ESTUDO DO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DA IMUNIDADE PASSIVA EM EQUINOS

CARLA MARIA DE MEO-SCOTONI
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. RAUL MACHADO NETO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Nutrição Animal e Pastagens.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1988

M551e Meo-Scotoni, Carla Maria de
Estudo do processo de transferência da imunidade passiva em eqüinos. Piracicaba, 1988.
72p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Eqüino - Imunidade - Transferência 2. Imunologia veterinária I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 636.10896079

ESTUDO DO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DA IMUNIDADE
PASSIVA DE EQUINOS

Carla Maria de Meo-Scotoni

Aprovada em: 05/01/1989

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Raul Machado Neto

ESALQ/USP

Prof. Dr. Celso Boin

ESALQ/USP

Dr. Airton Manzano

EMBRABA/S.Carlos

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Raul Machado Neto, is positioned above the printed name.

Prof. Dr. RAUL MACHADO NETO
Orientador

À

minha família,
pelo apoio e incentivo.

Ao meu marido, Camillo,
pelo apoio, incentivo
e desprendimento durante
às horas difíceis.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Raul Machado Neto, orientador e amigo, pela dedicação e paciência com que me orientou na condução deste trabalho e especialmente pelo enorme conhecimento partilhado;
- Ao Prof. Dr. Irineu Umberto Packer pelo valioso apoio e sugestões recebidos;
- A Dr^a Marinêia de Lara Haddad pela colaboração na análise estatística;
- Ao Prof. Dr. João Gustavo Brasil Caruso e à Sra. Cleomar M. de C. Miguel, pela análise das amostras de colostro;
- Ao Sr. José Francisco de Oliveira, titular do Haras Rancho Nativo, pelas facilidades colocadas à disposição, que permitiram a realização deste trabalho;
- Aos funcionários do Haras Rancho Nativo, especialmente ao Sr. Edgar Cunha pela eficiente colaboração prestada;
- Aos colegas e funcionários do Depto. de Zoologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" por toda colaboração e ambiente de trabalho proporcionados;
- Ao CNPq pela colaboração no suporte financeiro deste projeto;

E finalmente, a todos aqueles que direta ou indiretamente deram sua colaboração tornando possível a realização deste estudo.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
SUMMARY	xii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Imunidade Passiva	03
2.2. Colostro e sua Produção	07
2.3. Imunoglobulinas	12
2.3.1. Proteínas séricas	12
2.3.2. Classes de imunoglobulinas	13
2.4. Mecanismos e Duração da Absorção das Proteí nas do Colostro	17
2.5. Falhas na Transferência de Imunoglobulinas.	23
2.6. Efeitos Deletérios Associados ao Processo .	29
2.7. Nutrição x Nível Imunológico	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1. Local	34
3.2. Animais	34
3.3. Amostragem de Colostro	35
3.4. Amostragem de Sangue	36
3.5. Análise das Amostras	37
3.6. Delineamento Experimental	40

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. Variação da IgG Sérica em Éguas	42
4.2. Proteína Total do Colostro	46
4.3. Imunoglobulinas Séricas dos Potros	50
5. CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICES	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
01	Mecanismo de absorção	18
02	Ficha de controle de amostragem	37
03	Variação de IgG sérica (mg/ml) em êguas da raça Mangalorda e PSI	45
04	Variação da Ig sérica (Unidades ZST) em potros das raças Mangalarga e An- glo-Árabe	51
05	Comparação do nível de Ig sérica de potros com o nível médio do adulto ..	55

LISTA DE TABELAS

TABELA N°		Página
01	Transmissão da imunidade passiva	05
02	Relação entre os tipos de placenta e transferência de imunoglobulinas da mãe para o feto via placenta ou colostro ..	06
03	Comparação da composição do colostro com a do leite normal obtido 2 a 3 semanas após parição para 3 espécies	08
04	Tempo de absorção em potros	21
05	Concentração de IgG sérica	24
06	Concentração média de Ig em colostro e soro de potros correlacionada com a gra vidade específica do colostro	29
07	Variação de IgG sérica (mg/ml $\pm$ EPM) em éguas Mangalarga e PSI	43
08	Análise da variância para estudo do efei to de raça e de período de amostragem na flutuação de IgG sérica em éguas	44
09	Análise da variância para estudo do efei to de raça na PT do colostro de éguas .	46

TABELA Nº

Página

10	Níveis de IgG do colostro de éguas PSI e de IgG sérica em potros da raça Anglo-Árabe no pico máximo de absorção	47
11	Níveis de IgG do colostro e de IgG sérica em potros da raça Mangalarga no pico máximo de absorção	48
12	Análise da variância para estudo do efeito de raça na concentração de IgG sérica de potros no ponto de máxima absorção	49
13	Análise da variância para estudo do efeito de raça na absorção de IgG do colostro pelos potros	50
14	Análise da variância para estudo do efeito de raça na concentração de Ig sérica de potros nos diferentes pontos de amostragem	57

ESTUDO DO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DA IMUNIDADE
PASSIVA EM EQUINOS

Autor: CARLA MARIA DE MEO-SCOTONI
Orientador: Prof. Dr. RAUL MACHADO NETO

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram:

1) determinar a variação de IgG sérica em éguas das raças Mangalarga e PSI* no período que antecede ao parto;

2) determinar a concentração de proteína total do colostro das éguas;

3. estudar o comportamento imunológico dos potros das raças Mangalarga e Anglo-Árabe.

Foram utilizadas 5 éguas Mangalarga e 5 éguas PSI para análise do colostro; 6 éguas Mangalarga e 7 PSI para análise de soro; e 6 potros Mangalarga e 7 potros Anglo-Árabes para análise de soro. As amostras de colostro foram coletadas imediatamente após o parto, antes da 1ª mamada; as amostras de sangue foram retiradas da veia jugular, aproximadamente 10 ml por animal em cinco datas anteriores ao parto e no momento do parto para éguas; e no momento do nascimen-

* PSI = Puro Sangue Inglês.

to, às 24 e 48 horas, e aos 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 e 70 dias após o nascimento para potros.

As amostras de sangue das éguas foram analisadas por Imunodifusão Radial, e dos potros pelo método de ZST ("zinc sulfate turbidity"). As amostras de colostro foram analisadas quanto a proteína total (PT) pelo método Micro-Kjeldahl e considerou-se que 40% da PT do colostro corresponde a IgG.

A análise estatística dos resultados obtidos com o colostro, mostrou que a PT é maior ($P < 0,01$) no colostro de éguas PSI do que no colostro das Mangalargas, o que sugere também maior concentração de imunoglobulinas.

A análise de variância dos dados das éguas mostrou que a concentração de IgG (mg/ml) sérica em éguas PSI é estatisticamente superior ($P < 0,05$), o que indica efeito de raça sobre esta variável. A mesma análise indicou que a interação raça vs. período não é significativa, não havendo portanto flutuação de IgG sérica no período pré-parto.

Para a análise dos resultados dos potros foram testados modelos matemáticos que estudam o processo biológico de aquisição de imunidade passiva no período observado; para a raça Mangalarga:

$$y = 23,9274 - 0,39766x + 6,4675 \cdot 10^{-3}x^2,$$

com $r = 0,91$

$$F = 20,3^{**};$$

e para a raça Anglo-Árabe:

$$y = 34,161 - 0,756062x + 0,015604x^2 - 1,013.10^4x^3$$

com

$$r = 0,96$$

$$F = 26,5^{**}.$$

Deste trabalho, foi possível concluir:

1. Apesar de não ter sido detectada queda da IgG sérica nas éguas antes do parto, a transferência de imunidade passiva ocorreu eficientemente;

2. As concentrações de IgG sérica e de PT do colostro de éguas PSI foram significativamente superiores em comparação com as Mangalarga;

3. Quanto mais amarelado e viscoso era o colostro, maior sua concentração de PT;

4. A presença de grande quantidade de IgG passiva no sangue dos potros retardou o estabelecimento de níveis normais de Ig;*

5. Animais que adquiriram menor quantidade de IgG passiva apresentaram resposta mais intensa de produção endógena de Ig;

6. A concentração estimada de IgG no colostro apresentou correlação positiva com a concentração sérica de IgG nos potros no pico de máxima absorção.

* Ig = Imunoglobulina G+M+A+D+E

STUDY OF EQUINE PASSIVE IMMUNITY

Author: CARLA MARIA DE MEO-SCOTONI
Adviser: Prof. Dr. RAUL MACHADO NETO

SUMMARY

The objectives of the present work were:

- 1) to define the blood IgG fluctuation in Mangalarga and Thoroughbred (TB) mares prior to parturition;
- 2) to define the colostrum total protein of these mares;
- 3) and to study the immunological behavior of the Mangalarga and Angle-Arabian foals.

Five Mangalarga and five TB mares were used for colostrum analysis; six Mangalarga and seven TB mares for serum analysis and six Mangalarga and seven Angle-Arabian also for serum analysis. The colostrum samples were taken immediately after foaling, before first suckling; the serum samples were collected from the jugular vein about 10 ml each animal at intervals of 4, 3, 2 and 1 week prior to parturition and at the time of parturition for mares; and at 24 and 48 hours, and at 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 and 70 days after birth for foals.

The mares serum samples were analysed by RID

(single radial immunidifusion), and the foal samples by ZST (zinc sulfate turbidity) method. The colostrum samples were analysed for total protein (TP) by Micro-Kjeldahl method, and 40% of the TP of colostrum were considered to be IgG.

The statistical analysis obtained with the colostrum showed that TP is higher in TB compared to Mangalarga ($P < 0.01$), what suggests also higher immunoglobulin concentration.

The analysis of variance of the mares data showed that the IgG (mg/ml) serum concentration was higher in TB compared to Mangalarga ($P < 0.05$), what indicates racial effect for the parameter. The same analysis showed that the relationship between breed and time of sampling is not significative indicating no detectable serum IgG fluctuation prior to parturation.

To analyse the results obtained with foals, mathematical models were tested which studies the biological process of passive immunity transfer in this period of observation, for the Mangalarga;

$$y = 23.9074 - 0.39766x + 6.4675 \cdot 10^{-3}x^2$$

$$r = 0.91$$

$$F = 20.3^{**}$$

and for the TB:

$$y = 34.161 - 0.756062x + 0.015604x^2 - 1.013 \cdot 10^{-3}x^3$$

$$r = 0.96$$

$$F = 26.5^{**}.$$

The results of this study permitted the following conclusions:

1. Although decrease in serological IgG levels were not observed, the transference of passive immunity occurred efficiently;

2. The serum IgG and the colostrum TP of the TB mares were higher compared to the Mangalarga mares;

3. The more yellow the colostrum the higher was its TP concentration;

4. Passive serum IgG in foals in high concentration delayed the establishment of normal Ig* levels;

5. Foals that acquired low quantities of passive IgG showed more intense response of endogenous Ig production;

6. Colostrum estimated IgG concentration showed high correlation with serum IgG concentration of the foals at the point of maximal absorption.

* Ig = Immunoglobulin G+M+A+D+E

1. INTRODUÇÃO

Embora seja conhecida de longa data a necessidade da ingestão do colostro pelo recém nascido, para seu bom desenvolvimento, alguns pontos ainda permanecem obscuros, especialmente no caso de equinos nas nossas condições, sobre o que pouco ou quase nada foi feito objetivando um melhor entendimento do processo de aquisição de imunidade passiva por esses animais.

O tipo de imunidade presente no recém-nascido é denominado imunidade passiva, visto que deriva de anticorpos maternos, recebidos através de uma determinada via. Esta via de transferência de anticorpos varia com a espécie animal sendo determinada pelo tipo de placenta característico de cada espécie.

Os equinos, ao contrário dos primatas e roedores, possuem um tipo de placenta que impossibilita a passagem intra-uterina de anticorpos. Daí, o colostro constituir-se na única fonte de anticorpos para o recém-nascido.

