

RELATÓRIO DE PESQUISA
PÓLO CENTRO LESTE

NRP: 4125

FUNDEPAG: 2011/1040

PROCESSO SAA N^o: 3.604/2012

**EFEITOS DA ÁGUA MAGNETIZADA NO HEMOGRAMA, PERFIL
BIOQUIMICO SÉRICO, HEMOGASOMETRIA, PRODUÇÃO E
COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS JERSEY**

Geraldo Balieiro Neto

José Ramos Nogueira

Maria da Graça Pinheiro

Maristela de Cassia Seudo Lopes

Fernando Barbosa Junior

RIBEIRÃO PRETO – SÃO PAULO – BRASIL
Maio de 2012

Efeitos da água magnetizada no hemograma, perfil bioquímico sérico, hemogasometria, produção e composição do leite de vacas Jersey

Geraldo Balieiro Neto¹, José Ramos Nogueira¹, Maria da Graça Pinheiro¹, Fernando Barbosa Junior²,
Maristela de Cassia Seudo Lopes³

¹ Pesquisadores Científicos da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA/SAA

² Livre Docente da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP / Ribeirão Preto, SP

³ Médica Veterinária Doutoranda na FCAV/UNESP Jaboticabal, SP

Introdução

O ceticismo em relação aos tratamentos magnéticos tem sido focado na ausência de repetição dos fenômenos observados, assim como na ausência de um mecanismo geral aceito que explique estes fatos. Além da escassez de trabalhos científicos, os poucos relatos não são unânimes, apresentam divergências e não há um embasamento conceitual ou qualquer explicação para tais efeitos.

De acordo com Lin e Yotvat (1989) um grupo de bezerros tratados com água submetida ao campo magnético teve um aumento de 12% no crescimento em relação ao grupo controle. O mesmo autor observou maior ganho de peso e menores teores de gordura na carne de bezerros e aumento na produção de leite, carne e lã de ovelhas consumindo água magnetizada. Levy et al. (1990) observaram maior retenção de nitrogênio e menor teor de gordura na carne de bezerros machos tratados com água magnetizada. Levy et al. (1990) observaram maior digestibilidade da matéria seca e conversão da energia metabolizável em ganho de peso, em bovinos na fase de acabamento recebendo água magnetizada.

Sargolzehi et al. (2009) não encontraram diferença significativa na composição do leite, metabolitos e íons no sangue de ovelhas Saanen. Patterson & Chestnutt (1993) observaram redução no consumo de alimentos e maior conversão alimentar.

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da água magnetizada pelo dispositivo Sylocimol sobre o hemograma, perfil bioquímico sérico, hemogasometria, produção e composição do leite de vacas da raça Jersey mantidas em pastagem.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Pólo Regional Centro Leste da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Foram utilizadas 15 vacas da raça Jersey com peso médio inicial de 370 kg, com mais de 100 dias após o parto, mantidas em pastagens de capim tanzânia, para avaliação de três tratamentos, água de poço artesiano convencional (controle), água tratada com dispositivo magnetizador Sylocimol e água tratada com os dispositivos, magnetizador e mineralizador, ambos Sylocimol.

Cada período experimental teve duração de 25 dias. Os 21 primeiros dias destinados para que os animais se adaptassem a água magnetizada. Os animais foram pesados no início e final de cada período sem jejum. O período subsequente foi destinado a três coletas e pesagens do leite consecutivas com duas ordenhas diárias às 7:30 h e 15:30 h. No 25º dia os animais foram conduzidos ao tronco para pesagem e coletas de sangue arterial e venoso.

Cada grupo de animais teve acesso apenas a um dos bebedouros com capacidade de 1500 l. A água foi magnetizada por dispositivos Sylocimol® inseridos nos bebedouros de acordo com o tratamento, de forma a produzir um campo magnético estático de 32.400 Gauss, no centro geométrico do dispositivo.

