteínas Totais, COLE-T: Colesterol Total

Tabela 3. Resultados dos índices biométricos em éguas lactantes suplementadas com 50g ou 100g de uma mistura de Glutamina e Glutamato.

Biomarcador	Ao parto (n=12)	Grupos de éguas					
		50g (n=6)			100g (n=6)		
		1° mês	3° Mês	5° Mês	1° mês	3° mês	5° Mês
<b>Massa Corporal (Kg)</b>	476±4,9	474±13,2	467±17,9	452±13,6	462±9	448±9,2	445±13,7
<b>Gordura Corporal (%)</b>	9,67±0,08 A	9,49±0,06 AB	9,35±0,04 B	9,49±0,03 AB	9,42±0,03 AB	9,44±0,05A B	9,43±0,02 AB
<b>MG (Kg)</b>	4,61±0,07	4,50±0,11	4,36±0,17	4,29±0,14	4,35±0,08	4,23±0,07	4,21±0,13
<b>MLG (Kg)</b>	471,31±4,81 A	469,51±13,06 AB	462,24±17,7 1AB	447,31±13,50 AB	457,65±8,93 AB	443,28±9,14 AB	440,79±13,58 B

**Observações:** diferentes letras na mesma linha indicam que  $P < 0,05$  pelo teste de Tukey;  
MG: massa de gordura; MLG: massa livre de gordura



Tabela 4. Resultado da concentração de diferentes biomarcadores de potros no nascimento e ao 1o, 3o e 5o mês de vida, filhos de éguas suplementadas com uma mistura de Glutamina e Glutamato.

Biomarcador	Ao parto (n=12)	Grupos de éguas					
		50g (n=6)			100g (n=6)		
		1° mês	3° Mês	5° mês	1° mês	3° mês	5° mês
<b>Glutamina</b> ( $\mu\text{mol/mL}$ )	0,58 $\pm$ 0,03 BC	0,75 $\pm$ 0,05 A	0,66 $\pm$ 0,06 AB	0,56 $\pm$ 0,03 BCD	0,58 $\pm$ 0,03 BCD	0,45 $\pm$ 0,04 CD	0,43 $\pm$ 0,02 D
<b>Glutamato</b> ( $\mu\text{mol/mL}$ )	0,18 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,00	0,20 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,03	0,16 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,01
<b>PT</b> (g/dL)	6,29 $\pm$ 0,56	9,00 $\pm$ 1,71	7,72 $\pm$ 0,28	6,67 $\pm$ 0,43	9,77 $\pm$ 1,65	7,25 $\pm$ 0,14	7,20 $\pm$ 0,34
<b>Albumina</b> (g/dL)	3,92 $\pm$ 0,28	3,61 $\pm$ 0,40	3,01 $\pm$ 0,17	3,49 $\pm$ 0,30	3,39 $\pm$ 0,25	3,83 $\pm$ 0,11	3,72 $\pm$ 0,14
<b>Ureia</b> (mg/dL)	32,72 $\pm$ 3,06 A	16,81 $\pm$ 1,80 B	12,45 $\pm$ 1,91 B	17,42 $\pm$ 2,54 B	22,23 $\pm$ 3,74 AB	17,95 $\pm$ 4,06 B	23,96 $\pm$ 3,97 AB
<b>Creatinina</b> (mg/dL)	1,43 $\pm$ 0,10	1,14 $\pm$ 0,11	1,25 $\pm$ 0,06	1,55 $\pm$ 0,09	1,30 $\pm$ 0,08	1,33 $\pm$ 0,04	1,60 $\pm$ 0,09
<b>Ácido úrico</b> (mg/dL)	3,41 $\pm$ 0,04 A	2,22 $\pm$ 0,09 F	2,68 $\pm$ 0,10 BCD	2,92 $\pm$ 0,03 B	2,34 $\pm$ 0,09 EF	2,57 $\pm$ 0,03 CDE	2,75 $\pm$ 0,06 BC
<b>COLE-T</b> (mg/dL)	186,16 $\pm$ 15,79 A	123,99 $\pm$ 23,56 AB	101,53 $\pm$ 13,04 B	112,18 $\pm$ 15,81 B	149,09 $\pm$ 20,27 AB	147,10 $\pm$ 6,74 AB	88,26 $\pm$ 8,76 B
<b>TRIG</b> (mg/dL)	43,80 $\pm$ 3,26 AB	26,07 $\pm$ 6,10 ABC	12,96 $\pm$ 5,21 C	16,68 $\pm$ 1,42 C	43,84 $\pm$ 5,11 A	8,84 $\pm$ 2,75 C	29,97 $\pm$ 6,50 ABC

**Observações:** diferentes letras na mesma linha indicam que  $P < 0,05$  pelo teste de Tukey  
PT: Proteínas Totais, COLE-T: Colesterol Total, TRIG : Triglicerídeos

Tabela 5. Resultados dos índices biométricos e composição corporal de potros no nascimento e ao 1o, 3o e 5o mês de vida, filhos de éguas suplementadas com uma mistura de Glutamina e Glutamato.

Biomarcador	Ao parto (n=12)	Grupos de éguas					
		50g (n=6)			100g (n=6)		
		1° mês	3° Mês	5° mês	1° mês	3° mês	5° mês
<b>Altura cernelha (cm)</b>	91,08±1,09 G	100±1,73 E	109,20±1,20 BCD	115,20±1,46 AB	98,00±2,02 F	110,33±1,33 ABC	116,83±0,98 A
<b>Perímetro torácico (cm)</b>	79,75±1,34 F	98,33±3,09 E	111,40±2,18 BCD	124±2,26 A	97,50±2,36 E	115,67±2,26 ABC	121,50±2,32 AB
<b>Perímetro Canela (cm)</b>	12,21±0,25 F	13,42±0,33 CDE	14±0,16 ABCD	14,80±0,20 AB	13±0,18 DEF	14,17±0,21 ABC	14,92±0,27 A
<b>Massa corporal (Kg)</b>	40,75±2,29 E	79,83±7,00 C	115,40±6,96 B	158,20±8,96 A	77,50±5,67 C	123±4,49 B	149,83±8,80 A
<b>Gordura Corporal (%)</b>	9,39±0,04	9,38±0,04	9,40±0,01	9,52±0,04	9,51±0,05	9,50±0,02	9,46±0,08
<b>MG (Kg)</b>	0,38±0,02 E	0,75±0,07 D	1,08±0,07 C	1,51±0,07 A	0,74±0,05 D	1,17±0,04 BC	1,42±0,07 AB
<b>MLG (Kg)</b>	40,40±2,27 D	79,10±7,00 C	114,34±7,00 B	156,70±8,90 A	76,80±5,61 C	121,83±4,54 B	144,10±10,0 AB

**Observações:** diferentes letras na mesma linha indicam que  $P < 0,05$  pelo teste de Tukey

MG: massa de gordura; MLG: massa livre de gordura

## Discussão

### Éguas

Nesse trabalho, observou-se que a suplementação com Gln+Glu foi capaz de modificar inúmeros parâmetros no sangue e leite de éguas em lactação, principalmente na concentração de Gln no leite e no sangue, e interferindo marginalmente na composição corporal das matrizes. Com a modificação na composição do leite das éguas, observou-se adaptações em alguns biomarcadores no sangue dos potros com pouca interferência na sua biometria e composição corporal no período lactante. Entretanto, os potros do G-50g apresentaram a [Gln] mais elevada no 1º e 3º mês de vida quando comparada com os mesmos períodos dos potros do G-100g e ainda superiores ao observado no dia do parto, indicando que o maior aporte de Gln e Glu para as éguas, quando é capaz de modificar a [Gln] láctea, pode refletir na nutrição deles.