Assim, esse trabalho foi proposto com os seguintes objetivos:

1. determinação da variação da concentração de imunoglobulinas séricas de éguas das raças Mangalarga e Puro Sangue Inglês no período que antecede ao parto;
2. avaliação da PT do colostro de éguas das raças Mangalarga e Puro Sangue Inglês;
3. estudo do comportamento imunológico de potros das raças Mangalarga e Anglo-Árabe.

A determinação dos parâmetros acima descritos visa ao estabelecimento de um manejo mais eficiente do potro recém-nascido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. IMUNIDADE PASSIVA

Um componente importante do mecanismo de defesa dos mamíferos é sua capacidade de produzir anticorpos em resposta a microrganismos invasores e outras substâncias antigênicas. O ungulado nasce sem anticorpos circulantes e a proteção é conseguida através da transmissão passiva de imunoglobulinas da mãe para o recém-nascido (EARLE, 1935; BRUNNER et alii, 1948; BRAMBELL, 1958; MORRIS, 1968; ROUSE, 1971; JEFFCOTT, 1972; SIMPSON-MORGAN & SMEATON, 1972; OLIVEIRA et alii, 1980a).

Inúmeros estudos (BOYD, 1972; PLATT, 1973; JEFFCOTT, 1975; McGUIRE et alii, 1975; TOWNSEND et alii, 1983; LE BLANC et alii, 1986), sugerem uma estreita relação entre morbidez e mortalidade de potros recém nascidos e a concentração de imunoglobulinas séricas derivadas do colostro.

JEFFCOTT (1972) fez uma revisão clássica bastante completa sobre o assunto: "a imunologia como ciência começou por volta de 1890 com o trabalho pioneiro de Emil von Behring e Paul Erlich. Von Behring e KITASATO (1980) desco-

briram a antitoxina diftérica e Erlich padronizou-a aumentando suas potencialidades na profilaxia. Em 1892 Erlich reconheceu diferenças importantes entre imunidade passiva e ativa. Famulener (1912) foi o primeiro a reconhecer a importância imunológica do colostro; ele demonstrou a ausência de transmissão de anticorpos via placenta em carneiros e mostrou um rápido aumento do nível de anticorpos após ingestão de colostro. Em 1922, Smith & Little estabeleceram a importância do colostro para a sobrevivência do bezerro recém-nascido".

Os anticorpos produzidos pela mãe e presentes em sua circulação são transmitidos ao jovem e atingem concentrações semelhantes às do soro dela. Essa transmissão pode ocorrer antes do nascimento, após ou ambos (Tabela 1). A transmissão é totalmente pré-natal em cobaias, coelhos e humanos; parcialmente pré-natal em cães e roedores e exclusivamente pós-natal em bovinos, caprinos, ovinos, suínos e equinos (BRAMBELL, 1958).

Os recém-nascidos ruminantes, suínos e equinos nascem com apenas traços de gamaglobulina no sangue. As gamaglobulinas concentradas no colostro são absorvidas pela mucosa intestinal do animal jovem após a primeira mamada. Esse processo é tão rápido que em algumas horas o soro do animal jovem atinge o nível normal, equivalente ao nível de gamaglobulina do soro materno. Nesses animais a capacidade de absorver os anticorpos pela mucosa intestinal é perdida em 36 h (BRAMBELL, 1958).

Tabela 1. Transmissão da imunidade passiva.

Espécies	Transmissão	
	Pré-natal	Pós-natal
Bovinos, caprinos, ovinos	0	+++ (36 h)*
Suínos	0	+++ (36 h)
Equinos	0	+++ (36 h)
Cães	+	++ (10 dias)
Camundongos	+	++ (16 dias)
Cobaias	+++	0
Coelhos	+++	0
Humanos	+++	0

Fonte: BRAMBELL (1958)

* Tempo de absorção

Mais especificamente sobre cavalos, TIZARD (1985) relata que o período de gestação da égua é de cerca de 340 dias; células linfóides são primeiramente observadas no timo fetal em torno de 60 a 80 dias após a concepção. Elas são encontradas no gânglio linfático mesentérico e na lâmina própria intestinal aos 90 dias e no baço aos 175 dias. Os linfócitos de sangue periférico aparecem em torno de 80 dias. O feto do cavalo pode responder ao colifago T_2 aos 200 dias após a concepção e à encefalite equina venezuelana aos 230 dias. Nos potros recém-nascidos normais observa-se uma pequena quantidade de IgM sérica antes da amamentação. Apesar disso, afirma-se que os plasmócitos não são normalmente ob-

servados até cerca de 240 dias de gestação. Ainda segundo este autor a via pela qual os anticorpos maternos alcançam o feto é determinada pela natureza da barreira placentária (Tabela 2).

Tabela 2. Relação entre os tipos de placenta e transferência de imunoglobulinas da mãe para o feto via placenta ou colostro.

Espécies	Tipo de placentação	Camadas de tecidos que se interpõem entre as circulações materna e fetal	Transferência de imunoglobulinas	
			Placenta	Colostro
Porco, Cavalo, jumento	Epiteliocorial	6*	0	+++
Ruminantes	Sindesmocorial	5	0	+++
Cão e gato	Endoteliocorial	4	+	+++
Primatas	Hemocorial	3	++	+
Roedores	Hemendotelial	1	+++	+

* Endotélio capilar materno, tecido uterino, epitélio uterino, epitélio cariônico, tecido conectivo fetal e endotélio capilar fetal.

Fonte: TIZARD (1985).

Em humanos e outros primatas a placenta é hemocorial, isto é, o sangue materno está em contato direto com o trofoblasto. Este tipo de placenta permite a transferência de IgG ao feto, mas não

de IgG, IgA ou IgE. Deste modo, a IgG materna pode entrar na circulação sanguínea fetal e a criança pode ter níveis de IgG circulante comparáveis aos de sua mãe. Como resultado dessa transferência de IgG a criança fica protegida contra infecção septicêmica. Cães e gatos possuem placenta endoteliocorial, onde o epitélio coriônico está em contato com o endotélio dos capilares maternos. Nestas espécies, uma pequena quantidade de IgG (5 a 10%) pode transferir-se da mãe para a cria, mas a maior parte é obtida por meio do colostro. A placenta dos ruminantes é sindesmocorial, isto é o epitélio coriônico está em contato direto com os tecidos uterinos enquanto que a placenta de cavalos e porcos é epiteliocorial e o epitélio coriônico fetal está em contato com o epitélio uterino intacto. Em animais com os tipos de placenta citados acima, a passagem placentária de moléculas de imunoglobulinas é totalmente impedida, e os recém-nascidos dessas espécies são inteiramente dependentes dos anticorpos obtidos do colostro.

2.2. COLOSTRO E SUA PRODUÇÃO

Colostro, primeira secreção láctea produzida após a parição tem importante função imunológica para o recém-nascido. Contém alta concentração de imunoglobulinas e certas vitaminas, mas é relativamente pobre em lactose, gordura e cálcio no caso de éguas (JEFFCOTT, 1972). Segundo

JEFFCOTT (1975) em média a secreção de colostro em éguas é de 160 ml/hora durante as primeiras 24 horas após o parto. Na Tabela 3 podemos verificar a composição do colostro comparado com leite obtido na 3ª semana pós-parto em três espécies diferentes.

Tabela 3. Comparação da composição do colostro com a do leite normal obtido 2-3 semanas após parição para 3 espécies.

	Vaca Holandesa		Porca		Água ^a	
	Colostro Leite ^b		Colostro Leite ^b		Colostro	Leite ^c
Sólidos totais (%)	23,9	12,9	20,5	16,9	25,2	11,3
Gordura (%)	6,7	4,0	5,8	5,4	0,7	2,0
Proteína (%)	14,0	3,1	10,6	5,1	19,1	2,7
Lactose (%)	2,7	5,0	3,4	5,7	4,6	6,1
Cinza (%)	1,11	0,74	0,73	0,71	7,72	0,50
Grav. Específica	1,056	1,032	-	-	1,076	1,035

a - ULLREY et alii, 1966

b - 2 semanas após parto

c - 3 semanas após parto

Fonte: SCHMIDT (1971)

Leite e colostro contêm essencialmente 2 grupos de proteínas (Schultze & Heremans, 1966, citados por JEFFCOTT, 1972):

a) Proteínas específicas do leite:

- Caseína
- β -lactoglobulina
- α -lactoalbumina
- lactofenina
- proteínas específicas menores
- enzimas e constituintes não identificados

b) Proteínas derivadas do plasma:

- albumina sérica
- imonoglobilinas - IgA, IgM, IgG
- α_1 - antitripsina
- ácido α_1 glicoproteína
- β_1 AC - globulina

A proteína do colostro dos equinos só foi estudada com respeito aos componentes imunológicos (JEFFCOTT, 1972). A imunoglobulina predominante no colostro humano é IgA do tipo secretor; IgM e IgG ocorrem em menor quantidade (ROUSE & INGRAM, 1970; PORTER, 1979). No cavalo, como nos outros ungulados IgG é a principal imunoglobulina do colostro. Aparentemente as Ig do colostro são transportadas seletivamente do sangue e não sintetizadas na glândula mamária, como em humanos. Segundo PORTER (1979), IgA não é predominante no colostro de espécies econômicas. Suínos e bovinos apresentam rápido declínio de IgG o que pode ser entendido como uma maneira de economizar IgG materno uma vez que esta

classe é transferida quase exclusivamente por um processo transudativo no epitélio da glândula mamária. Em suínos IgA predomina no leite (síntese local) e nos bovinos a glândula mamária apresenta-se deficiente em síntese de Ig. IgA é mais efetiva para imunização local contra *E. coli*. O mesmo autor ainda relata que a imunização materna (IgG) influencia o "status" imunológico do neo-nato interferindo no processo de desenvolvimento de imunidade ativa. Os anticorpos adquiridos via colostro regulam a resposta imune, inibindo desenvolvimento de células produtoras de anticorpos, o que concorda com o trabalho de MACHADO NETO & PACKER (1986), aparentemente por mecanismo que envolve eliminação de antígenos; e também atua por um mecanismo que envolve anticorpos citofílicos. Ao contrário do IgG, o IgM estimula o desenvolvimento dessas células.

Em amostras de colostro de pôneis obtidas antes da 1ª mamada a proteína total era 2 vezes a proteína total do soro (ROUSE & INGRAM, 1970). No mesmo estudo, esses autores verificaram que IgG variou de 31 mg/ml a 60 mg/ml, o que corresponde de 21,8 a 43,5% da proteína total do colostro. Ainda demonstraram que ocorre grande diminuição de PT e Ig no colostro com o passar do tempo após o parto:

0-3 horas após parto - 40% PT = IgG

9-24 horas após parto - 8,8% PT = IgG

1-5 dias após parto - 2,13% PT = IgG

Dessa forma, um potro ativo muda a secreção de colostro para leite em cerca de 12 horas.

Num estudo mais recente, PEARSON et alii (1984) determinaram a concentração de IgG do colostro em éguas das raças Árabe e PSI e verificaram:

$T_0(\text{parto}) \text{ IgG} = 96,81 \text{ mg/ml (Árabe)}$

$\text{IgG} = 46,08 \text{ mg/ml (PSI)}$

Além disso determinaram o tempo necessário para que o colostro reduzisse sua concentração de IgG para 10 mg/ml:

$T_{10} = 19,1 \text{ horas (Árabe)}$

$T_{10} = 8,9 \text{ horas (PSI)}$

Esses achados apontaram diferenças relevantes entre raças, porém os autores consideram que há grande variação entre indivíduos. A concentração de Ig no colostro sofre influências de:

- idade da mãe
- nº de lactações
- produção de colostro
- manejo

Os dados do referido trabalho são ainda importantes porque sugerem, com base no T_{10} que o colostro deve ser coletado nas primeiras 8 horas após o parto para se destinar ao "banco de colostro", assunto que será tratado mais adiante.