A composição química da água foi analisada conforme “Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater – 21a ed.” e a determinação de oxigênio dissolvido em água (OD) de acordo com o Método de Winkler, os resultados encontram-se na Tabela 1. Os teores de Na, K, cloretos e Cl residual livre foram inferiores e os teores de oxigênio dissolvido (OD) foram superiores na água magnetizada. A média de consumo de água por cabeça por dia foi de 37 l. Não houve avaliação individual do consumo de água.

Tabela 1. Composições químicas das águas: convencional, magnetizada e magnetizada e mineralizada.

	Tratamentos		
	Controle	Magnetizada	Magnetizada e mineralizada
Ca (mg/L)	1,0	2,0	3,0
Cloretos (mg/L)	1,5	1,0	1,0
Cloro residual livre "in situ" (mg/L)	0,11	0,02	0,08
Dureza Total (mg/L)	3,0	4,0	9,0
Ferro (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01
Ferro solúvel (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoreto (mg/L)	0,27	0,23	0,27
Mg (mg/L)	2,0	2,0	6,0
Nitrogênio albuminóide (mg/L)	<0,15	<0,15	<0,15
Nitrogênio nitrato (mg/L)	0,2	0,2	0,2
Nitrogênio nitrito (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001
Oxigênio dissolvido (OD) (mg/L)	3,45	4,6	4,0
pH "in situ"	6,07	6,08	5,90
Potássio (mg/L)	8	4	10
Sódio (mg/L)	21	13	19
Sulfatos (mg/L)	1,0	1,0	1,0

A dieta foi balanceada de acordo com os requerimentos propostos pelo NRC (1989). O volumoso foi composto por pasto de capim tanzânia com a seguinte composição percentual: MS 21; PB 13,5; NDT 57; Ca 0,49; P 0,29; EE 1,9; FDN 69,3 e FDA 34,1. O pasto foi suplementado com 6 kg de concentrado por cabeça por dia com a seguinte composição química em porcentagem da matéria seca: PB 16,44; NDT 79,80; Ca 0,56 e P 0,40. O concentrado foi composto pelos seguintes percentuais de ingredientes: 71,6 de milho, 23,6 de farelo de soja, 1,37 de calcário calcítico, 0,5 de fosfato bicálcico, 1,03 de bicarbonato de sódio e 2,16 de sal mineral. A composição química do sal mineral foi a seguinte: 90,0 g de P; 200 g de Ca; 20,0 g de S; 20,0 g de Mg; 96,0 g de Na; 5.000 mg de Zn; 1.440 mg de Cu; 90,0 mg de Co; 700,0 mg de Fe; 1.680 mg de Mn; 80,0 mg de I; 27,0 mg de Se e 800,0 mg de Flúor.

O sangue arterial foi colhido da artéria auricular caudal, segundo descrição de Fisher et al (1980), enquanto o sangue venoso foi obtido da veia mamária. O sangue venoso foi obtido através do sistema de coleta a vácuo (Vacutainer®, Becton Dickinson) e agulha descartável 25 x 8 mm. Foram utilizados frascos de 10 mL sem anticoagulante, para realização das análises bioquímicas, frascos de 10 mL siliconizados contendo, como anticoagulante o EDTA tripotássico, para realização do hemograma, frascos de 5 mL contendo fluoreto de sódio/ácido etilenodiaminotetracético dissódico (NaF/Na₂EDTA), para dosagem de glicose. Para hemogasometria e dosagem de

eletrólitos foram utilizadas seringas plásticas de 3 mL contendo heparina de lítio. Desde a coleta até a entrada nos laboratórios, as amostras foram mantidas sob refrigeração em caixa térmica de poliestireno expandido (Isopor®) com gelo.