A glutamina é um aminoácido (aa) condicionalmente essencial em condições de catabolismo protéico, onde o consumo deste aa excede sua síntese, alterando assim sua característica de não essencial para essencial (Lacey e Wilmore, 1990; Curi, 2000), nesse sentido a suplementação com Gln, aminoácido limitante durante a lactação, pode ser importante durante essa fase da vida nas matrizes. Já foi demonstrado que no início da lactação, onde encontramos elevada degradação de proteína, a glutamina pode atuar como um regulador metabólico para aumentar a síntese de proteína e reduzir o catabolismo proteico (Lobley et al, 2001). No atual experimento, as maiores [Gln] no leite foram observadas durante o primeiro mês de lactação nos grupos G-50g (~2 µmol/mL) e G-100g (~3 µmol/mL), tal fato também foi apontado por Hunka et al, (2016, no prelo) onde constatou no mesmo período índices mais acentuados (~0,88 µmol/mL). Diferentemente do descrito com éguas Standardbred não suplementadas, onde a maior concentração foi detectada no colostro (~1,3 µmol/mL) (Manso Filho et al, 2008b). A suplementação com Gln+Glu foi relevante, pois a concentração da Gln manteve-se elevada até o terceiro mês de lactação, diferentemente com o descrito na literatura, onde a [Gln] se reduz substancialmente entre o colostro e o leite maduro das éguas e de outras espécies (Davis et al, 1994; Manso Filho et al, 2008b).

Por outro lado, a ingestão de proteína de alta qualidade aumenta a quantidade de aminoácido no leite de égua (Glade e Luba, 1990). A disponibilização de glutamina como fonte de energia para os enterócitos forneceu uma quantidade maior de glicose disponível

para produção de lactose. No G-50g ocorreu a elevação da percentagem de lactose e sólidos totais durante toda a lactação ( $P < 0,05$ ). No G-100g observou-se redução nas percentagem de lactose e de gordura no 5º mês assim como dos sólidos totais. A lactose é o principal carboidrato encontrado no colostro e no leite de éguas, seu conteúdo no leite está relacionado a fase de lactação (Reis et al, 2007; Pecka et al, 2012). No presente estudo, foi encontrada % lactose (~4,54%) ao nascimento, Hunka et al, (2016, no prelo) revelaram outros dados no dia do parto (~5,31%), entretanto Salimei et al, (2002), obteve 3,4% no colostro de éguas e 6,27% após 96 horas do parto. A síntese da lactose envolve necessariamente a síntese de proteínas (enzimas). A Lactose sintetase é formada pela união da alfa-lactoalbumina (origem no Retículo endoplasmático rugoso e englobada pelo Complexo de Golgi) com a galactosil-transferase (CUNNINGHAM, 1999; FRANDSON et al, 2005).

Como visto no leite de outras espécies, a lactose no leite equino tem como principal precursor a glicose sanguínea (Doreau e Boulot, 1989). Todavia, o aumento do conteúdo de lactose no leite das éguas não foi evidenciado por alguns autores após aumentar o suprimento de energia da dieta das mesmas (Pagan e Hintz, 1986), acredita-se que o aumento na lactose dos animais que receberam suplementação foi devido a participação da Gln que contribuiu para o aumento da glicose, por sua vez a lactose é o açúcar do leite (Reis et al, 2007). Os altos índices de lactose no leite equino auxiliam a palatabilidade e favorecem a absorção intestinal de cálcio, podendo ser um fator estimulante à calcificação dos ossos de potros e crianças nos primeiros meses de vida (Businco et al, 2000).

A riqueza de proteínas no soro de leite de égua torna-se mais favorável se comparado ao leite de vaca e ovelha na nutrição humana. Já que possui quantidade alta de aminoácidos essenciais (Hambraeus, 1994). É sabido que a ingestão de nutrientes na dieta tem efeito significativo na composição do leite materno. Em equinos, muitos trabalhos têm sido publicados relativos aos efeitos de ingestão de nutrientes na composição do leite de égua (Burns et al, 1992; Davis et al, 1994; Matsui et al, 2003; Malacarne et al, 2008; Potocnik et al, 2011). A égua, assim como a porca, raramente se alimenta de maneira eficiente durante a lactação para recuperar a energia perdida no leite e nos custos de manutenção (Williams et al, 1994), elas mobilizam reservas corporais, podendo ocorrer redução da massa livre de gordura e da [Gln] no sangue, para suportar a produção de leite e geralmente entram em catabolismo (Pluske et al, 1998; Manso Filho et al, 2008b).

Do mesmo modo, durante o experimento foi observada queda da [Gln] sanguínea, no parto ( $\sim 0,57 \mu\text{mol/mL}$ ) até o desmame ( $\sim 0,34 \mu\text{mol/mL}$ ). Valores encontrados por Hunka et al, (2016, no prelo) desde o nascimento ( $\sim 0,58 \mu\text{mol/mL}$ ) até o término da lactação ( $\sim 0,30 \mu\text{mol/mL}$ ) também evidenciaram perda da [Gln] do sangue.

O metabolismo protéico das éguas foi avaliado através de PT, Albumina, ureia e ácido úrico, foi possível observar que os animais do atual experimento não apresentaram depleção do metabolismo protéico, pois apesar da PT apresentar-se reduzida no pós parto a albumina aumentou, a ureia reduziu e valores elevados de ácido úrico foram observados logo após o parto, porém logo depois apresentou uma redução próximo aos valores iniciais. Estudos mostram o aumento da PPT e da albumina após suplementação com Gln e leveduras em equinos sadios (Lindinger e Anderson, 2014), embora tal achado seja mais comumente descrito em animais doentes quando suplementados com glutamina. No atual sistema de suplementação com Gln+Glu as concentrações das PT diminuíram, embora os valores de Albumina tenham aumentado após o parto ( $P < 0,05$ ) nos dois grupos de éguas. Indicando assim um estado nutricional adequado. Sabe-se que o perfil bioquímico das proteínas no sangue pode auxiliar na avaliação do estado nutricional, indicando alterações metabólicas e auxiliar no diagnóstico clínico de diversas moléstias (Santos et al, 1999; González 2000; Barioni et al, 2001; Kerr 2003; Baruselli 2005; Parry 2009). Então a manutenção desses parâmetros, dentro dos valores da normalidade são indicativos de que as éguas, mesmo mantidas a pasto exclusivamente e combinados com a suplementação com Gln+Glu, obtinham nutrientes suficientes para a manutenção de sua saúde e produção de leite.

A redução nos níveis de Ureia em ambos os grupos indica boa condição corpórea dos animais, pois os valores tenderiam a elevar-se caso estivessem em um estado catabólico, ocorrendo a quebra de proteína no corpo. A ureia é um produto metabólico nitrogenado, formado no fígado como produto final da quebra de aminoácidos. Alguns autores inclusive relatam que podemos ignorar um valor de ureia baixa em animal sadio (Kerr 2003). Embora Manso et al, (2015) relatem que a suplementação de glutamina na dieta de éguas pode elevar as concentrações séricas de ureia, o que não ocorreu no atual experimento, acredita-se que os animais deste estudo não apresentaram aumento na concentração deste catabólito, pois animais em período de lactação apresentam catabolismo protéico, desta forma a suplementação auxiliou na manutenção do estado geral dos animais. Já na análise do ácido úrico foi observado elevação ao nascimento

(~3,14 mg/dL). Entretanto, houve redução de ácido úrico, já no primeiro mês, nos dois grupos de éguas. Sabe-se que o valor do ácido úrico pode ser influenciado pelas fontes de proteína dietética e energia, pelo consumo de matéria seca, proteína, peso vivo, aditivos alimentares e pela espécie (Yu et al 2002). Além disso é um bom indicador da intensidade do exercício, bastante importante para os animais atletas (Manso et al, 2015).

Não houve variação expressiva nos biomarcadores do metabolismo de energia. Para Colesterol Total (CT) em equinos relataram valores de 106 mg dL<sup>-1</sup> (Coppo et al, 2003) e 86 mg dL<sup>-1</sup> (Soncin et al, 2009). No entanto, os resultados obtidos mostram redução no primeiro mês de ~75% nos níveis de colesterol total para o G-50g (~28,22 mg/dL) e ~55% (~51,28 mg/dL) para o G-100g. Onde tais valores referem-se à caracterização do estado energético (Pogliani e Birgel Júnior, 2007). Porém a redução nos níveis de triglicerídeos só mostraram significância a partir do terceiro mês de lactação. Não foram observadas diferenças nas concentrações de GLU e creatinina ao longo dos 5 meses de lactação.