Em função da importância que esse assunto tem tido, LE BLANC et alii (1986) desenvolveram um estudo rela-

cionando concentração de Ig sérica em potros, concentração de Ig no colostro, esta última, medida em colostrômero especialmente desenvolvido para esse propósito, o que permitiu um grande avanço no manejo prático da transmissão da imunidade passiva.

2.3. IMUNOGLOBULINAS

As imunoglobulinas são proteínas globulares cujas cadeias polipeptídicas se dobram firmemente adquirindo estrutura esférica ou globular compacta caracterizando sua estrutura terciária.

2.3.1. Proteínas séricas

Os três grupos principais são:

a) **fibrinogênio**, que é produzido no fígado e que, portanto, é reduzido em função de lesões hepáticas. No processo de coagulação a maior parte do fibrinogênio é removido; portanto, o soro contém pouco ou nenhum fibrinogênio.

b) **albumina** - a fração albumina não é um grupo homogêneo; 2/3 equivalem a mercaptalbumina (que contém 1

grupo SH livre por mol), há uma fração não mercaptalbumina e também glicoproteínas.

c) **globulinas**, que são um grupo muito complexo que inclui:

- mucoproteínas e glicoproteínas
- lipoproteínas
- proteínas fixadoras de metais (Fe e Cu)
- imunoglobulinas - fração das proteínas séricas que é

a sede principal dos anticorpos circulantes, as imunoglobulinas, proteínas intimamente relacionadas que encerram toda a atividade conhecida dos anticorpos do soro. Segundo estudos eletroforéticos, imunológicos e de ultracentrifugação, foram divididos em três principais grupos, na ordem crescente de mobilidade eletroforética:

- (1) γ_2 - principal fração encerrando os anticorpos, também designada IgG.
- (2) β_2A ou IgA, que se diferencia da anterior por conter mais carboidrato.
- (3) β_2M ou IgM, fração de maior peso molecular encerrando anticorpos (HARPER, 1968).

2.3.2. Classes de imunoglobulinas

IgG - É a principal Ig sintetizada na respos-

ta secundária; tem habilidade de atravessar a placenta (em humanos) e portanto é a principal linha de defesa contra infecções nas primeiras semanas.

Difunde-se mais prontamente do que as outras Ig para os espaços extracelulares, onde como espécie predominante tem a função principal de neutralizar toxinas bacterianas e complexar microrganismos para facilitar a fagocitose: o complexo bactéria/IgG atrai células polimorfonucleadas fagocitóticas que aderem à bactéria através de receptores de superfície.

A taxa de catabolismo de IgG depende diretamente de sua concentração total.

A síntese é inteiramente governada por estimulação antigênica, de maneira que em animais "germ free", p.ex., o nível de IgG é bastante baixo.

- coeficiente de sedimentação: 7S
- PM = 150.000
- nº de unidades básicas de 4 peptídeos: 1
- [] no soro normal: 8-16 mg/ml
- % Ig total: 80%
- conteúdo de CHO: 3%

É a Ig mais abundante nos fluídos internos, particularmente nos extravasculares, onde combate microrganismos e suas toxinas (ROITT, 1977).

IgA - Forma polímeros espontaneamente. Aparece seletivamente nas secreções sero-mucosas como saliva, lágrima, fluídos nasais, suor, colostro e secreções do pulmão e trato gastrointestinal, onde sua função é clara: defender as superfícies externas expostas do corpo contra ataque de microrganismos. Aparece nesses fluídos como um dímero estabilizado contra proteólise pela combinação com uma outra proteína.

É sintetizada por células plasmáticas e pode funcionar impedindo a aderência de microrganismos à superfície das mucosas, evitando assim sua entrada nos tecidos.

- coeficiente de sedimentação: 7S, 9S, 11S
- PM-160.000 e polímeros
- nº de unidades básicas de 4 peptídeos: 1,2
- [] no soro normal: 1,4-4 mg/ml
- % Ig total: 13%
- conteúdo de CHO: 8%

IgM - São agentes aglutinantes e citolíticos bastante eficientes. Aparecem prontamente nos casos de infecção e por estarem confinadas aos vasos sanguíneos parecem ser de particular importância nos casos de bacteremia.

As isohemaglutininas (anti-A, anti-B) e vários anticorpos "naturais" aos microrganismos são IgM.

Os anticorpos para o antígeno tifóide "O" (endotoxina) e os anticorpos "WR" em sífilis também tendem a ser encontrados nessa classe.

Parece que IgM precede IgG na filogenia da resposta imune nos vertebrados.

- coeficiente de sedimentação: 19S
- PM = 900.000
- nº de unidades básicas de 4 peptídeos: 5
- [] normal no soro: 0,5-2 mg/ml
- % Ig total: 6%
- conteúdo de CHO: 12%

IgD - Foi reconhecida através da descoberta da proteína de mieloma que não tem a especificidade antigênica da IgG, IgA ou IgM, embora reaja com anticorpos a cadeias leves de Ig e tenha a estrutura básica de 4 peptídeos.

É a única classe de Ig susceptível a degradação proteolítica, o que contribui para sua meia vida curta no plasma (2,8 dias).

Ocorre na superfície de uma parte dos linfócitos sanguíneos, frequentemente junto com IgM e parece que podem funcionar como receptores antigênicos que interagem mutuamente para o controle de ativação e supressão do linfócito.

- coeficiente de sedimentação: 7S
- PM = 185.000
- nº de unidades básicas de 4 peptídeos: 1
- [] no soro normal: 0-0,4 mg/ml
- % Ig total: 1%
- conteúdo de CHO: 13%

IgE - Presente em quantidade muito pequena no soro.

Os níveis séricos aumentam consideravelmente nas infecções por certos parasitas, particularmente helmintos.

- coeficiente de sedimentação: 8S
- PM = 200.000
- nº de unidades básicas de 4 peptídeos: 1
- [] no soro normal: 17-450 mg/ml
- % Ig total: 0,002%
- conteúdo de CHO: 12%

É responsável pelos sintomas de alergia atópica (ROITT, 1977).

2.4. MECANISMO E DURAÇÃO DA ABSORÇÃO DAS PROTEÍNAS DO COLOSTRO

A placenta da égua é do tipo epiteliocorial difusa, e não permite a passagem de moléculas grandes (JEFFCOTT, 1971, 1974a; TIZARD, 1985); portanto, não há transmissão de imunoproteínas durante a gestação. Assim, através do colostro, a mãe está apta a transmitir ao potro alguma imunidade passiva temporária, contra uma gama de microrganismos comuns aos quais ela foi previamente exposta (Fig.1) (em função de sua

Figura 1. Mecanismo de absorção

Fonte: JEFFCOTT (1974a).

experiência imunológica). A secreção de colostro é de curta duração - cai a nível insignificante em 24 horas após o parto (JEFFCOTT, 1974b). O potro recém-nascido geralmente mama colostro durante as 2 ou 3 primeiras horas de vida, e em 6 horas pode-se encontrar alguma gamaglobulina no soro. O pico de Ig é atingido em 18 horas de vida e a concentração sérica é semelhante à concentração do soro da mãe. Os anticorpos passivos declinam gradualmente até estarem completamente ausentes aos 5 meses de idade. Bem antes disso o potro já mostra sinais de estar apto a se proteger: gamaglobulina endógena é encontrada pela primeira vez após 2 semanas de idade, embora o nível dos adultos não seja alcançado até os 5 meses de idade (JEFFCOTT, 1974a).

Transferência de imunidade passiva implica na absorção da proteína intacta. Só o intestino delgado do recém-nascido tem essa capacidade, a não ser em certos casos patológicos em adultos. A absorção no recém-nascido é um processo endocitótico, que de acordo com ARGENZIO (1984) é o que se segue:

- (1) adsorção da macromolécula na microvilosidade da célula adsortiva;
- (2) a adsorção prossegue até atingir certa concentração nas microvilosidades quando ocorre invaginação com formação de vesículas. Esse processo é dependente de energia para reposição da membrana celular.

- (3) migração do fagossoma para a região supranuclear onde ocorre coalescência do fagosssoma com o lisossoma originando o fagolissossoma, nessas vesículas ocorre digestão intracelular, mas algumas moléculas maiores escapam, migram para a região baso-lateral, onde são excretadas por um processo inverso da endocitose (exocitose).
- (4) passam para o espaço intercelular.
- (5) atingem o sistema linfático e finalmente a circulação sistêmica.

A atividade proteolítica da mucosa intestinal é baixa ao nascimento, o que evita a digestão de macromoléculas de Ig antes de serem transferidas para a circulação do neonato. O colostro tem um fator inibidor da tripsina, que preserva os anticorpos da hidrólise por enzimas pancreáticas. A atividade da pepsina no estômago é bastante baixa ao nascimento e aumenta rapidamente após duas semanas de idade ao mesmo tempo que ocorre um aumento da produção de HCl pelas células parietais.

JEFFCOTT (1971) determinou que a permeabilidade intestinal a macromoléculas em potros começa a diminuir logo após o nascimento e é um processo gradual que termina em torno de 24 horas (Tabela 4). Esse período coincide com a cessação da proteinúria transitória.

Tabela 4. Tempo de absorção em potros.

	Horas após nascimento					
	0-15	16-19	20-22	23-24	26-36	48
Nº de potros	12	8	11	8	3	1
Absorção dos marcadores	++	+	+	-	-	-

+ absorção

- não absorção

Fonte: JEFFCOTT (1971).

JEFFCOTT (1974b) verificou que há pouca diferença no tempo para iniciar a produção de imunoglobulina endógena entre potros que não receberam colostro e aqueles que receberam uma quantidade extra de imunoglobulina passiva após o nascimento. O pico de gamaglobulina endógena foi atingido mais cedo em potros que não receberam colostro embora em 3 ou 4 meses o nível tenha sido o mesmo para os dois, resultados que também são sugeridos por MACHADO NETO & PACKER (1986) trabalhando com bezerros. Miller ¹ (1966), citado em JEFFCOTT (1974b) considera que a maturidade imunológica não está vinculada ao processo do nascimento e que fatores ambientais, pre

¹ MILLER, J.F.A.O. Immunity in the foetus and the new born. *Brittish Medical Bulletin*, 22: 21-26, 1966.

sumivelmente estimulação antigênica, sejam responsáveis pela expressão da capacidade imunológica. E este parece ser o caso, pelo menos em potros que receberam colostro, nos quais a gamaglobulina passiva mascarou ou retardou a produção de gamaglobulina endógena. A habilidade de sintetizar gamaglobulina é detectada após 2 semanas de vida, o que, assumindo-se um período de adaptação de 7 dias para produção, indica que a competência imunológica se faz presente logo após o nascimento.

McGUIRE et alii (1977) também comentam que "potros nascem com um sistema linfóide razoavelmente imuno-competente".

A absorção de anticorpos do colostro é semelhante em potros e bezerros (JEFFCOTT, 1972). Num estudo de absorção, MACDOUGALL (1975) relata que encontrou uma eficiência de absorção de macromoléculas de $50 \pm 16,5\%$ em bezerros, com eficiência individual variando entre 25 a 75%, e que há alta correlação entre a quantidade de colostro fornecida e a quantidade de IgG absorvida até 250 g de IgG em 4 litros de colostro. Outro trabalho de JEFFCOTT (1975) nesse mesmo sentido, obteve 22% de eficiência de absorção; o autor considera que essa eficiência é obtida se for considerado o "pool" intracelular de IgG (MACDOUGALL, 1975).

De acordo com JEFFCOTT (1975) o colostro contém substâncias capazes de auxiliar a absorção de macromoléculas; em bovinos parecem estar envolvidos dois grupos de

substâncias: uma fração proteica de baixo peso molecular e fosfato inorgânico e glicose-6-fosfato. A absorção se reduz em 10% quando o potro não recebe colostro embora o tempo de "fechamento" da mucosa intestinal não se altere; isso provavelmente está associado à ausência dos fatores do colostro que melhoram a absorção.