As amostras de sangue dos frascos sem anticoagulante foram centrifugadas a 1000 rpm durante 10 minutos, logo após a retração do coágulo, enquanto as amostras de sangue dos frascos com anticoagulante foram centrifugadas a 1000 rpm durante 5 minutos, respectivamente, obtendo-se o soro e o plasma, necessários para as análises laboratoriais. Foram avaliados Ca, Fe, P, Mg, proteínas totais, uréia e glicose. Os testes foram realizados utilizando-se conjuntos de reagentes de uso comercial (Labtest, Labtest Diagnóstica), e as leituras dos parâmetros bioquímicos foram realizadas em espectrofotômetro semiautomático (Labquest, Labquest Diagnóstica), em comprimentos de onda específicos para os diversos componentes do sangue. As contagens de hemácias e de leucócitos e o teor de hemoglobina foram obtidos em hemocítômetro semiautomático (CC-530, CELM) e contagem de plaquetas realizadas em câmara de Neubauer. A contagem diferencial dos leucócitos foi verificada em esfregaços sanguíneos corados (Thrall, 2007).

A manutenção da anaerobiose durante a colheita para as análises hemogasométricas e conservação das amostras seguiram as recomendações de Fisher et al. (1980) e Lisboa et al. (2001). Evitou-se ao máximo o surgimento de bolhas de ar junto ao sangue e quando ocorreram foram eliminadas por completo, posicionando a seringa na vertical com a agulha voltada para cima e desprezando-se ao redor de 0,5 mL, em seguida as seringas foram vedadas com tampas BD Hemogard® adaptável ao bico da seringa. Cerca de uma hora após a colheita, as amostras foram processadas em analisador automático de pH e gases sanguíneos.

Os exames gasométricos foram realizados para investigar possíveis alterações ocasionadas pelo fornecimento de água magnetizada, os animais eram saudáveis e receberam dieta balanceada, não apresentavam acidose ou alcalose metabólica ou qualquer outra disfunção metabólica. As variáveis hemogasométricas compreenderam o pH, as pressões parciais de dióxido de carbono e de oxigênio venoso e arterial (P_vCO_2 , P_aCO_2 , P_vO_2 e P_aO_2 , respectivamente), concentração de bicarbonato no plasma (HCO_3^-), grau de saturação da hemoglobina pelo oxigênio no sangue arterial e venoso (SaO_2 e SvO_2) e excesso de bases (BE). Essas determinações e os teores sanguíneos de sódio (Na), potássio (K), cálcio ionizado (iCa) e cloretos (Cl) foram mensurados em analisador automático (Omni C, Roche). Em seguida à introdução da alíquota de sangue

necessária (0,8 mL) no hemogasômetro, foi fornecido ao seu sistema de computador o valor da temperatura retal que o animal referente à amostra, exibia no momento da colheita.

Os animais foram distribuídos em cinco Quadrados Latinos 3 x 3, sendo cada Quadrado Latino composto por três vacas no mesmo estágio de lactação e com o mesmo número de lactações e similaridade quanto à produção de leite e peso vivo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo PROC GLM do SAS (1985) e ao teste de Tukey para a comparação das médias ao nível de significância de 5%.

TRATAMENTOS



Dispositivos magnetizadores Sylocimol e disposição dos bebedouros no campo



Água de poço artesiano
Lote 2



Tratamento controle (água de poço artesiano sem dispositivos)



Água magnetizada Sylocimol
Lote 3



Tratamento água magnetizada (bebedouro com dispositivos Sylocimol)



Água magnetizada e mineralizada Sylocimol
Lote 1



Tratamento água magnetizada e mineralizada (bebedouro com dispositivos Sylocimol)

COLETA DE ÁGUA



Análise de oxigênio dissolvido, pH e coleta de água



Hidrometros para aferição do consumo de água pelo lote

UNIFORMIDADE DOS LOTES E ALIMENTAÇÃO



Fornecimento de concentrado após a ordenha



Lotes uniformes com a mesma alimentação

COLETA DE LEITE



Lotes experimentais na sala de ordenha



Coleta de leite



Amostragem pelos coletores de leite durante a ordenha



Homogeneização do leite do coletor e homogeneização do leite com conservante bronopol



Conservação das amostras de leite a 4,5°C até o envio ao Laboratório

HEMOGRAMA E EXAME BIOQUÍMICO



Coleta de sangue venoso pela veia mamária e tubos específicos para cada análise



A esquerda tubo vermelho sem EDTA para exama bioquimico, à direita roxo com EDTA para hemograma e tubo cinza com Fluoreto para análise de glicose