Vários trabalhos têm apontado a influência da adição de nutrientes na dieta sobre os mecanismos regulatórios que são ativados nos enterócitos para adaptação celular à síntese de proteínas que atuam como enzimas digestivas, ou transportadores de membrana (Rubin et al, 1996; Wood e Han 1998; Zhao et al, 1998). Neste estudo, observou-se que a suplementação com uma mistura de Gln+Glu nas éguas promoveu melhoria na sua condição corpórea, permitindo-as manter a massa corporal ao longo da lactação e a massa de gordura (P>0,05), que se mantiveram ao redor dos 450Kg e 4,3Kg, respectivamente. Todavia, ocorreram modificações significativas na percentagem de gordura corporal, com perda de gordura no 3º mês de lactação (9,35%) no G-50g, que recuperou-se no 5º mês (9,49%). No G-100g não ocorreram modificações (P>0,05). Entretanto nesse grupo, ocorreu perda de massa livre de gordura, que era ~457Kg no 1º mês e passou para ~440Kg no 5º mês de lactação.

### **Potros**

A concentração de Gln pode ser um bom indicador do estado de saúde dos potros ao nascer (Manso Filho et al, 2009). No atual estudo, no G-50g os potros apresentaram [GLN] elevada no 1º mês (~0,75 µmol/mL) e 3º mês (~0,66 µmol/mL), sendo esses valores maiores que os do G-100g. Manso Filho et al (2009) encontraram em potros Standardbred valores de [GLN] sanguíneo no 1º e 3º mês de ~0,544 µmol/mL e ~0,454

$\mu\text{mol/mL}$  respectivamente, que foram bem inferiores aos do atual estudo. O resultado decorrido da suplementação das éguas lactantes favoreceu os potros, pois há uma demanda específica para a Gln, pelo desenvolvimento do trato intestinal. Visto que, a depleção durante a vida fetal e neonatal é associada com efeitos intestinais desfavoráveis (Coster et al, 2004). A Gln fornecida na dieta é absorvida pelos enterócitos, sendo utilizada como uma fonte importante de energia para essas células que necessitam sintetizar compostos estruturais constantemente e animais com dietas ricas em glutamina apresentam aumento das vilosidades intestinais, isso contribui para o aumento na absorção dos nutrientes durante a amamentação favorecendo melhor nutrição ao potro (Matsui et al, 2003; Malacarne et al, 2008 ; Rhoads e Wu, 2009)

A diminuição destes biomarcadores (URE e AU) em ambos os grupos de potros revelam boa condição corporal, pois segundo Kerr (2003) o aumento destes biomarcadores podem estar relacionados ao estado de catabolismo proteico. Tão importante quanto o metabolismo proteico é a avaliação dos biomarcadores do metabolismo energético, onde os mesmo são indicadores relevantes do estado de nutrição e saúde dos animais. Por esta razão foi avaliado o metabolismo dos lipídeos onde foram obtidos os seguintes resultados. No metabolismo de lipídeos, observou-se redução nos níveis de Colesterol total no G-50g. Contudo, no G-100g esta redução só foi observada no 5º mês (88,26 mg/dL). Embora Manso et al, 2015 relatem que a suplementação com Gln não está ligada a elevação do colesterol. Entretanto, existem variações nas espécies quando estudamos o colesterol, e ainda dentro da mesma espécie diferenças significativas podem ocorrer (Nazifi et al, 2003). Os triglicerídeos foram reduzidos no G-50g no 1º mês (26,07 mg/dL), já no G-100g, esta redução só foi observada a partir do 3º mês (8,84 mg/dL). Não foram observadas diferenças nas concentrações de Glu, Proteínas Totais, albumina e creatinina ao longo dos 5 meses de lactação.

Os índices biométricos dos potros apontam modificações na altura, perímetro torácico, circunferência da canela, peso, massa de gordura e massa livre de gordura ( $P < 0,05$ ). Segundo Scanes (2003) crescimento é o aumento progressivo no tamanho ou peso de um animal ao longo do tempo. Em geral é descrito obtendo-se mensurações de características físicas dos animais (peso, altura, comprimento, circunferência, volume, etc), ou ainda propriedades de seus tecidos como a camada de gordura e a profundidade muscular (Thompson 1995; Gottschall 1999). Apesar de Mota et al (2010) descrever que as maiores taxas de crescimento acontece em torno do quarto e quinto mês de vida, o atual

experimento apresentou maior desenvolvimento no 3º mês de vida em ambos os grupos, porém o grupo de potros das éguas G-100g foi que apresentou maior aumento. O Aumento da altura dos potros foi mais acentuada no G-100g no 3º mês (~110,33 cm e) e 5º mês (~116,83 cm), já no G-50g no 5º mês (~115,20 cm). Assim como o perímetro torácico observado no G-100g no 3º mês (~115,67 cm) 5º mês (~121,50 cm), e no G-50g no 5º mês (~124 cm). Os potros do grupo égua G-100g foram mais precoces, pois atingiram medidas biométricas semelhantes aos animais com 5 meses já aos 3 meses. Padrões de crescimento esquelético em potros Puro-Sangue Inglês foram avaliados por Thompson (1995), onde relatou altura aos 3 meses (~125 cm) e aos 5 meses (~130 cm), estes suplementados com ração desde os 60 dias de idade e desmamados aos 130 dias (PB 16%). Analisar a taxa de crescimento dos potros, desde o nascimento até a época de desmame, é de suma importância pois o maior desenvolvimento do potro ocorre nesta fase (Luszczynski e Pieszka, 2011). Tais características apresentam maiores taxa em torno dos 4-5 meses de vida (Mota et al, 2010).

Ao analisarmos a massa corporal foi possível perceber que a maior massa corporal foi apresentada no G-100g no 3º mês (~123 kg) se comparado ao G-50g (~115,40 kg). Já no 5º mês o G-50g apresentou maior peso (~158,20), se comparado ao G-100g (~149,83 kg). Valores da massa corporal em potros lactentes Mangalarga Marchador aos 100 dias (~119 kg) e 160 dias (~163 kg) foram observados por Santos et al (2005). Sendo assim, a porcentagem de gordura corporal foi mantida. As reservas de gordura corporal, oriundas do aleitamento, exercem papel importante na manutenção dos animais por aproximadamente uma semana pós-desmame, e a glutamina colabora na retomada de deposição de gordura corporal após esse período (Caldara et al, 2007), pois aumenta as vilosidades intestinais, favorecendo assim a absorção de nutrientes, estes por sua vez favorecem a deposição de gordura (Wu et al, 2004; Flynn et al, 2009; Wu et al, 2009).

Os requerimentos para os potros jovens, responsáveis pelo rápido crescimento dos mesmos, são encontrados nos nutrientes produzidos pela égua no início da lactação (Coleman et al, 1999). Entretanto autores (Burns et al, 1992; NRC, 2007) acreditam que na metade da lactação os nutrientes secretados pela égua não sejam suficientes para manter o crescimento ideal dos potros. Sugerindo assim, a adição de concentrado na dieta a partir desta fase (Coleman et al, 1999).

Em forte contraste com outras espécies de produção animal, o cavalo é o único em que o exato crescimento das curvas não tem sido previamente descrito. Isto se deve à falta



de dados, desde a pesagem de potros em estudos em fazendas, onde tal mensuração é relativamente uma prática recente (Pagan et al, 1996; Morel et al, 2007). Isto tende a mudar, pesquisadores estão atentos para a importância deste monitoramento, no Brasil, Hunka et al (2014), estudaram o desenvolvimento e a composição corporal de potros lactentes e observaram que estes animais acumulam grandes quantidades de massa livre de gordura nos cinco primeiros meses de vida, evidenciando adaptações na composição corporal nesta fase de vida.

Estudos vem sendo desenvolvidos neste sentido, pois o adequado crescimento dos potros é importante para maximizar retorno na venda dos animais de sobreano. Estes, apresentando tamanho menor que a altura mínima aceitável não maximizam o retorno na venda, independentemente de sua ascendência ou criador. Podendo interferir na exploração econômica do plantel e ainda deixando a possibilidade do aparecimento de Doenças Ortopédicas do Desenvolvimento (DOD), com prejuízos inclusive, ao bem estar animal (Thompson 1995). Porém, neste estudo os potros tiveram desenvolvimento normal, sem aparecimento de sinais que indicassem algum desequilíbrio. O ambiente intrauterino causa impacto no crescimento, saúde do esqueleto e possivelmente, capacidade atlética dos cavalos (Peugnet et al, 2016).