2.5. FALHAS NA TRANSFÊRENCIA DE IMUNOGLOBULINAS

As falhas no mecanismo de transferência de Ig da mãe para o potro têm inúmeras causas: a mãe produz colostro com baixa concentração de Ig, que ocorre em éguas de 1ª cria, por falha no mecanismo seletivo de Ig do sangue para a glândula mamária; lactação prematura, fato relativamente comum, é considerada a causa mais importante do baixo nível de imunidade do potro, e pode ser devida a placentitis, gêmeos, separação da placenta ou vazamento; acesso retardado ao colostro devido a rejeição pela mãe, fraqueza ou defeito do potro; má absorção intestinal que pode ocorrer em função de "stress" no parto com consequente produção exagerada de adrenocortidóides, hormônios que influenciam a permeabilidade do intestino delgado e podem reduzir ou eliminar a absorção das macromoléculas; e partos prematuros que têm influência sobre produção do colostro - éguas paridas antes de 320 dias de gestação não tiveram tempo ou estímulo hormonal para produção

de colostro, ou seja, estão fora de sincronia fisiológica (JEFFCOTT, 1974; McGUIRE et alii, 1977; RUMBAUGH et alii, 1979).

O trabalho de TOWNSEND et alii (1983) mostram que a indução de parto em águas afeta a transferência de imunidade passiva: indução de parto em 11 éguas resultou em 4 mortes e concentração média de IgG nos potros "induzidos" menor que nos "controle". As explicações para esses resultados são: volume inadequado de colostro produzido; absorção inadequada pelo potro devido a seu baixo vigor em conjunto com outros fatores que também podem atuar uma vez que o autor ressalta que há grande variação entre indivíduos.

Para detectar falhas na transferência ou baixo nível imune é necessário saber quais valores podem ser atingidos e considerados normais (Tabela 5).

Tabela 5. Concentração de IgG sérica (mg/ml), dados de vários autores.

Raça	Adulto	Potro	Autor
Raças pesadas de trabalho	8,5-30,0 10,5-31,5	25,0-33,75 2,0-33,5	TOWNSEND et alii, 1983 (controle) TOWNSEND et alii, 1983 (induzido)
Ponei e PSI	12,25	15,85	ROUSE, 1971
PSI	-	13,35	McGUIRE et alii, 1977
PSI	-	13,5	PEMBERTON et alii, 1980
Quarto de Milha	15,0	19,2	McGUIRE & CRAWFORD, 1973
Árabe	-	19,8	POPIE & McGUIRE, 1976
Bezerros	-	23,46	MACHADO NETO & PACKER, 1986

Há forte evidência de alta correlação entre infecções neonatais e imunidade passiva em potros, bezerros e carneiros (JEFFCOTT, 1972). Rossdale¹, citado em JEFFCOTT (1972), notou que 4 potros doentes apresentaram níveis de proteína total e γ -globulina abaixo do normal. BOYD (1972), trabalhando com bezerros, chegou às mesmas conclusões. Nesse contexto PFFEIFER & MCGUIRE (1977) estabeleceu que bezerros com menos de 15,0 - 20,0 mg IgG/ml de soro são mais susceptíveis a infecções e que o nível mínimo para sobrevivência é de 7,5 mg/ml.

MCGUIRE et alii (1977) verificou falhas na transferência em 24% dos 87 potros PSI examinados por ele; a alta ocorrência de infecções em animais com deficiência de IgG acentuou ainda mais a importância da transferência de anticorpos do colostro para o recém-nascido. Esse autor examinou também um grupo de 11 potros que morreram e verificou que em 10 desses animais o conteúdo de IgG no soro era menor que 4,0 mg/ml enquanto que a média para potros normais era de 13,35 mg/ml.

O efeito protetor dos anticorpos maternos é melhor ilustrado em potros com imunodeficiência combinada (CID): mesmo **sem** um sistema linfóide funcional, a maioria desses animais parece clinicamente normal durante o primeiro

¹ ROSSDALE, P.D. A clinical and laboratory assessment of the health status of the new born TB foal Fellowship Thesis, Royal College of Veterinary Surgeons, Londres, 1966.

mês de vida, enquanto grande quantidade de anticorpos maternos é recebida. Em seguida eles se tornam susceptíveis a infecções fatais. Os que apresentam, além disso, falha na transferência de anticorpos por qualquer outro motivo, sucumbem muito antes do que os que contam com transferência normal (McGUIRE et alii, 1977).

A CID (combined immunodeficiency) vem a ser um defeito genético na produção de linfócitos B e T, de maneira que potros que nascem agamaglobulinêmicos, como já ressaltado anteriormente, são incapazes de sintetizar as imunoproteínas necessárias à sua sobrevivência. Essa doença só foi encontrada em cavalos da raça Árabe e em humanos. A susceptibilidade do indivíduo a doenças infecciosas é pouco conhecida em cavalos; em seres humanos é devida a defeitos genéticos e adquiridos incluindo fatores como: agamaglobulinemia ou hipogamaglobulinemia, ausência de resposta imune das células, função de macrofagia defeituosa, função de neutrófilos defeituosa e anormalidades complementares (McGUIRE et alii, 1975; POPPIE & McGUIRE, 1976).

Embora a importância do colostro para o recém-nascido esteja bastante bem estabelecida, o fato de que grande parte das infecções e mortes é devida a falhas na transferência de Ig ainda não é devidamente considerado. Nestes termos, observa-se que a identificação e o tratamento de potros imuno-deficientes é de elevada importância, especialmente no caso de equinos onde o valor econômico individual é

elevado. Sob esse aspecto vários esforços têm-se registrado no sentido de identificar e tratar esse problema a nível de campo (BOYD, 1972; BUENING et alii, 1977; PFEIFFER et alii, 1977; PEMBERTON et alii, 1980; WATSON et alii, 1980; KENT & BLACKMORE, 1985; LE BLANC et alii, 1986).

McGUIRE et alii (1977) correlacionando e considerando as possíveis causas de falha e a incidência de infecções e morte estabeleceu que potros com menos de 2,0 mg Ig/ml de soro apresentam falha na transferência e potros com 2,0 - 4,0 mg/ml apresentam falha parcial.

Alguns procedimentos de laboratório são sugeridos para verificar a transferência de Ig materna para o neonato:

- Imunodifusão radial - antisoro específico contra o soro do indivíduo; o tamanho do anel de precipitação comparado com padrões conhecidos dá a informação sobre a classe de Ig procurada.

- ZST (Zinc Sulphate Turbidity) - precipitação química das globulinas com íons metálicos, leitura em espectrofotômetro.

- Eletroforese do soro - assume-se que as Ig migram com a fração γ , mas deve-se ressaltar que as Ig não estão totalmente confinadas a essa fração - encontram-se também na fração β_1 .

- Refractometria da proteína total do soro - assume-se que as variações de PT refletem a transferência de Ig do colostro porque Ig é a única classe de proteína que aumenta após a ingestão do colostro.

- Precipitação com sulfito de sódio - baseia-se na precipitação das globulinas (RUMBAUGH, 1978; BIERER, 1969).

Uma vez conhecido o nível imunológico do animal, cumpre tratar os que apresentarem falha na transferência. Há duas maneiras de tratar uma falha na transferência: a primeira é fornecer colostro por via oral em mamadeira ou via intubação nasogástrica para potros com menos de 18 até 24 horas de vida. Fornecer 200 a 250 ml de colostro de boa qualidade (alta concentração de Ig) supre quantidade satisfatória de IgG sérica (JEFFCOTT, 1974a; RUMBAUGH et alii, 1979; LE BLANC et alii, 1986). A suplementação com colostro supõe a manutenção de um "banco de colostro" e o trabalho de LE BLANC (1986) fornece dados importantes para esta prática: "colostro coletado para banco deve ter alta concentração de IgG (> 70 mg/ml). Para isso o colostro pode ser coletado de éguas cujos potros morreram. Uma alternativa é selecionar éguas com alta concentração de IgG". Nesse estudo, éguas com gravidade específica de colostro ≥ 1.090 têm concentração de IgG $> 70,0$ mg/ml e seus potros apresentam concentração sérica média de 15,04 mg Ig/ml de soro às 24 horas.

Nesse sentido a Tabela 6 ilustra a correlação que existe entre concentração de IgG do colostro e concentração sérica dos respectivos potros.

Tabela 6. Concentração média de Ig em colostro e soro de potros correlacionada com a gravidade específica do colostro.

Gravidade específica colostro	Concentração de Og colostro (mg/ml)	Concentração de Ig soro de potro (mg/ml)
1,060-1,065	42,28 (30,4 - 56,8)	8,79 (5,21 - 13,3)
1,070-1,075	56,13 (40,0 - 73,0)	13,05 (5,79 - 18,55)
1,080-1,085	64,27 (46,5 - 85,0)	13,94 (6,30 - 18,5)
1,090-1,095	74,84 (70,23 - 83,8)	12,58 (8,50 - 15,0)
1,100-1,105	108,1 (91,0 - 128,0)	16,10 (13,85 - 19,97)

Valores médios - com variação entre parênteses.
Adaptado de LE BLANC et alii, 1986.

- A outra maneira é administração intra-venosa de plasma de um doador selecionado, para potros mais velhos que já não têm capacidade intestinal de absorver macromoléculas. A dosagem é de 20 ml de plasma por kg de peso vivo, nessa dosagem um potro deve receber cerca de 1 litro de plasma e espera-se que a concentração de Ig circulante no potro chegue a 30% da concentração do doador.

2.6. EFEITOS DELETÉRIOS ASSOCIADOS AO PROCESSO

É importante mencionar a incompatibilidade imunológica natural que pode ocasionalmente ocorrer no potro recém-nascido. Essa condição, conhecida como doença hemolí-

tica é causada pela absorção de hemaglutininas e hemolisinas do colostro da mãe sensibilizada. Acredita-se que a égua possa ser isoimunizada pela passagem transplacentar de antígenos do feto herdados do garanhão, que a mãe não possui e portanto não reconhece. O feto não é afetado no útero provavelmente devido ao tipo de placenta que representa uma barreira à passagem de anticorpos.

A ocorrência da doença na 1ª gestação é rara. A maioria ocorre entre a 4ª e 7ª gestação. Em algumas éguas os primeiros casos são brandos e subclínicos; isoimunização nas gestações subsequentes resulta em potros mais severamente afetados. No final da gestação ocorre um aumento do título de isoanticorpos no soro de éguas sensibilizadas; esse título cai rapidamente após o parto. Alto nível de isoanticorpos está presente no colostro desses animais, embora um potro ativo possa reduzir o nível de 5% do original em 12 horas de vida.

Os potros parecem saudáveis nas primeiras horas de vida. De 8 horas a 5 dias os animais tornam-se progressivamente letárgicos, fracos e com mucosas pálidas. Há sinais de anemia aguda e severa devido à hemólise intravascular. Animais com menos de 3 dias que mostram sinais da doença são mais severamente afetados e morrem entre 24-36 horas, enquanto que potros mais velhos apresentam sintomas mais brandos e podem se recuperar com manejo adequado.

Pode-se detectar isossensibilização na égua pe

la técnica indireta de Coomb. Em casos suspeitos previne-se a doença evitando que o potro receba colostro da mãe entre 24 a 26 primeiras horas de vida. Diagnóstico em potros que ingeriram colostro é confirmado pelo teste direto de anti-globulina de Coomb para identificação de isoanticorpo nos eritrócitos do potro (FRANKS, 1962; JEFFCOTT, 1972).

RUMBAUGH et alii (1979) e LE BLANC et alii (1986) recomendam verificar a ausência de isoanticorpos no colostro e plasma armazenados para tratamento de animais com falha na transferência de imunidade.