Durante os primeiros cinco meses de vida a massa corporal cresceu muito rapidamente, enquanto que, as menores taxas de crescimento foram observadas na altura da cernelha e na circunferência da canela. Similar ao nosso trabalho Luszczynski e Pieszka (2011) mostraram que as maiores taxas de medidas corporais e ganho de peso foram observadas durante os três primeiros meses de vida em potros thoroughbred. Onde no quinto mês observou-se um decréscimo nesta taxa de crescimento. O perímetro da canela continua a crescer de forma menos acentuada em animais acima de 19 meses, visto que tal ossatura encontra-se desenvolvida naquela idade (Mota et al, 2010). No presente trabalho em ambos os grupos houve um crescimento aproximado de 1centímetro ao mês. A dinâmica de crescimento do perímetro torácico mensal encontrado neste trabalho (~ 8,2 centímetros) foi maior do que a encontrada por Mota et al (2010) (~4 centímetros). Não foram observadas diferenças significativas na porcentagem de gordura. Todavia, nos potros Quarto de Milha Cymbaluk et al (1990) observaram que os animais tendem a ganhar mais gordura nos posteriores do que nos anteriores.

## Conclusão

Concluiu-se que o uso diário de 50g da mistura de glutamina e glutamato (Aminogut®) produziu efeito semelhante a suplementação com 100g. Ambos os programas de suplementação foram capazes de elevar a Gln no leite e manter a [Gln] sanguínea durante a lactação, além de manter a massa corporal delas. Ambos os programas também produziram efeitos similares nos biomarcadores sanguíneos e na biometria dos potros, sendo que os potros do grupo 50g foram discretamente maiores ao final da lactação. Devido a discretas diferenças entre os tratamentos e ao custo do produto utilizado, indica-se que éguas podem ser suplementadas com 50g durante a lactação para produzir os efeitos desejados nos potros.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Guabi Nutrição Animal (Goiana-PE), Ajinomoto Brazil (São Paulo-SP), CAPES e CNPq pelo suporte financeiro durante o desenvolvimento do projeto, assim como a Fazenda Uberaba (Lagoa do Carro-PE) que disponibilizou os animais e a sua equipe.

## Referências

- BARIONI, G.; FONTEQUE, J.H.; PAES, P.R.O., TAKAHIRA, R.K.; KOHAYAGAWA, A.; LOPES, R.S.V.; LOPES, S.T.A.; CROCCI, A.J. Valores séricos de cálcio, fósforo, sódio, potássio e proteínas totais em caprinos fêmeas da raça parda alpina. **Ciência Rural**. v.31, n.3, p.435-438, 2001.
- BARUSELLI, M. S. Suplementos e co-produtos na nutrição de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 1., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: SIMBOI, 2005.p. 7-22.
- BURNS, H.D.; GIBBS, P.G.; POTTER, G.D. Milk energy production by lactating mares. **Journal of equine Veterinary Science**. v.12, n.2, p.118. 1992
- BUSINCO, L.G.; LUCENTI, P.; LUCARONI, F. et al. Allergenicity of mare's milk in children with cow's milk allergy. **Journal Allergy Clinical Immunology**. v.105, n.5, p.1031-1034, 2000.
- CALDARA, F.R.; DUCATTI, C.; BERTO, D.A.; DENADAI, J. C.; ANDRADE, G.A.; GIOSO, M.M. Glutamina e turnover do carbono no tecido adiposo de leitões. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. v. 42, n.11, p.1601-1607, 2007.

- COLEMAN, R.J.; MATHISON, G.W.; BURWASH, L. Growth and condition at weaning of extensively managed creep-fed foals. **Journal of equine veterinary science**. v. 19, n. 1. 1999.
- COPPO, N. B.; COPPO, J. A.; LAZARTE, M. A. Intervalos de cofianza para colesterol ligado a lipoproteínas de alta y baja densidad em suero de bovinos, eqüinos, porcinos y caninos. **Revista Veterinária**, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2003.
- COSTER, J.; McCAULEY, R.; HALL, J. Glutamine: metabolism and application in nutrition support. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.13, n. 1, p. 25-31, 2004.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 527p.
- CURI, R. **Glutamina: metabolismo e aplicações clínicas e esporte**. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- CYMBALUK, N.F.; CHRISTISON, G.I.; LEACH, D.H. Longitudinal growth analysis of horses following limited and ad libitum feeding. **Equine Veterinary Journal**, v.22, p.198-204, 1990.
- DAVIS, T.A.; NGUYEN, H.V.; GARCIA-BRAVO, R.; FIOROTTO, M.L.; JACKSON, E.M.; REEDS, P.J. Amino acid composition of the milk of some mammalian species changes with stage of lactation. **British Journal of Nutrition**, v. 72, p. 845-853, 1994.
- DOREAU, M.; BOULOT, S. Recent knowledge on mare milk production: a review. **Livestock Production Science**, v.22, p. 213-235, 1989.
- FLYNN, N.E.; BIRD, J.G.; GUTHRIE, A.S. Glucocorticoid Regulation of amino acid and polyamine metabolism in the small intestine. **Amino Acids**, v.37,p.123-129,2009.
- FRANDSON, R. D.; WILKE, W.; FAILS, L.; DEE, A. **Anatomia e fisiologia dos animais de fazenda**. 6. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2005. 454 p.
- GLADE, M.J.; LUBA, N.K. Benefits to foals of feeding soybean meal to lactation broodmares. **Equine Veterinary Science**. v.10,p.422-428, 1990.
- GONZÁLEZ,F.H.D. (2000) Uso do perfil metabólico no diagnóstico de doenças metabólico-nutricionais. In: González, F.H.D., Barcellos, J.O., Ospina, H., Ribeiro, L.A.O. (Eds) **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre, Brasil, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- GOTTSCHALL, C.S. Impacto nutricional na produção de carne e curva de crescimento. In: Lobato, J.F.P., Barcelos, J.O.J; Kessler, A.M. **Produção de bovinos de corte**. EDIPUCRS, 1999. Porto Alegre, 379p.
- HAMBRAEUS, L. (1994): Milk composition in animals and humans. Nutritional aspects. 1<sup>st</sup>world congress Dairy products in human health and nutrition, Madrid, 7-10 June 1993, 13-23.

HUNKA, M.M.; SILVA, E.R.R.; VAZ, S.G.; BERNARDO, R.B.; MANSO, H.E.C.C.C.; MANSO FILHO, H.C. Blood and Milk Glutamine and Milk Composition in Mares. *Animal Science Journal*. 2016. No prelo.

HUNKA, M.M.; MANSO, H.E.C.C.C.; BERNARDO, R.B.; SILVA, E.R.R.; FERREIRA, L.M.C.; MANSO FILHO, H.C. Development and body composition of Quarter Horse foals during Nursing. **Open Journal of Veterinary Medicine**. n.4, p.276-280, 2014.

KERR, M.G. **Exames laboratoriais em medicina veterinária: bioquímica clínica e hematologia**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2003. 436p.

LACEY, J.M.; WILMORE, D.W. Is glutamine a conditionally essential amino acid? **Nutrition Review**, Baltimore, v.48, p.297-309, 1990.

LINDINGER, M.I.; ANDERSON, S.C. Seventy day safety assessment of an orally ingested, L-glutamine-containing oat and yeast supplement for horses. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v.70, p.304-311, 2014.

LOBLEY, G.E.; HOSKIN, S.O.; McNEIL, C.J. Glutamine in animal Science and production. **Journal of Nutrition**, v.131, p.255S-2531S, 2001.

LUSZCZYNSKI, J.; PIESZKA, M. Growth rate of Thoroughbred Horses during first Six Months of life. **Iranian journal of applied Animal Science**, v.1, n.2, p.131-134, 2011.

MALACARNE, M.; MARTUZZI, F.; SUMMER, A. MARIANI, P. Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. **International Dairy Journal**. v.12, p.869-877, 2008.

MANSO FILHO, H. C.; MCKEEVER, K. H.; GORDON, M. E.; MANSO, H.E.C.C.C.; LAGAKOS, W.S.; WU, G.; WATFORD, M. Developmental changes in the concentrations of glutamine and other amino acids in plasma and skeletal muscle of the Standardbred foal. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2528-2535, 2009.

MANSO FILHO, H.C.; COSTA, H.E.C.; WANG, Y. et al. Distribution of glutamine synthetase and an inverse relationship between glutamine synthetase expression and intramuscular glutamine concentration in the horse. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B**. v.150, p.326-330, 2008a.

MANSO FILHO, H.C.; MCKEEVER, K.H.; GORDON, M.E.; COSTA, H.E.C.; LAGAKOS, W.S.; WATFORD, M. Changes in glutamine metabolism indicate a mild catabolic state in the transition mare. **Journal of Animal Science**, v.86, p.3424-3431, 2008b.