As fêmeas podem tornar-se sensibilizadas a eritrócitos alogênicos por transfusão de sangue incompatível ou por passagem de eritrócitos fetais via placenta; nesse caso os anticorpos produzidos concentram-se no colostro. Equinos possuem 8 sistemas de grupos sanguíneos. O principal antígeno de grupo sanguíneo sensibilizante é o Aa seguido por Qa, R e S.

O grau de sensibilidade materna aumenta com o número de gestações. O diagnóstico no potro é feito por adição de soro fresco de coelho (complemento), o que causa rápida hemólise no caso de Aa e Qa. Se a doença for devida a R e S (menos antigênicos) só é detectada por prova de anti-imunoglobulina direta; na égua faz-se prova de anti Ig indireta com eritrócitos do garanhão. A procura de eritrócitos do potro contra o colostro da égua é de utilidade limitada, devido ao colostro induzir grande formação de "rouleaux", que mascara a aglutinação (TIZARD, 1985).

Um outro efeito deletério associado é que a imunização ativa no potro jovem pode ser ineficaz se anticorpos maternos específicos estiverem presentes. Alexander e Mason¹, citados em JEFFCOTT (1974a) demonstraram que a vacina viva contra "Doença Africana" (AHS) não tem efeito imunizante em potros jovens cujas mães tenham anticorpos AHS circulantes. Vacinas de vírus vivo são inativadas por anticorpos que já estejam em circulação antes que tenham chance de se multiplicar e exercer seu efeito antigênico.

2.7. NUTRIÇÃO X NÍVEL IMUNOLÓGICO

Estudos têm sido conduzidos para determinar o papel do consumo de energia, proteína, vitaminas E e A, selênio e ferro na resposta imune de animais, principalmente em roedores e suínos.

Com relação a má nutrição protéico-calórica GOOD & LORENZ (1988) e KELLEY & EASTER (1987) comentam que seu efeito é bastante severo e que a imunodeficiência persiste mesmo após nutrição adequada.

¹ ALEXANDER, R.A. & J.H. MASON. Studies on neurotropic virus of Horse Sickness. VII Transmitted immunity. Onderstepoort, J. Vet. Sci. Anim. Im., 16: 19-32, 1941.

Consumo subótimo de Se em animais e humanos têm efeitos indesejáveis; entre esses há o efeito de impedir o desenvolvimento ou o funcionamento do sistema imune, comprometendo a resistência a infecções. O selênio juntamente com a vitamina E aumenta a capacidade de síntese de anticorpos, além de aumentar a proliferação de linfócitos T (COMBS & COMBS, 1986; KELLEY & EASTER, 1987). A suplementação com vitamina E favorece a resposta imune em bezerros (CIPRIANO et alii, 1982; REDDY et alii, 1986; REDDY et alii, 1987).

Sabe-se que a vitamina A é necessária para a síntese de anticorpos, proliferação de linfócitos T, atividade fagocítica das células polimorfanucleadas (BOON, 1987; KELLEY & EASTER, 1987).

Em ratos deficientes em ferro, com anemia severa, constata-se uma redução da síntese proteica nos órgãos do sistema imune: baço, timo e fígado, o que acarreta o comprometimento da resposta imune nesses animais (KELLEY & EASTER, 1987; ROSCH et alii, 1987).

Outro aspecto interessante é apresentado pelo trabalho de PERDIGON et alii (1987), onde são fornecidas culturas de bactérias (*L. acidophilus* e *S. thermophilus*) a ratos, constatando-se um favorecimento da resposta imune nesses animais. Ambas as culturas de bactérias lácticas aumentam significativamente a atividade fagocitótica e enzimática dos macrófagos peritoniais, além de acelerar a função fagocitótica do sistema reticuloendotelial.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL

A fase de campo deste trabalho foi realizada no Haras Rancho Nativo, município de Limeira, estado de São Paulo, a 130 Km da capital, com área de 48,5 ha, situada a 542 metros de altitude. Localiza-se a $22^{\circ}33'4''$ de latitude sul e $47^{\circ}24'15''$ longitude oeste de Greenwich. Apresenta clima do tipo Cwa, segundo a classificação Köppen, com precipitação média anual de 1353,5 mm. As análises laboratoriais realizaram-se no Laboratório de Fisiologia Animal do Departamento de Zoologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

3.2. ANIMAIS

Os animais que participaram deste experimento eram fêmeas das raças Mangalarga e Puro Sangue Inglês, registradas nos respectivos "Studbooks" e consideradas sadias

por exame veterinário rotineiro. Essas éguas foram escolhidas dentro de um plantel de 40 éguas com base na data prevista de parição. Participaram também os potros nascidos dessas éguas, desde a hora do nascimento até 70 dias de idade.

Foram utilizadas 5 éguas da raça Mangalarga e 5 éguas PSI para análise do colostro à zero hora; 6 éguas Mangalarga e 7 PSI para amostragem de sangue; e 7 potros Anglo-Árabes e 6 Mangalarga nascidos das fêmeas citadas anteriormente também para coleta de sangue.

A propriedade em questão não adota programa de vacinação de rotina, nem de emprego de medicamentos preventivamente.

3.3. AMOSTRAGEM DE COLOSTRO

Aproximadamente 30 ml de colostro de cada égua foram coletados em frasco plástico imediatamente após o parto, antes da primeira mamada e armazenado em geladeira até a data de análise (só se consideraram válidas as análises feitas 2-3 dias após coleta, de acordo com PARRISH et alii [1950]).

3.4. AMOSTRAGEM DE SANGUE

As amostras de sangue foram retiradas da veia jugular, aproximadamente 10 ml por animal. O material foi recebido em tubo de centrífuga, centrifugado e o soro resultante transferido para dois frascos devidamente identificados e armazenado a -20°C até a data da análise.

Diante da impossibilidade de se conhecer o dia exato de parição foram programadas cinco datas de amostragem para cada égua gestante com base na data de cobertura, os resultados foram distribuídos nos períodos que se seguem: 3, 9, 16, 23 e mais de 26 dias antes do parto e na hora do parto, antes da 1ª mamada do potro.

A coleta de sangue dos potros obedeceu ao seguinte esquema: imediatamente pós-natal (antes de qualquer ingestão de colostro), 24 e 48 horas, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 e 70 dias após o nascimento.

Para melhor controle da amostragem foi feita uma ficha de cada animal procurando abranger o maior número de informações possível para o trabalho. O modelo da ficha idealizado é o que se vê na Figura 2.

(1965); 67 amostras foram analisadas. Para construção da curva padrão foi utilizada IgG obtida da Sigma Chemical Company - USA. O agar foi preparado com 0,8g de agarose em 100 ml de Tris-HCl (pH = 8,0), solução mantida em ebulição até se tornar transparente, após o que permaneceu em banho - maria a 56°C. Em cada placa colocou-se 5 ml de agar e 125 ml de anti-IgG (Sigma Chemical Company-USA). Procedeu-se a leitura do diâmetro das reações após 48 horas, quando o crescimento do precipitado cessou. A equação obtida foi:

$$y = 3,86x - 33,16, \text{ onde}$$

$$y = \text{concentração de IgG sérica em mg/ml}$$

$$x = \text{diâmetro da reação}$$

com coeficiente de correlação $r = 0,98$.

A quantificação das Ig séricas dos potros baseou-se no método descrito por McEVAN et alii (1970) que se refere à leitura espectrofotométrica da turvação obtida da reação das imunoglobulinas com o sulfato de zinco, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Preparou-se, a cada bateria de amostras, uma nova solução de sulfato de zinco com 208 mg de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ em 1000 ml de H_2O destilada e mantida em ebulição por 20 minutos, para evitar a presença de CO_2 que influencia a turvação e consequentemente a densidade óptica. Todas as soluções utilizadas neste método foram mantidas livres de CO_2 . Para isso montou-se um sistema com tubos de látex e pipetadores, de maneira que todo ar consumido na operação borbilhava em solução de NaOH antes de entrar no circuito fechado.

A temperatura ambiente do laboratório foi estabilizada a 21°C durante as reações e leituras.

Procedeu-se à leitura da densidade óptica ou absorbância no espectrofotômetro (Coleman Junior II) em comprimento de onda de 660 nm, após a adição de 100 µl da amostra de soro a 6 ml de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e incubação por 60 minutos.

Utilizaram-se unidades ZST (Zinc Sulfate Turbidity) para expressar a concentração de anticorpos séricos (densidade óptica X100). Para se estimar a concentração em mg de Ig/ml foi obtida uma curva padrão da densidade óptica X concentração de Ig (mg/ml) obtida por imunodifusão radial da mesma forma descrita anteriormente, usando-se amostra de soro de 8 potros recém-nascidos.

A equação resultante foi:

$$y = 84,04x - 0,87, \text{ onde}$$

x = absorbância ou densidade óptica

y = concentração de Ig em mg/ml,

com coeficiente de correlação $r = 0,88$.

A ocorrência de hemólise nas amostras implica em erro de leitura da turvação, variando com a intensidade da hemólise. A correção é dada pela fórmula (PFEIFFER, 1977):

$$[] \text{ Real Ig} = \text{leitura da turvação} - [A_{540} \times 23]$$

onde:

$$[] \text{ Real Ig} = \text{mg/ml}$$

Leitura da turvação = absorbância em 660 nm, convertida em mg/ml;

A₅₄₀ = absorvância em 540 nm do soro com diluição 1:20.

Para corrigir os resultados obtidos em unidades ZST para hemólise, foi calculada a percentagem de correção resultante da fórmula anteriormente descrita para dados em mg/ml.

O colostro foi analisado quanto à concentração de proteína total pelo método Micro-Kejeldahl, $N \times 6,38$. Considerou-se que a concentração de IgG do colostro correspondia a 40% da proteína total.

3.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para análise dos dados das éguas o delineamento adotado foi o experimento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, onde o período experimental foi considerado como sub-parcela. Foram considerados apenas 5 períodos experimentais porque para mais de 30 dias antes do parto não houve número de repetições suficiente.

Para análise dos dados dos potros a relação entre o período de amostragem e unidades ZST* foi estudada por diferentes modelos matemáticos. A cada ponto de amostra

* Unidades ZST = absorvância lida $\times 100$, indica concentração de IgG (mg/ml) no presente estudo.

gem (1,2,5,... e 70 dias) as concentrações de Ig sérica foram analisadas para estudar o efeito da raça de acordo com o modelo inteiramente casualizado com diferentes números de repetições.

A diferença de PT do colostro entre as duas raças foi analisada pelo teste "F" e as correlações de interesse foram estabelecidas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados originais provenientes das determinações de laboratório, para cada animal, são apresentados nos Apêndices de n^ºs 1 a 6.

4.1. VARIAÇÃO DA IgG SÉRICA EM ÉGUAS

Os níveis médios de IgG sérica das éguas, nas diferentes determinações em relação ao dia do parto são apresentados na Tabela 7. Diferenças ocorridas entre o dia estimado da parição e o dia em que efetivamente ocorreu nos levaram a agrupar as determinações e apresentar o tempo médio decorrido em dias entre as determinações e o parto.

Tabela 7. Variação de IgG sérica (mg/ml $\pm$ EPM) em éguas Mangalarga e PSI.

Períodos (dias pré-parto)	Mangalarga	PSI
0	26,1 $\pm$ 1,8	29,8 $\pm$ 1,7
3 - 6	24,3 $\pm$ 2,5	30,7 $\pm$ 1,7
9 - 13	21,7 $\pm$ 2,4	30,3 $\pm$ 1,8
16 - 20	27,3 $\pm$ 1,4	28,5 $\pm$ 0,9
23 - 16	25,3 $\pm$ 1,9	26,7 $\pm$ 2,2
+ de 26	27,1 $\pm$ 2,6	25,6 $\pm$ 3,4

A análise de variância dos resultados revelou que a média de 28,95 mg IgG/ml de soro para éguas PSI é significativamente superior ($P < 0,05$) à média de 24,17mg IgG/ml apresentada pelas éguas Mangalarga; por outro lado não se verificou interação significativa entre raça e período de amostragem, de maneira que a flutuação sérica de IgG anterior ao parto não foi detectada, conforme ilustra a Tabela 8.

Tabela 8. Análise da variância para estudo do efeito de raça e de período de amostragem na flutuação de IgG sérica em éguas.

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Nível %
Raça (RA)	1	228,69	228,59	7,58*	3,31
Resíduo (a)	6	180,88	30,15		
Parcelas	7	409,47			
PEE x (PE)	4	30,12	7,53	0,37ns	82,55
Interação Raça x PE	4	151,82	37,95	1,88ns	14,67
Resíduo (b)	24	484,49	20,19		
TOTAL	39	1075,91			

Vários autores citados em JEFFCOTT (1974a), mostraram que proteínas séricas em vacas são continuamente incorporadas ao leite e as gamaglobulinas são preferencialmente concentradas pela glândula mamária; esse processo é intensificado em estágios avançados de prenhez e leva a uma queda de proteína total e gamaglobulina sérica, OLIVEIRA et alii (1980b) sugerem o mesmo resultado. O próprio JEFFCOTT (1974a) determinou essa queda em equinos: foi detectada uma queda definida de proteína e gamaglobulina antes e após o parto que se iniciava 2 a 3 semanas antes, atingindo o nível mais baixo 3 semanas após o parto. A diferen-

ça entre esses dados e os do presente trabalho pode estar no tempo de observação após a parição, maior para o referido autor, que observou durante 24 semanas antes e 24 semanas após o parto; ou ainda pode ser um efeito de raça (Jeffcott trabalhou com éguas Poney), uma vez que as curvas obtidas para as duas raças são bastante diferentes como se pode observar na Figura 3.

Figura 3. Variação de IgG sérica (mg/ml) em éguas das raças Mangalarga e PSI.

4.2. PROTEÍNA TOTAL DO COLOSTRO

A média obtida para a concentração de PT no colostro foi de $21,95\% \pm 0,90^*$ em éguas PSI significativamente superior, segundo o teste "F" ($P < 0,01$), à média de $11,64\% \pm 2,95$ em éguas Mangalarga (Tabela 9).

Tabela 9. Análise da variância para estudo do efeito de raça na PT do colostro de éguas.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Nível %
Tratamentos	1	265,74	265,74	11,12**	1,031
Resíduo	8	191,15	28,39		
TOTAL	9	456,90			

O aspecto do material coletado era bastante diferente entre as duas raças, sendo o colostro das éguas PSI, com maior concentração de PT, de uma coloração amarela mais intensa e com maior viscosidade. LE BLANC et alii (1986) verificou que a maior viscosidade, que implica em maior gravidade específica, se correlacionava positivamente com concentração de imunoglobulinas e ainda que a concentração de IgG sérica nos potros era mais alta quanto maior a concentração de IgG do colostro, o que concorda com o trabalho de Mac

* $\% \pm$ EPM

DOUGALL (1975) e com o presente trabalho como se verifica a seguir.

Determinada a PT do colostro, é possível estimar a concentração de IgG. Considerando-se IgG (mg/mg) = 40% PT do colostro (ROUSE & INGRAM, 1970) e a concentração de IgG sérica dos potros no pico de absorção (24-48 horas), obtida neste estudo, teremos, Tabelas 10 e 11:

Tabela 10. Níveis de IgG do colostro de éguas PSI e de IgG sérica em potros da raça Anglo-Árabe* no pico máximo de absorção.

Nº animal	IgG colostro (mg/ml)	Nº animal	IgG sérico (mg/ml)
E ₄	84,88	P ₄	31,28 (24h)
E ₅	75,12	P ₅	25,33 (24h)
E ₆	92,64	P ₆	21,82 (5 dias)
E ₈	95,25	P ₈	29,15 (48h)
E ₁₀	91,16	P ₁₀	33,25 (24h)

* As éguas PSI utilizadas no presente estudo foram cruzadas com garanhões da raça Árabe, resultando em potros da raça Anglo-Árabe devidamente registrados no "Studbook".

Tabela 11. Níveis de IgG do colostro e de IgG sérica em potros da raça Magalarga no pico máximo de absorção.

Nº animal	IgG colostro (mg/mg)	Nº animal	IgG sérica (mg/ml)
E ₁	31,44	P ₁	26,23 (48h)
E ₃	27,84	P ₃	15,52 (24h)
E ₇	35,92	P ₇	17,08 (24h)
E ₁₃	45,20	P ₁₃	17,62 (48h)
E ₁₄	92,44	P ₁₄	24,76 (48h)

Com base nos cálculos anteriores temos média de 87,8 mg IgG/mg de colostro em éguas PSI superior ($P < 0,01$) à média de 46,57 mg IgG/mg em éguas Mangalarga e consequentemente média de 28,17 mg IgG/ml de soro para potros Anglo-Árabes no pico máximo de absorção, superior ($P < 0,01$), segundo a análise de variância, à média de 20,24 mg IgG/ml de soro para potros Mangalarga (Tabela 12).

Tabela 12. Análise da variância para estudo do efeito de raça na concentração de IgG sérica de potros no ponto de máxima absorção.

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Nível %
Raça	1	219,30	219,30	11,82**	10,56
Resíduo	11	204,5	18,55		
TOTAL	12	403,35			

A correlação entre a concentração de IgG no colostro e no sangue dos potros no pico máximo de absorção foi de 0,69 ($P < 0,05$).

De posse desses dados é possível também calcular a eficiência de absorção de IgG do colostro pelos potros:

$$\frac{\text{IgG sérica potro}}{\text{IgG colostro}} \cdot 100 = \% \text{ de IgG absorvida}$$

As eficiências médias de absorção foram 32,23% para potros Anglo-Árabes e 50,5% para potros Mangalarga, cuja análise de variância não revelou diferença estatística, indicando que o processo fisiológico de absorção foi semelhante para as duas raças neste estudo.

Tabela 13. Análise da variância para estudo do efeito de raça na absorção do IgG do colostro pelos potros.

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Nível %
Raça	1	833,93	833,93	3,44ns	5,32
Resíduo	8	1935,34	241,92		
TOTAL	9	2769,27			

JEFFCOTT (1974c) trabalhando com potros e MacDougall (1972)¹ citado em MacDOUGALL (1975) com bezerros encontraram eficiências de absorção semelhantes, em torno de 50%.

4.3. IMUNOGLOBULINAS SÉRICAS DOS POTROS

A Figura 4 ilustra os resultados obtidos com as observações dos potros.

¹ MacDOUGALL, D.T. The metabolism of plasma proteins in the young calf. Ph.D. Thesis, University of Glasgow, 1972.

Figura 4. Variação da Ig sérica (unidades ZST) em potros das raças Mangalarga e Anglo-Árabe.

Após as 48 horas, a relação entre período de coleta e unidades ZST, para a raça Mangalarga é expressa pelo modelo matemático:

$$y = 23,9274 - 0,39766x + 6,4675 \cdot 10^{-3}x^2, \text{ onde} \quad (1)$$

x = período de coleta (dias)

y = unidades ZST

com $r = 0,91$

$F = 20,3^{**}$,

cuja estimativa do ponto de mínimo é 30,7 dias, coincidente com o ponto de inflexão (equação do 2º grau), que pelos pontos observados, ocorre aos 30 dias. Na tentativa de discriminar os períodos experimentais, subdividiu-se o modelo 1, resultando em dois novos modelos de regressão linear:

$$y = 23,1993 - 0,216542x \quad (2-30 \text{ dias}), \text{ onde} \quad (1A)$$

x = período de coleta (dias)

y = unidades ZST

com $r = -0,79$

$F = 8,18^*$,

o modelo para esse período indica uma queda significativa ($P < 0,05$) de 0,2165 unidades ZST por dia até o 30º dia, ponto mínimo encontrado;

$$e \quad y = 8,39883 + 0,260439x \quad (30-70 \text{ dias}), \text{ onde} \quad (1B)$$

x = período de coleta (dias)

y = unidades ZST

$r = 0,98$

$F = 85,18^{**}$

indicando que aos 30 dias se inicia uma fase significativa ($P < 0,01$) de aumento de 0,2604 unidades ZST por dia. Fisiolo-

logicamente, o 1º período (2-30 dias) revela o pico de concentração de IgG sérica adquirida passivamente às 48 horas de vida, o que corresponde à 80% da concentração média de animais adultos, seguida de uma fase de catabolismo até os 30 dias, quando pode-se considerar o início da fase de produção endógena de IgG maior do que o catabolismo verificado no período anterior. A raça Mangalarga chega aos 70 dias com uma quantidade considerável de Ig sérica, atingindo 86% da concentração média de IgG de animais adultos, ligeiramente superior à concentração máxima de IgG passivamente adquirida até as 48 horas.

Para a raça Anglo-Árabe a relação entre o período de coleta e unidades ZST é expressa pelo modelo:

$$y = 34,161 - 0,756062x + 0,015604x^2 - 1,013.10^{-3}x^3, \text{ onde } (2)$$

x = período de coleta (dias)

y = unidades ZST

com r = 0,96

F = 26,5*,

que pode ser subdividido, a exemplo do modelo anterior em:

$$y = 31,563 - 0,0288999x \quad (2-40 \text{ dias}), \text{ onde } (2A)$$

x = período de coleta (dias)

y = unidades ZST

com r = -0,92

F = 31,8677*,

$$e \quad y = 19,8672 + 0,0492596x \quad (40-70 \text{ dias}), \text{ onde } (2B)$$

x = período de coleta (dias)

y = unidades ZST

r = 0,50

F = 0,65ns,

as regressões acima indicam um ponto de mínimo de 39 dias até o qual o modelo 2A revela uma queda significativa ($P < 0,05$) de 0,2890 unidades ZST por dia, e um ponto de inflexão de 51 dias, diferente e posterior ao ponto de mínimo (equação do 3º grau). O modelo 2B indica que após os 40 dias o acréscimo de unidades ZST não é significativo e até os 70 dias ainda não se observa uma relação linear entre as duas variáveis. Fisiologicamente revela-se uma fase de catabolismo das IgG dos 2 aos 40 dias, após o que pode-se considerar o início da fase de produção endógena, uma vez que a concentração permanece praticamente constante até os 51 dias (ponto de inflexão da curva) quando observa-se uma tendência de ascensão da curva. O nível de Ig em Anglo-Árabes atinge, aos 70 dias, 65% da concentração de IgG sérica média de animais adultos, quantidade inferior à concentração máxima de IgG passivamente adquirida, que chega às 48 horas, a 93% da concentração do adulto às 48 horas.

O histograma da Figura 5 ilustra essas considerações.

É provável que a alta concentração de IgG materna presente na circulação dos potros Anglo-Árabes às 48 horas retarde o início da fase endógena de produção de anticorpos em comparação com os potros da raça Mangalarga, que apresentaram dentro do período observado uma fase de aumento da concentração de IgG sérica que não pode ser atribuída à absorção de imunoglobulinas do colostro. Esses resultados concordam com os trabalhos de PORTER (1979), RIBEIRO et alii (1983) e MACHADO NETO & PACKER (1986). Embora os potros Anglo-Árabes ainda tenham um nível sérico médio de IgG superior aos Manga-

larga dentro do período observado, inclusive às 48 horas (pico de absorção), aos 70 dias de idade o nível sérico de Ig dos potros Mangalarga foi superior aos dos potros Anglo-Árabes.