MANSO, H.E.C.C.C.; SILVA, C.J.F.L.; BARBOSA, B. L.; VASCONCELOS, J.L.A.; MANSO FILHO, H.C. Efeitos da suplementação com Glutamina e Glutamato sobre os índices hematimétricos e biomarcadores sanguíneos de equinos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.43, p.1292, 2015.

MATSUI, A.; INOUE, Y.; ASAI, Y. Diurnal Variations in Milk Amino Acid Concentration in the Horse. **Journal of Equine Veterinary Science**. v.14, n.4, p. 101-109, 2003.

MOREL, P.C.H.; BOKOR, A.; ROGERS, C.W.; FIRTH, E.C. Growth curves from birth to weaning for Thoroughbred foals raised on pasture. **New Zeland Veterinary Journal**. v.55, n.6, 319-325, 2007.

MOTA, M.D.S.; OLIVEIRA, H.N.; PUOLI FILHO, J.N.P. Avaliação do crescimento em potros da raça Quarto de milha. **REDVET revista eletrônica de veterinária**, v. 11, n.1, jan, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrients requirements of horses. 6.ed. Washington D.C.: 2007. 341p.

NAZIFI, S.; SAEB, E.M.; ABEDI, E.M. Serum lipid profiles and their correlation with thyroid hormones in clinically healthy Turkoman horses. **Comparative Clinical Pathology**. v.12, p. 49-52, 2003.

NEWSHOLME, P.; LIMA, M.M.R.; PROCOPIO, J. Glutamine and Glutamate as vital metabolites. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. v.36, p.153-163, 2003.

PAGAN, J.D.; HINTZ, H.F. Composition of milk from pony mares fed various levels of digestible energy. **Cornell Veterinary**. v.76, p.139-148, 1986.

PAGAN, J.D.; JACKSON S.G.; CADDELL, S. A summary of growth rates of thoroughbreds in Kentucky. **Pterdeheilkunde**. v.12, p. 285, 1996.

PARRY, B.W. 2009. Clinical pathology reference data. In: Robinson N.E. & Sprayberry K.A. (Eds). **Current Therapy in Equine Medicine**. 6th edn. St Louis: Saunders, pp.956-980.

PECKA, E.; DOBRZANSKI, Z.; ZACHWIEJA, A.; SZULC, T.; CZYZ, K. Studies of composition and major protein level in milk and colostrum of mares. **Animal science journal**. v.83, p. 162-168, 2012.

PEUGNET, P.; MENDOZA, L.; WIMEL, L.; DUCHAMP G.; DUBOIS, C.; REIGNER, F.; CAUDRON, I.; DELIÈGE, B.; TOQUET, M.P.; RICHARD, E.; CHAFFAUX, S.; TARRADE, A.; LEJEUNE, J.P.; SERTEYN, D.; CHAVATTE-PALMER, P. Longitudinal Study of Growth and Osteoarticular Status in Foals Born to Between-Breed Embryo Transfers. **Journal of Equine Veterinary Science**. v. 37, p. 24-38, 2016.

PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; ZAK, L.J.; CLOWES, E.J.; CEGIELSKI, A.C.; AHERNE, F.X. Feeding lactation primiparous sows to establish three divergent metabolic states: III. Milk production and pig growth. **Journal of animal science**. v.76, p.1165-1171, 1998.

POGLIANI, F.C.; BIRGEL, J.E.H. Valores de referência do lipidograma de bovinos da raça holandesa, criados no Estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.44, p.373-383, 2007.

POTOCNIK, K.; GANTNER, V.; KUTEROVAC, K.; CIVIDINI, A. Mare's milk: composition and protein fraction in comparison with different milk species. **Mijekarstvo**, v.61, n.2, p. 107-113, 2011.

REIS, A.P.; MESQUITA, A.J.; MOREIRA, C.H.G.; CURADO, E.A.F.; SILVA, E.B.; NICOLAU, E.S. Composição do leite de éguas da raça Mangalarga Marchador. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v.66, n.2, p.130-135, 2007.

RHOADS, J.M.; WU, G. Glutamine, arginine, and leucine signaling in the intestine. **Amino Acids**. v.37, p.111-122, 2009.

RUBIN, D.C., SWIETLICKI, E.A., WANG, J.L. Enterocytic gene expression in intestinal adaptation: evidence for a specific cellular response. **American Journal of Physics.**, v.270 (Gastrointest. Liver Physiol. 33), p.G143-G152, 1996.

SALIMEI, E.; VARISCO, G.; ROSI, F. Major Constituents, leptin, and non-protein Nitrogen compounds in mare's colostrum and milk. **Reproduction Nutrition Development**. v.42, p.65-72, 2002.

SANTOS, E.M. ;ALMEIDA, F.Q.; VIEIRA, A.A.; PINTO, L.F.B.; CORASSA, A.; PIMENTEL, R.R.M.; SILVA, V.P.; GALZERANO, L. Lactação em Éguas da Raça Mangalarga Marchador: Produção e Composição do Leite e Ganho de Peso dos Potros Lactentes. **Revista Brasileira de zootecnia**. v.34, n.2, p.627-634, 2005.

SANTOS, N. V. M.; MOTA, R.A.; ALENCAR, S. P.; Aspectos Clínicos patológicos da intoxicação crônica por cobre em ovinos. In: Congresso Pernambucano de Medicina veterinária, 4, 1999, Recife. **Anais...** Recife: SPEMVE, 1999. p.153-154.

SCANES, C.G. **Biology of Growth of Domestic Animals**. Iowa state press, Blackwell Publishing, 2003, 387p.

SONCIN, M.R.S.; FURTADO, C.E.; SILVA, A.A.; RIGOLON, L.P.; CAVALIERI, F.L.B.; MORAES, G.V. Digestibilidade aparente, crescimento folicular e concentração de metabólitos sanguíneos de éguas recebendo concentrado com semente de linhaça integral (*Linum usitatissimum* L.). **Acta Scientiarum animal science**. v. 31, n. 2, p. 191-197, 2009.

THOMPSON, K.N. Skeletal growth rate of weaning and yearling Thoroughbred horses. **Journal of animal science**. v.73, p.2513-2517, 1995.

TROTTIER,N.L.; SHIPLEY,C.F.; EASTER,R.A. Plasma amino acid uptake by the mammary gland of the lactating sow. **Journal of Animal Science**.v.75,p.1266-1278,1997.

WESTERVELT, R.G.; STOUFFER, J.R.; HINTZ, H.F., et al. Estimating fatness in horses and ponies. **Journal of Animal Science**. v.43, p.781-785, 1976.

WILLIAMS, I.H.; AHERNE, F.X.; REVELL, D.K. 1994. Food intake in lactation: A limit to production? In: G.R. Foxcroft (Ed.) *Advances in Pork Production* (vol.5) pp.145-149. Proc. 1994 Banff Pork Seminar, University of Alberta, Ed monton, Canada.

WOOD, R.J.; HAN, O. Recently identified molecular aspects of intestinal iron absorption. **Journal of Nutrition**, v.128, p.1841-1844, 1998.

WU, G.; BAZER, F.W.; DAVIS, T.A. Arginine metabolism and Nutrition in growth, healthy and disease. **Amino Acids**. v.37, p.153-168, 2009.

WU, G.; KNABE, D.A.; KIM, S.W. Arginine Nutrition in neonatal pigs. **Journal of Nutrition**. v.134, p.s2783-s2790, 2004.

YU, P. ; EGAN, A.R.; BONN-EK, L.; LEURY, B.J. Purine derivative excretion and ruminal microbial yield in growing lambs fed raw and dry roasted legume seeds as protein supplements. **Animal Feed Science and Technology**, v. 95, n. 1-2, p. 33-48, jan. 2002.

ZHAO, F., OKINE, E.K., CHEESEMAN, C.I. Glucose transport gene expression in lactating bovine gastrointestinal tract. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2921-2929, 1998.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nos caprinos alguns biomarcadores podem variar de acordo com a categoria estudada, entre eles [GLU] e [GLN + GLU], tais alterações ocorrem devido a mudança de alimentação, clima, manejo e estado fisiológico; nos equinos o uso diário de 50g de uma mistura de glutamina e glutamato (Aminogut®) é capaz de manter a Massa Corporal das éguas durante toda a lactação e manter os níveis sanguíneos de Glutamina elevada nos potros.