- ▨ Égua Mangalarga Adulta - 25,3 mg IgG/ml
- ▣ Potro Mangalarga - 48 horas - 20,2 mg IgG/ml
- Potro Mangalarga - 70 dias - 21,7 mg Ig /ml
- ▤ Égua PSI adulta - 28,6 mg IgG/ml
- ▦ Potro AA - 48 horas - 26,7 mg IgG/ml
- ▧ Potro AA - 70 dias - 18,6 mg Ig /ml

Figura 5. Comparação do nível de Ig sérica de potros com o nível médio de adulto.

Outra interpretação para esta situação poderia ser que a ausência de acréscimo significativo após o ponto de menor concentração encontrado para os potros Anglo - Árabes tenha representado a interação dos processos de catabolismo das Ig absorvidas e de produção endógena de Ig, de maneira que não foi possível caracterizar o ponto de inflexão da curva e, conseqüentemente, o início da fase endógena no período observado.

Observando a Tabela 14 verifica-se que a concentração de IgG sérica de potros PSI se mantém significativamente superior à concentração de potros Mangalarga até os 10 dias, período onde a variação da concentração sérica de IgG é exclusivamente devida à IgG exógena, proveniente do colostro. Aos trinta dias, época em que se caracteriza o início da fase de produção de Ig endógenas na raça Mangalarga, a concentração de Ig dessa raça se mantém significativamente inferior, quadro que se inverte aos 70 dias, quando a concentração de Ig sérica dos Mangalarga está em ascensão e passa a ser significativamente superior, enquanto que nos potros AA o catabolismo da IgG exógena e a produção de Ig endógenas se equivalem, adiando a caracterização da fase de produção.

Ainda é possível observar que o coeficiente de variação (CV) tende a se reduzir nos períodos mais avançados de amostragem, indicando que há um menor número de variáveis envolvidas na fase endógena de produção de Ig.

Tabela 14. Análise da variância para estudo do efeito de raça na concentração de Ig sérica de potros nos diferentes pontos de amostragem.

Causa da Variação		GL	QM	PROB	CV(%)	Médias (mg/ml)	
						AA	ML
1 dia	Raça	1	309,82	0,07	33,87	30,96	20,23
	Resíduo	9	78,23			26,50	17,77
2 dias	Raça	1	126,67	0,09	21,25	33,00	25,04
	Resíduo	7	34,65			26,78	20,18
5 dias	Raça	1	202,88	0,005	14,86	30,63	22,00
	Resíduo	9	15,00			24,87	17,62
10 dias	Raça	1	240,55	0,002	15,56	27,54	18,15
	Resíduo	9	13,11			28,78	14,39
15 dias	Raça	1	174,31	0,10	32,13	26,00	18,50
	Resíduo	8	53,09			20,94	14,68
20 dias	Raça	1	29,40	0,56	28,87	23,58	20,30
	Resíduo	9	43,54			18,95	16,19
25 dias	Raça	1	44,85	0,25	26,66	22,57	18,65
	Resíduo	10	31,15			18,10	14,80
30 dias	Raça	1	186,37	0,007	19,36	24,00	16,58
	Resíduo	9	15,50			19,34	13,07
40 dias	Raça	1	9,98	0,64	16,19	21,00	19,15
	Resíduo	10	10,73			16,78	15,23
50 dias	Raça	1	48,81	0,04	14,14	23,93	20,04
	Resíduo	11	107,77			19,24	15,98
60 dias	Raça	1	13,60	0,60	18,06	22,29	24,30
	Resíduo	10	19,32			17,75	19,53
70 dias	Raça	1	46,44	0,02	10,40	23,32	27,13
	Resíduo	11	6,76			18,66	21,85

GL = graus de liberdade

QM = quadrado médio

CV = coeficiente de variação

AA = Anglo-Árabe

ML = Mangalarga

PROB = probabilidade de F >

5. CONCLUSÕES

Os resultados desse trabalho permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

1. Apesar de não ter sido detectada queda significativa de IgG sérica nas éguas no período pré-parto, fato considerado normal em função da concentração de IgG pela glândula mamária para produção de colostro, a transferência de imunidade passiva da mãe para o recém-nascido via colostro ocorreu eficientemente.

2. A concentração média de IgG sérica em éguas PSI foi significativamente superior ($P < 0,05$) à concentração em éguas Mangalarga.

3. A concentração média de PT e, consequentemente, de IgG estimada do colostro de éguas PSI foi significativamente superior ($P < 0,01$) à concentração de PT em éguas Mangalarga.

4. A cor amarelada e a viscosidade do colostro estiveram associadas à concentração de PT e consequentemente de IgG.

5. Q quantidade estimada de IgG no colostro apresentou alta correlação com a concentração sérica de IgG nos potros no pico de máxima absorção ($P < 0,05$).

6. A maior quantidade de IgG passiva presente no sangue de potros Anglo-Árabes nos primeiros dias determinou o retardamento no estabelecimento dos níveis normais de Ig.

7. Sob as mesmas condições de desafio imunológico, animais com menor concentração de IgG passiva apresentaram resposta mais intensa, como a que se observou com os potros Mangalarga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENZIO, A. Digestão, absorção e metabolismo. In: SWENSON, M.J. Duke's physiology of domestic animals. 10ª ed, Ithaca, 1984, cap. 3, p.263-4.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington, DC. Official methods of analysis of the AOAC, Washington, DC, 1980, 1010p.
- BIERER, B.W. Electrophoretic analysis of blood serum and plasma proteins of normal horses. Am. J. Vet. Res., Chicago, 30(12): 2237-40, dez. 1969.
- BOON, P.C. Symposium: immune function: relationship of nutrition and disease control. J. Dairy Sci., Champaigne, 70: 27-32-43, 1987.
- BOYD, J.W. The relationship between serum immune globuline deficiency and disease in calves: a farm survey. Vet. Rec., London, 90(23): 645-49, jun. 1972.
- BRAMBELL, J.W.R. The passive immunity of the young mammal. Biol. Rev., Cambridge, 33: 488-531, 1958.
- BRUNER, D.W.; P.R: EDWARDS; E.R. DOLL. Passive immunity in the newborn foal. Cornell Vet., Ithaca, 38: 363-66, 1948.

- BUENING, G.M.; L.E. PERRYMAN; T.C. McGUIRE. Practical methods of determining serum immunoglobulin M and immunoglobulin G concentrations in foals. J.A.V.M.A., Chicago, 171(5): 455-58, set. 1977.
- CIPRIANO, D.E.; J.L. MORRILL; N.V. ANDERSON. Effect of dietary vitamin E on immune responses of calves. J. Dairy Sci, Champaigne, 65: 2357-65, 1982.
- COMBS Jr., G.F. & S.B. COMBS. The role of selenium in nutrition. Academic Press, Inc. New York, 532p., 1986.
- EARLE, J.P. Influence of the ingestion of colostrum on proteins of the blood sera of young foals, kids, lambs, and pigs. J. Agr. Res., Washington, DC, 51(6): 479-91, set. 1935.
- FRANKS, D. Horse blood groups and hemolytic disease of the newborn. Annals New York Academy of Sciences, New York, 97: 235-50, 1962.
- GOOD, R.A. & E. LORENZ. Nutrition, immunity, aging and cancer. Nutrition Reviews, New York, 46(2): 62-7, 1988.
- HARPER, H.A. Química fisiológica. Trad. Silvio Bevilaqua, Atheneu Editora S.A., São Paulo, 1958. 533p.
- JEFFCOTT, L.B. Duration of permeability of the intestine to macromolecules in the newly-born foal. Veterinary Record, London, 88(13): 340-41, mar. 1971.
- JEFFCOTT, L.B. Passive immunity and its transfer with special reference to the horse. Biol. Rev., Cambridge, 47: 439-64, 1972.

- JEFFCOTT, L.B. Some practical aspects of the transfer of Passive Immunity to newborn foals. Equine Veterinary Journal, London, 6(3): 105-15, jul. 1974a.
- JEFFCOTT, L.B. Studies on passive immunity in the foal. J. Comp. Path. Ther., 84: 93-101, 1974b.
- JEFFCOTT, L.B. Studies on passive immunity in the foal. II. The absorption of ^{125}I -labelled PVP (polyvimil parolidone) by the neonatal intestine. J. Comp. Path. Ther., 84: 1-11, 1974c.
- JEFFCOTT, L.B. The transfer of passive immunity to the foal and its relation to immune status after birth. J. Reprod. Fert., Oxford, 23: 727-33, 1975.
- KELLEY, K. & R. EASTER. Nutritional factors can influence immune response of swine. Feedstuffs, Minnetonka, 6: 14-17, jun. 1987.
- KENT, J.E. & D.S. BLACKMORE. Measurement of IgG in equine blood by immunoturbidimetry and latex agglutination. Equine Veterinary Journal. London, 17(2): 125-29, 1985.
- LE BLANC, M.M.; B.I. McLAURIN; R. BOSWELL. Relationship among serum immunoglobulin concentration in foals, colostral specific gravity and colostral immunoglobulin concentration. J.A.V.M.A., Chicago, 189(1): jul. 1986.
- MacDOUGALL, D.F. Immunoglobulin metabolism in the neonatal foal. J. Reprod. Fert., Oxford, 23: 739-42, 1975.

- MACHADO NETO, R. & I.U. PACKER. Flutuação de imunoglobulina sérica em bezerros da raça holandesa submetidos a diferentes regimes de aproveitamento. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 15(5): 439-47, 1986.
- MANCINI, G.; A.O. CARBONARA; J.F. HEREMANS. Immunochemical quantification of antigens by single radial immunodifusion. Immunoch., London, 2: 235-254, 1965.
- McEVAN, A.D.; E.W. FISHER; I.E. SELMAN; W.J. PENHALE. A turbidity test for the estimation of immunoglobulin levels in neonatal calf serum. Clin. Chem. Acta, Amsterdam, 27: 155-63, 1970.
- McGUIRE, T.C. & T.B. CRAWFORD. Passive immunity in the foal: Measurement of immunoglobulin classes and specific antibody. Am. Vet. Res., Chicago, 34(10): 1299-303, out. 1973.
- McGUIRE, T.C.; M.J. POPPIE; K.L. BANKS. Hypogammaglobulinemia predisposing to infection in foals. J.A.V.M.A., Chicago, 166(1): 71-5, jan. 1975.
- McGUIRE, T.C.; T.B. CRAWFORD; A.L. HALLWELL; L.E. MACOMBER. Failure of colotral immunoglobulin transfer as an explanation for most infections and deaths of neonatal foals. J.A.V.M.A., Chicago, 170(11): 1302-04, jun. 1977.
- MORRIS, I.G. Gammaglobuline absorption in the newborn. In: CODE, C.F. Handbook of physiology alimentary canal. American Physiological Society. Baltimore, 3: 1491-512, 1968.
- OLIVEIRA, F.R.A.P. de; F. GACEK; L. CURY; C. AUGUSTO; J.F.S. LEÃO. Evolução do perfil soro protéico em asininos e muarees durante o desenvolvimento. Bol. Ind. Animal, Nova Odessa, 37(2): 245-56, 1980a.