Com base nas informações reunidas neste trabalho acredita-se que para se delinear um perfil aminoacídico, hematológico e bioquímico de caprinos deve-se considerar as diferentes faixas etárias dos animais e suas variantes ambientais; e que a suplementação em éguas lactantes deve ser avaliada criteriosamente buscando programá-la de acordo com sua necessidade metabólica, levando em consideração o benefício trazido ao potro lactente.



## 5. REFERÊNCIAS

- ABQM, Associação Brasileira de Criadores de Cavalo Quarto de Milha. Disponível em: <<http://www.abqm.com.br>> Acesso em: 07 jan. 2015.
- ABREU, M. L. T. et al. Glutamina, nucleotídeos e plasma suíno em rações para leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 520-525, 2010.
- ALEXANDER, J. W. Specific nutrients and the immune response. **Nutrition**, v. 11, p. 229-232, 1995.
- BALARIN, M. R. S. et al. Valores da amplitude de distribuição do tamanho dos eritrócitos (RDW) em equinos puro sangue inglês (PSI) submetidos a exercícios em diferentes intensidades. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 5, p. 637-641, 2006.
- BARIONI, G. et al. Valores séricos de cálcio, fósforo, sódio, potássio e proteínas totais em caprinos fêmeas da raça parda alpina. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 435-438, maio/jun. 2001.
- BARLO, R. M. et al. Clinical, biochemical and pathological study of perinatal lambs in a commercial flock. **Veterinary Record**, v. 120, p. 357-362, 1987.
- BARUSELLI, M. S. Suplementos e co-produtos na nutrição de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 1., 2005, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SIMBOI, 2005. p. 7-22.
- BEHERA, P.C. et al. Serum enzyme activity in different age groups of male and female Black Bengal goats. **Indian Veterinary Journal**, v. 70, n. 11, p. 1042-1045, 1993.
- BENESI, F. J. et al. Perfil bioquímico de algumas enzimas no plasma sanguíneo de potras da raça Brasileiro de Hipismo (BH) criadas em Colina, estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, n. 4, p. 288-295, 2009.
- BEZERRA, L. R. et al. Perfil hematológico de cabras clinicamente sadias criadas no Cariri Paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 955-960, maio/jun., 2008.
- BOZA, J. J. et al. Neither glutamine nor arginine supplementation of diets increase glutamine body stores in healthy growing rats. **Clinical Nutrition**, v. 19, n.5, p. 319-325, 2000.
- BROLIO, M. P. et al. A barreira placentária e sua função de transferência nutricional. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 34, n. 4, p. 222-232, out. /dez. 2010.
- BUGALIA, N. S.; KUMAR, D. Levels of biochemical, mineral and enzyme constituents in blood of male foals (*Equus caballus*). **Indian Veterinary Journal**, v. 73, p. 633-636, 1996.
- BURNS, H. D.; GIBBS, P. G.; POTTER, G. D. Milk energy production by lactating mares. **Journal of equine Veterinary Science**, v. 12, n. 2, p. 118, 1992.

BUSINCO, L. G. et al. Allergenicity of mare's milk in children with cow's milk allergy. **Journal Allergy Clinical Immunology**, v. 105, n. 5, p. 1031-1034, 2000.

CABRERA, R. A. et al. Effects of creep feeding and supplemental glutamine or glutamina plus glutamate (Aminogut) on pre-and post-weaning growth performance and intestinal health of piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, p. 29, 2013.

CALDARA, F. R. et al. Glutamina e turnover do carbono no tecido adiposo de leitões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1601-1607, 2007.

CAROPRESE, M. et al. Immune response and milk production of dairy cows fed graded levels of rumen-protected glutamine. **Research in Veterinary Science**, v. 93 p. 202-209, 2012.

CLOWES, E. J. et al. Parturition body size and body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first-parity sows. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1517-1528, 2003.

COLEMAN, R. J.; MATHISON, G. W.; BURWASH, L. Growth and condition at weaning of extensively managed creep-fed foals. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 19, n. 1, p. 45-50, 1999.

COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 307-321, 2009. Suplemento especial.

COSTER, J.; MCCAULEY, R.; HALL, J. Glutamine: metabolism and application in nutrition support. **Asia Pacific Journal Clinical Nutrition**, v. 13, n. 1, p. 25-31, 2004.

CRUZAT, V. F.; PETRY, E. R.; TIRAPEGUI, J. Glutamina: aspectos bioquímicos, metabólicos, moleculares e suplementação. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 15, n. 5, p. 392-397, set./out. 2009.

CURTHOYS, N. P.; WATFORD, M. Regulation of glutaminase activity and glutamine metabolism. **Annual Review of Nutrition**, v. 15, p. 133-159, 1995.

CYMBALUK, N. F.; CHRISTISON, G. I.; LEACH, D. H. Longitudinal growth analysis of horses following limited and ad libitum feeding. **Equine Veterinary Journal**, v. 22, p. 198-204, 1990.

DAVIS, T. A. et al. Amino acid composition of the milk of some mammalian species changes with stage of lactation. **British Journal of Nutrition**, v. 72, p. 845-853, 1994.

DELFINO, L. J. B. et al. Efeitos do estresse calórico sobre o eritrograma de ruminantes. **ACSA– Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 8, n. 2, p. 01-07, abr/jun 2012.

DESAI, M.; HALES, C. N. Role of fetal and infant growth in programming metabolism in later life. **Biological Reviews**, v. 72, p. 329-348, 1997.

DEVLIN, Thomas M. **Textbook of biochemistry**. John Wiley & Sons, 2011.

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, jul./dez. 2007.

DOREAU, M.; BOULOT, S. Recent Knowledge on mare milk production: a review. **Livestock Production Science**, v. 22, p. 213-235, 1989.

FLYNN, N. E.; BIRD, J. G.; GUTHRIE, A. S. Glucocorticoid regulation of amino acid and polyamine metabolism in the small intestine. **Amino Acids**, v. 37, p. 123-129, 2009.

FRANCISCO, T. D. et al. Glutamina: metabolismo, destinos, funções e relação com o exercício físico. **Arquivos de Ciência da Saúde da Unipar**, v. 6, n. 1, p. 81-88, 2002.

FUKUSHIMA, R.S. Metabolismo energético e protéico. Disponível em: < <http://www3.fmvz.usp.br:8080/index.php/site/content/download/3515/17627/file/METABOLISMOENERG>.> Acesso em: 10 jan. 2016.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. (Ed.). **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. 364 p.

GONZÁLES, F. H. D.; SILVA, S. C. (Ed.). **Patologia clínica veterinária: texto introdutório**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 342 p.

GONZÁLEZ, F. H. D. Uso do perfil metabólico no diagnóstico de doenças metabólicas-nutricionais. In: GONZÁLEZ, F. H. D. et al. (Ed.). **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

GOTTSCHALL, C. S. Impacto nutricional na produção de carne e curva de crescimento. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999.

GREENWOOD, S. L.; McBRIDE, B. W. Development and characterization of the ruminant model of metabolic acidosis and its effects on protein turnover and amino acid status. In: AUSTRALASIAN DAIRY SCIENCE SYMPOSIUM, 4., 2010, **Proceedings...**, 2010. p. 400-404.

HAMBRAEUS, L. (1994): Milk composition in animals and humans. Nutritional aspects. 1<sup>st</sup> world congress Dairy products in human health and nutrition, Madrid, 7-10 June 1993, 13-23.

HANS, W. B. **Zytobacteriologische Beschaffenheit, N-Acetyl- $\beta$ -D-muraminidase (Lysozym), N-Acetyl- $\beta$ -D-glucosaminidase (NAGase) sowie Natrium-und Chlorid-Gehalt der frühpostpartalen Stutenmilch**. 2000. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Zentrum für Infektionsmedizin, Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.

HARRIS, P. A. et al. Plasma aspartate amino transferase and creatine kinase activities in thoroughbred race horses in relation to age, sex, exercise and training. **The Veterinary Journal**, v. 155, n. 3, p. 295-304, maio 1998.

- HOLECEK, M. Side effects of long-term glutamine supplementation. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 37, n. 5, p. 607-616, 2013.
- HOROVITZ, J. F.; KLEIN, S. Lipid metabolism during endurance exercise. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, p. 558S-563S, 2000. Supplement.
- HOUDIJK, A. P.; RIJNSBURGER, E. R.; JANSEN, J. Randomised trial of glutamine-enriched enteral nutrition on infectious morbidity in patients with multiple trauma. **Lancet**, v. 352, p. 772-776, 1998.
- HUANG, Y. F.; WANG, Y.; WATFORD, M. Glutamine directly downregulates glutamine synthetase protein levels in mouse C2C12 skeletal muscle myotubes. **The Journal of Nutrition**, v. 137, p. 1357-1362, 2007.
- HUNKA, M. M. et al. Development and body composition of Quarter Horse foals during Nursing. **Open Journal of Veterinary Medicine**, n. 4, p. 276-280, 2014.
- JAIN, N. C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. 417p.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. San Diego: Academic Press, 1997. 932 p.
- KERR, M. G. **Exames laboratoriais em medicina veterinária: bioquímica clínica e hematologia**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2003. 436 p.
- KIM, S. W.; WU, G. Regulatory role for amino acids in mammary growth and milk synthesis. **Amino acids**, v. 37, p. 89-95, 2009.
- KOCHER, A.; STANIAR, W. B. The pattern of Thoroughbred growth is affected by a foal's birthdate. **Livestock Science**, v. 154, p. 204-214, 2013.
- KÜCÜKCETIN, A. et al. Adaptation of bovine milk towards mare's milk composition by means of membrane technology for koumiss manufacture. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 12, p. 945-951, 2003.
- LACEY, J. M.; WILMORE, D. W. Is glutamine a conditionally essential amino acid? **Nutrition Review**, Baltimore, v. 48, p. 297-309, 1990.
- LI, P. et al. Lactating porcine mammary tissue catabolizes Branched-chain amino acids for glutamine and aspartate synthesis. **The Journal of Nutrition**, v. 139, p. 1502-1509, 2009.
- LOBLEY, G. E.; HOSKIN, S. O.; MC NEIL, C. Glutamine in animal science and production. **The journal of Nutrition**, v. 131, p. 2525S-2531S, 2001.
- LOPES, S. T. A.; BIONDO, A. W.; SANTOS, A. P. **Manual de patologia clínica veterinária**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2007. 107 p.
- LUSZCZYNSKI, J.; PIESZKA, M. Growth rate of thoroughbred horses during first six months of life. **Iranian journal of applied Animal Science**, v.1, n. 2, p. 131-134, 2011.

MACKAY, R. J. Endotoxemia. In: ROBINSON, N. E. **Current therapy in equine medicine**. 3. ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1992. p. 225-232.

MALACARNE, M. et al. Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. **International Dairy Journal**, v. 12, p. 869-877, 2002.

MAMAS, M. et al. The role of metabolites and metabolomics in clinically applicable biomarkers of disease. **Archives of toxicology**, v. 85, p. 5-17, 2011.

MANSO FILHO, H. C. et al. Changes in glutamine metabolism indicate a mild catabolic state in the transition mare. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3424-3431, 2008a.

MANSO FILHO, H. C. et al. Developmental changes in the concentrations of glutamine and other amino acids in plasma and skeletal muscle of the Standardbred foal. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 2528-2535, 2009b.

MANSO FILHO, H. C. et al. Distribution of glutamine synthetase and an inverse relationship between glutamine synthetase expression and intramuscular glutamine concentration in the horse. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B.**, v. 150, p. 326-330, 2008b.

MANSO FILHO, H. C. et al. Pattern of development in foals from four different breeds between birth and weaning. **Open Journal of Veterinary Medicine**, v. 4, p. 72-77, 2014.

MANSO FILHO, H. C. et al. Percentagem de gordura de cavalos criados em região tropical. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37, n. 3, p. 239-243, 2009a.

MANSO FILHO, H. C. **Skeletal muscle metabolism in growing foals and transition mares**. 2005. 177 f. Dissertation (Animal Sciences) - Rutgers The State University of New Jersey, New Brunswick.

MANSO, H. E. C. C. C. et al. Efeitos da suplementação com Glutamina e Glutamato sobre os índices hematimétricos e biomarcadores sanguíneos de equinos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 43, p. 1292, 2015.

MATSUI, A.; INOUE, Y.; ASAI, Y. Diurnal variations in milk amino acid concentrations in the horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 14, n. 4, p. 101-109, 2003.

MATSUMOTO, Y.; ADJE, A. A.; YAMAUCHI, K. Mixture of nucleosides and nucleotides increases bone marrow cell and peripheral neutrophil number in mice infected with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Journal of Nutrition**, v. 125, p. 817-822, 1995.

MEIJER, G. A. L. et al. Free amino acids in plasma and muscle of high yielding dairy cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 1131-1141, 1995.

MELLOR, D. J. Integration of perinatal events, pathophysiological changes and consequences for the newborn lamb. **British Veterinary Journal**, v. 144, p. 552-569, 1988.

- MELLOR, D. J. Some aspects of perinatal maturation and adaptation. **Equine Veterinary Journal**, suppl. 14, p. 17-22, 1993.
- MELO, S. K. M. et al. Índices hematimétricos e bioquímica sanguínea no cavalo de cavalgada em condições tropicais. **Ciência Animal Brasileira**, v. 14, n.2, p. 208-215, abr./jun. 2013.
- MEYER, D. J.; COLES, E. H.; RICH, L. J. **Medicina de laboratório veterinária: interpretação e diagnóstico**. São Paulo: Roca, 1995. p. 47-61.
- MOREL, P. C. H. et al. Growth curves from birth to weaning for Thoroughbred foals raised on pasture. **New Zeland Veterinary Journal**, v. 55, n. 6, p. 319-325, 2007.
- MOTA, M. D. S.; OLIVEIRA, H. N.; PUOLI FILHO, J. N. P. Avaliação do crescimento em potros da raça Quarto de milha. **REDVET - Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 11, n. 1, p.1-10, jan. 2010.
- MUNDIM, A. V. et al. Perfil bioquímico e osmolaridade sanguínea de equinos utilizados para trabalho em centros urbanos. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 1, p. 135-142, jan./apr. 2004.
- NELSON, D. L.; LEHNINGER, A.L.; COX, M.M. **Lehninger principles of biochemistry**. 4.ed. Macmillan, 2008.
- NEWSHOLME, P.; LIMA, M. M. R.; PROCOPIO, J. Glutamine and glutamate as vital metabolites. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 36, p. 153-163, 2003.
- NUTRIENTS requirements of horses. 5th rev. ed. Washington, DC: National academy Press, 1989.
- OFTEDAL, O. T.; HINTZ, H. F.; SCHRYVER, H. F. Lactation in the horse: milk composition and intake by foals. **The Journal of Nutrition**, v. 113, n. 10, p. 2096-2106, 1983.
- OLIVEIRA, M. G. C. et al. Aspectos hematológicos de caprinos (*Capra hircus*) da raça Canindé criados no Rio Grande do Norte. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 4-8, dez. 2012.
- ORTEGA, M. M. et al. Dietary nucleotides accelerate intestinal recovery after food deprivation in old rats. **Journal of nutrition**, v. 125, p. 1413-1418, 1994.
- PAGAN, J. D.; HINTZ, H. F. Composition of milk from pony mares fed various levels of digestible energy. **Cornell Veterinary**, v. 76, p. 139-148, 1986.
- PAGAN, J. D.; JACKSON S. G.; CADDELL, S. A summary of growth rates of thoroughbreds in Kentucky. **Pterdeheilkunde**, v. 12, p. 285, 1996.
- PAGAN, J. D.; NASH, D. Managing growth to produce a sound, athletic horse. **Advances in Equine Nutrition**, v. 4, p. 247-258, 2009.