- OLIVEIRA, F.R.A.P. de; F. GACEK; J.F.S. LEÃO; J.M. VIEIRA; C. AUGUSTO. Perfil das globulinas do soro sanguíneo, durante a gestação na jumenta. Bol. Ind. Animal, Nova Odesa, 40(2): 219-27, 1983.
- PARRISH, D.B.; G.H. WISE; J.S. HUGHES; F.W. ATKESON. Properties of the colostrum of the dairy cow. V. Yield, specific gravity and concentrations of total solids and its various components of colostrum and early milk. J. Dairy Sci., Campaigne, 33(6): 457-65, 1950.
- PEARSON, R.C.; A.L. HALLOWELL; W.M. BAYLY; R.L. TORBECK; L.E. PERRYMAN. Times of appearance and disappearance of colostrum IgG in the mare. Am. J. Vet. Res., Chicago, 45(1): 186-190, jan. 1984.
- PEMBERTON, D.H.; K.W. THOMAS; M.J. TERRY. Hypogammaglobulinemia in foals: prevalence on Victoria studs and simple methods for detection and correction in the field. Aust. Vet. J., Sidney, 56: 469-73, 1980.
- PERDIGON, G.; MACIAS, M.E.N.; ALVAREZ, S.; OLIVER, G.; HOLLADO, A.A.P.R. Enhancement of immune response in mice fed with *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus acidophilus*. J. Dairy Sci., Champaigne, 70: 919-26, 1987.
- PFEIFFER, N.E. & T.C. MCGUIRE. A sodium-sulfite precipitation test for assessment of colostrum immunoglobulin transfer to calves. J.A.V.M.A., Chicago, 170(8): 809-11, abr. 1977a.
- PFEIFFER, N.E.; T.Cw. MCGUIRE, R.B. BELDEL; J.M. WEIKEL. Quantitation of bovine immunoglobulin: comparison of single radial immunodiffusion, zinc sulfate turbidity, serum, electrophoresis and refractometer methods. Am. J. Ve. Res., Chicago, 38(5): 693-98, 1977b.
- PLATT, H. Septicemia in the foal. Br. Vet. J., London, 129: 221-29, 1973.

- POPPIE, M.J. & T.C. McGUIRE. Combined immunodeficiency with failure of colostral immunoglobulins transfer in foals. Vet. Rec., London, 99: 44-6, jul. 1976.
- PORTER, P. Adoptive immunization of the neonate by breast factors. In: OGRA, P.L. & D. DAYTON. Immunology of Breast Milk. New York, Raven Press, p.197-206, 1979.
- REDDY, P.G.; J.L. MORRILL; H.C. MINOCHA; M.B. MORRILL, A.D.; DAYTON, R.A. FREY. Effect of supplemental vitamin E on the immune system of calves. J. Dairy Sci., Champaign, 69: 164-171, 1986.
- REDDY, P.G.; J.L. MORRILL; H.C. MINOCHA; J.S. STEVENSON. Vitamin E is immunostimulatory in calves. J. Dairy Sci., Champaign, 70: 993-9, 1987.
- RIBEIRO, M.F.M.; P.A.D. BELÉM; J.H. PARROYO, S.; J.F. DE FARIA. Hipogamaglobulinemia em bezerros. Arq. Bras. Med. Vet. Zoot., Belo Horizonte, 35(4): 537-546, 19 .
- ROITT, I. Essencial immunology. 3ª ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1877. 324p.
- ROSCH, L.M.; A.R. SHERMAN; D.K. LAYMAN. Iron deficiency impairs protein synthesis in immune tissues of rat pups. J. Nutr., Filadélfia, 117: 1475-81, abr. 1987.
- ROUSE, B.T. & D.G. INGRAM. The total protein and immunoglobulin profile of equine colostrum and milk. Immunology, Oxford, 19: 901-907, 1970.
- ROUSE, B.T. The immunoglobulins of adult equine and foal sera: a quantitative study. Br. Vet. J., London, 127: 45-52, 1971.

- RUMBAUGH, G.E.; A.A. ARDANS; D. GUNNO; A. TROMMERSHAUSEN-SMITH. Measurement of neonatal equine immunoglobulins for assessment of colostral immunoglobulin transfer: comparison of single radial immunodiffusion with the zinc sulfate turbidity test, serum electrophoresis, refractometry for total serum protein and the sodium sulfite precipitation-test. J.A.V.M.A., Chicago, 172(3): 321-25, fev. 1978.
- RUMBAUGH, G.E.; A.A. ARDANS; D. GINNO; A. TROMMERSHAUSEN-SMITH. Identification and treatment of colostrum-deficient foals. J.A.V.M.A., Chicago, 174(3): 273-76, fev. 1979.
- SCHMIDT, G.W. Biology of Lactation. São Francisco, G.W. SALISBURY, 1971. 317p.
- SIMPSON-MORGAN, M.W. & T.C. SMEATON. The transfer of antibodies by neonates and adults. Adv. Vet. Sci. Comp Med., New York, 16: 355-83, 1972.
- TEMPLETON, J.W.; R. SMITH III; G. ADAMS. Natural disease resistance in domestic animals. J.A.V.M.A., Chicago, 192(9): 1306-15, mai. 1988.
- TIZARD, I. Imunologia Veterinária. Trad. da 2ª ed. americana, Livraria Roca Ltda., São Paulo, 1985. 329p.
- TOWNSEND, H.G.G.; H. TABEL; F.M. BRISTOL. Induction of parturition in mares: effect on passive transfer of immunity to foals. J.A.M.V.A., Chicago, 182(3): 255-57, fev. 1983.
- ULLREY, D.E.; R.D. STRUTHERS; D.G. HENDRICKS; B.E. BRENT. Composition of mare's milk. J. Anim. Sci., Champaigne, 25: 211-22, 1966.

WATSON, D.L.; M.A. BENNETT; J.R. GRIFFITHS. A rapid specific test for detecting absorption of colostral IgG by the neonatal foal. Aust. Vet. J., Sidney, 56: 513-16, 1980.

A P Ê N D I C E S

Apêndice 1. Determinações individuais da IgG sérica (mg/ml) de éguas PSI dias antes do parto.

Nº do animal	Época de amostragem					
	Parto	3-6	9-13	16-20	23-26	+ de 26
E ₄	25,14	26,1	27,99	29,48	22,73	20,07
E ₅	24,18	26,59	23,69	31,41	29,96	24,78
E ₆	31,89	31,65	26,1	25,61	20,31	-
E ₈	35,75	37,55	31,65	29,00	-	-
E ₉	30,44	35,51	36,96	29,48	31,89	31,89
E ₁₀	26,59	28,75	30,93	26,1	28,51	-
E ₁₁	34,55	28,51	35,26	-	-	-

Apêndice 2. Determinações individuais da IgG sérica (mg/ml) de éguas Mangalarga dias antes do parto.

Nº do animal	Época de amostragem					
	Parto	3-6	9-13	16-20	23-26	+ de 26
E ₁	24,18	9,7	16,94	28,03	24,65	29,73
E ₃	24,18	22,24	23,45	23,2	22,96	-
E ₇	28,75	21,28	24,65	29,48	22,73	24,45
E ₁₂	21,04	29,24	28,51	30,69	-	-
E ₁₃	25,14	-	-	-	-	-
E ₁₄	33,34	-	-	-	-	-

Apêndice 3. Determinações individuais das Ig sérica (unidades ZST e mg/ml) de potros Anglo-Árabes de 0 a 70 dias de idade.

Nº do animal Época de amostragem		P ₄	P ₅	P ₆	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁
Zero hora	ZST	5,00	1,00	2,00	18,00	13,50	4,25	2,50
	mg/ml	3,33	-0,03	0,81	14,26	10,48	2,47	0,77
1 dia	ZST	38,25	29,50	-	10,00	40,00	38,50	29,50
	mg/ml	31,28	25,33	-	7,34	32,75	33,25	29,04
2 dias	ZST	36,00	27,00	-	36,00	-	-	-
	mg/ml	29,38	21,82	-	29,15	-	-	-
5 dias	ZST	31,50	29,00	27,00	28,00	32,75	35,50	-
	mg/ml	25,60	23,50	21,82	22,66	26,65	28,96	-
10 dias	ZST	29,00	25,00	21,50	28,25	32,00	29,50	-
	mg/ml	23,50	20,14	17,20	22,87	26,02	23,92	-
15 dias	ZST	-	21,75	16,50	41,50	21,75	32,50	22,00
	mg/ml	-	17,41	13,00	34,01	17,41	26,21	17,62
20 dias	ZST	25,50	23,50	-	30,50	26,00	23,50	12,50
	mg/ml	20,56	18,88	-	24,76	20,98	18,88	9,63
25 dias	ZST	24,50	23,50	13,50	29,25	22,00	22,25	23,00
	mg/ml	19,72	18,88	10,48	23,71	17,62	17,83	18,46
30 dias	ZST	23,50	23,00	23,25	28,25	26,00	20,00	-
	mg/ml	18,88	18,46	18,67	23,08	20,98	15,94	-
40 dias	ZST	19,00	27,00	21,50	19,50	23,25	19,75	17,00
	mg/ml	15,10	21,82	17,20	15,52	18,67	15,73	13,42
50 dias	ZST	28,50	27,50	20,50	23,00	24,50	22,50	21,00
	mg/ml	23,08	22,24	16,36	18,46	19,72	18,04	16,78
60 dias	ZST	26,00	22,00	18,00	21,50	29,00	24,50	15,00
	mg/ml	20,98	17,16	13,92	17,20	23,50	19,72	11,74
70 dias	ZST	23,25	23,50	24,00	24,00	26,00	22,00	20,50
	mg/ml	18,67	18,42	19,30	19,30	20,98	17,62	16,36

Apêndice 4. Determinações individuais de Ig sérica (unidades ZST e mg/ml) de potros Mangalarga de 0 a 70 dias de idade.

Nº do animal Época de amostragem		P ₁	P ₃	P ₇	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄
Zero hora	ZST	3,00	13,50	11,00	1,00	17,75	3,50
	mg/ml	1,65	10,25	7,91	-0,03	14,05	1,56
1 dia	ZST	23,50	19,15	23,50	13,50	21,50	-
	mg/ml	18,35	15,52	17,08	21,99	15,93	-
2 dias	ZST	32,25	18,50	18,50	28,50	22,00	30,50
	mg/ml	26,23	14,68	14,68	23,08	17,62	24,76
5 dias	ZST	29,00	17,50	-	20,50	18,50	24,50
	mg/ml	23,50	13,84	-	16,36	14,68	19,72
10 dias	ZST	23,50	17,00	17,25	-	14,00	19,00
	mg/ml	18,88	13,42	13,63	-	10,90	15,10
15 dias	ZST	20,50	17,00	21,50	-	17,00	16,50
	mg/ml	16,36	13,42	17,20	-	13,42	13,00
20 dias	ZST	20,50	14,00	-	18,75	15,75	32,50
	mg/ml	16,36	10,90	-	14,89	12,37	26,44
25 dias	ZST	19,25	15,00	19,00	11,00	-	29,00
	mg/ml	15,31	11,74	15,10	8,37	-	23,50
30 dias	ZST	22,00	21,50	12,50	17,00	9,75	16,75
	mg/ml	17,62	17,20	9,63	13,42	7,32	13,21
40 dias	ZST	21,00	23,50	-	15,25	17,00	19,00
	mg/ml	16,78	18,88	-	11,95	13,42	15,10
50 dias	ZST	19,50	21,25	16,50	16,50	22,00	24,50
	mg/ml	15,52	16,99	13,00	13,00	17,62	19,72
60 dias	ZST	-	23,00	26,50	23,00	21,00	28,00
	mg/ml	-	18,46	21,40	18,46	16,78	22,55
70 dias	ZST	27,25	28,50	32,00	23,00	23,50	28,50
	mg/ml	22,03	23,08	26,02	18,46	18,88	22,62

Apêndice 5. Determinações individuais da PT (%) do colostro de éguas PSI.

Nº animal	Data parto	PT (%)	IgG estimada 40% PT (mg/ml)
E ₄	10/10/87	21,22	84,88
E ₅	19/10/87	18,78	75,12
E ₆	31/10/87	23,16	92,64
E ₈	08/11/87	23,81	95,24
E ₁₀	17/11/87	22,79	91,16

Apêndice 6. Determinações individuais da PT (%) do colostro de éguas Man galarga.

Nº animal	Data parto	PT (%)	IgG estimada 40% PT (mg/ml)
E ₁	20/09/87	7,86	31,44
E ₃	28/09/87	6,96	27,84
E ₇	16/11/87	8,98	35,92
E ₁₃	30/12/87	11,30	45,20
E ₁₄	23/01/88	23,11	92,44