- PARRY, B. W. Clinical pathology reference data. In: ROBINSON, N. E.; SPRAYBERRY, K. A. (Ed.). **Current therapy in equine medicine**. 6th. St Louis: Saunders, 2009. p. 956-980.
- PASHEN, R. L. Maternal and foetal endocrinology during late pregnancy and parturition in the mare. **Equine Veterinary Journal**, v. 16, n. 4, p. 233-238, 1984.
- PECKA, E. et al. Studies of composition and major protein level in milk and colostrum of mares. **Animal Science Journal**, v. 83, p. 162-168, 2012.
- PEREIRA, G. M. et al. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça saanen no semiárido paraibano. **Revista Verde**, v. 6, n. 1, p. 83-88, jan./mar. 2011.
- PLUSKE, J. R. et al. Feeding lactation primiparous sows to establish three divergent metabolic states: III, milk production and pig growth. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1165-1171, 1998.
- POGLIANI, F. C.; BIRGEL, J. E. H. Valores de referência do lipidograma de bovinos da raça holandesa, criados no estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 44, p. 373-383, 2007.
- POTOCNIK, K. et al. Mare's milk: composition and protein fraction in comparison with different milk species. **Mijekarstvo**, v. 61, n. 2, p. 107-113, 2011.
- REEDS, P. J.; BURRIN, D. G. Glutamine and the bowel. **Journal of Nutrition**, v. 131, p. 2505s-2508s, 2001.
- REGNAULT, T. H. R. et al. Fetoplacental transport and utilization of amino acids in IUGR: a review. **Placenta. Supplement**, p. S52-S62, 2005.
- REIS, A. P. et al. Composição do leite de éguas da raça Mangalarga Marchador. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 2, p. 130-135, 2007.
- RIELAND, E. **Untersuchungen zu den Aktivitäten der Enzyme Lysozym, LDH, ?-GT, GOT, GPT, Laktoperoxidase und Bestimmung de Zellzahl in Stutenmilch in Laktationsverlauf**. 1997. 113 f. Dissertação - Giessen Universität, Veterinär medizin Fakultät, Giessen.
- ROBERTS, G. T.; EL BADAWI, S. B. Red cell distribution width index in some hematology diseases. **American Journal Clinical Pathology**, v. 83, n. 2, p. 226-236, 1995.
- ROMERO-ARTAZA, J. Red cell distribution width (RDW): its use in the characterization of microcyti candhy pocromic anemias. **Medicina (Buenos Aires)**, v. 59, n. 1, p. 17-22, 1999.
- ROSSDALE, P. D.; OUSEY, J. C.; CHAVATTE, P. Readiness for birth: an endocrinological duet between fetal foals and mare. **Equine Veterinary Journal**, suppl 24, p. 96-99, 1997.
- ROSSDALE, P. D.; SILVER, M. The concept of readiness for birth. **Journal of Reproduction and Fertility**, suppl. 32, p. 507-510, 1982.

ROTH, E. Nonnutritive effects of glutamine. **Journal of Nutrition**, v. 138, p. 2025S-2031S, 2008.

SALIMEI, E.; VARISCO, G.; ROSI, F. Major constituents, leptin, and non-protein Nitrogen compounds in mare's colostrum and milk. **Reproduction Nutrition Development**, v. 42, p. 65-72, 2002.

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M. Lactação em éguas. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 101, p. 17-23, 2006.

SANTOS, E. M. et al. Lactação em éguas da raça Mangalarga Marchador: produção e composição do leite e ganho de peso de potros lactentes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 627-634, 2005.

SCANES, C. G. **Biology of growth of domestic animals**. Iowa state press, Blackwell Publishing. 2003. 387 p.

SILVA, E. M. N. et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 142-148, abr./jun. 2010.

SILVA, P. Uma panorâmica geral das vias metabólicas. Disponível em: <<http://homepage.ufp.pt/pedros/bq/integracao.htm>> Acesso em: 12 dez. 2015.

SILVER, M. et al. Blood amino acids in the pregnant mare and fetus: the effects of maternal fasting and intrafetal insulin. **Experimental Physiology**, v. 79, p. 423-433, 1994.

SMITH, M. C., SHERMAN, D. M. **Goat medicine**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994. p. 359-363.

SOUZA, P. T. et al. Perfil hematológico de cabras Saanen e mestiças (½ Saanen e ½ Anglo-nubiana) criadas em clima tropical do Ceará. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 99-104, 2015.

SOUZA, R. P. **Perfil bioquímico sérico de bovinos das raças Gir, Holandesa e Girolanda, criados no estado de São Paulo influência de fatores de variabilidade etários e sexuais**. 1997. 168 f. Tese - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

THOMPSON, K. N. Skeletal growth rate of weaning and yearling Thoroughbred horses. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2513-2517, 1995.

THRALL, M. A. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Roca, 2007. 582 p.

TOKARNIA, C. H. et al. **Deficiências minerais em animais de produção**. Rio de Janeiro: Helianthus, 2010. 200 p.

TROTTIER, N. L.; SHIPLEY, C. F.; EASTER, R. A. Plasma amino acid uptake by the mammary gland of the lactating sow. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 1266-1278, 1997.



VAN STRAATEN, H. W. et al. Cellular concentrations on glutamine synthetase in murine organs. **Biochemistry and Cell Biology**, v. 84, p. 215-231, 2006.

WATFORD, M.; WU, G. Glutamine metabolism in uricotelic species: variation in skeletal muscle glutamine synthetase, glutaminase, glutamine levels and rates of protein synthesis. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 140B, p. 607-614, 2005.

WEISER, G.; KOHN, C.; VACHON, A. Erythrocyte volume distribution analysis and hematologic changes in two horses with immune-mediated hemolytic anemia. **Veterinary Pathology**, v. 20, p. 424-433, 1983.

WERNERMAN, J. Clinical use of glutamine supplementation. **Journal of nutrition**, v. 138, p. 2040S-2044S, 2008.

WESTERVELT, R. G. et al. Estimating fatness in horses and ponies. **Journal of Animal Science**, v. 43, p. 781-785, 1976.

WITTWER, F. Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. In: GONZÁLEZ, F. H. D. et al. (Ed.). **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

WU, G. et al. Impacts of amino acid nutrition on pregnancy outcome in pigs: mechanisms and Implications for swine production. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 195-204, 2010.

WU, G.; BAZER, F. W.; DAVIS, T. A. Arginine metabolism and nutrition in growth, healthy and disease. **Amino Acids**, v. 37, p. 153-168, 2009.

WU, G.; KNABE, D. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrum and milk. **Journal of Nutrition**, v. 124, p. 415-424, 1994.

WU, G.; KNABE, D. A.; KIM, S. W. Arginine nutrition in neonatal pigs. **Journal of Nutrition**, v. 134, p. s2783-s2790, 2004.

XI, P.; JIANG, Z.; ZHENG, C. Regulation of protein metabolism by glutamine: Implications for Nutrition and health. **Frontiers in Bioscience**, v. 16, p. 578-597, 2011.

YANG, R. et al. Administration of glutamine after hemorrhagic shock restores cellular energy, reduces cell apoptosis and damage, and increases survival. **Journal of parenteral and enteral nutrition**, v. 31, p. 94-100, 2007.

YOO, S. S.; FIELD, C. J.; Mc BURNEY, M. I. Glutamine supplementation maintains intramuscular glutamine concentration and normalizes Lymphocyte function in infected early weaned pigs. **The Journal of nutrition**, v. 127, p. 2253-2259, 1997.

ZAVARIZE, K. C. et al. Utilização de glutamina na nutrição de monogástricos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 109, n. 573-576, p. 5-10, jan./dez. 2010.

## 6. ANEXOS

ANEXO A- Sal mineral utilizado para equinos, durante o experimento.

<b>(COEQUI PLUS, Tortuga ®), Níveis de garantia (por Kg do Produto)</b>		
Cálcio (mín)	175,00	g/kg
Cálcio (máx)	200,00	g/kg
Fósforo (mín)	60,00	g/kg
Enxofre(mín)	12,00	g/kg
Magnésio (mín)	13,60	g/kg
Potássio (mín)	20,00	g/kg
Sódio (mín)	120,00	g/kg
Cobalto (mín)	21,00	mg/kg
Cobre (mín)	1.200,00	mg/kg
Ferro (mín)	2.000,00	mg/kg
Iodo (mín)	125,00	mg/kg
Manganês (mín)	970,00	mg/kg
Selênio (mín)	10,00	mg/kg
Zinco (mín)	2.200,00	mg/kg
Flúor (máx)	600,00	mg/kg

## ANEXO B- Ração utilizada para equinos, durante o experimento.

<b>(PROEQUI 13 Laminados, Guabi ®), Níveis de garantia (por Kg do Produto)</b>		
Proteína Bruta (mín)	130	g/kg
Extrato Etéreo (mín)	30	g/kg
Matéria Fibrosa (máx)	130,00	g/kg
Matéria Mineral (máx)	130,00	g/kg
Cálcio (máx)	20,00	g/kg
Fósforo (mín)	5.000,00	mg/kg
Energia Digestível (mín)	3.030,00	kcal/kg
Umidade (máx)	130,00	g/kg