Organização das amostras em camara fria até o momento da análise

HEMOGASOMETRIA



Raspagem para melhor visualização da artéria auricular



Coleta de sangue arterial através da artéria auricular, com seringas BD com heparina de lítio e tampas próprias para vedação, concomitantemente observação da temperatura retal



Leitura no hemogasometro Roche Omni C, por volta de 1h após a coleta e lançamento da temperatura

Dados de medição	
Entrada	
Tipo amostra	Sangue
Tipo sangue	Arterial
ID usuário	orientados
Temp.	39.0 °C
PI amostra	
FI O2	0.210
ID paciente	
Nome	

Resultados

Os pesos vivos dos animais sem jejum ao início e término de cada período experimental encontram-se na Tabela 2. Como os animais receberam diferentes tipos de água a cada período (controle, magnetizada e mineralizada), o peso vivo final de cada período é o peso vivo inicial do período subsequente de outro tratamento.

Tabela 2. Peso vivo dos animais ao início e término de cada período experimental.

	<u>Tratamentos</u>		
	Controle	Magnetizada	Mag e Min
Primeiro período PV (kg) Inicial	332	392	384
Primeiro período PV (kg) Final	329	412	373
Segundo período PV (kg) Inicial	373	329	412
Segundo período PV (kg) Final	378	350	420
Terceiro período PV (kg) Inicial	420	378	350
Terceiro período PV (kg) Final	412	370	344

O experimento não foi delineado com objetivo de avaliar os efeitos da água magnetizada sobre o ganho de peso, o período experimental foi de apenas 25 dias e não houve análise estatística do peso vivo (PV) dos animais.

Os resultados das análises de produção e composição do leite encontram-se na Tabela 3. Não houve efeito significativo da água magnetizada sobre os teores de gordura, lactose e sólidos totais no leite. A produção de leite, teores de proteína, N uréico, extratos sólidos desengordurados e caseína foram superiores em animais recebendo água magnetizada. O coeficiente de variação da contagem de células somáticas foi alto, indicando que outras fontes de variação, diferentes dos tratamentos testados, influenciaram o resultado. Os resultados do aumento da produção de leite sem alteração no teor de gordura do leite estão de acordo com Lin & Yotvat (1989).

Tabela 3. Efeito da água magnetizada pelo dispositivo Sylocimol na produção e composição do leite de vacas da raça Jersey no terço final da lactação.

	Tratamentos			CV	MSE	Pr>F
	Controle	Magnetiza	Mag e Min			
Produção diária (kg)	6,779 ^b	8,312 ^a	8,220 ^a	17,17	1,333	<,0001
Teor de Gordura (%) m/m	4,184	4,288	4,497	19,88	0,858	0,344
Teor de Proteína (%) m/m	3,995 ^b	4,089 ^a	4,045 ^{ab}	3,658	0,147	0,019
Nitrogênio Uréico mg/dL	12,429 ^b	15,668 ^a	16,127 ^a	8,876	1,307	<,0001
Teor de Lactose (%) m/m	4,120 ^b	4,202 ^{ab}	4,235 ^a	5,317	0,222	0,045
Teor de Sólidos Totais (%) m/m	13,325	13,720	13,566	9,722	1,315	0,445
Teor de ESD (%) m/m	9,091 ^b	9,231 ^a	9,225 ^a	2,613	0,239	0,010
Caseína (%) m/m	3,023 ^b	3,107 ^a	3,074 ^{ab}	4,068	0,124	0,009
PROT Caseína % da PROT	75,640	74,980	75,925	1,294	0,981	0,216
CCS mil/mL	1222 ^a	1073 ^{ab}	497 ^b	151,59	1411,22	0,040

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Controle = água convencional (poço artesiano); Mag = água magnetizada e Mag e Min = água magnetizada e mineralizada

CV = coeficiente de variação; MSE = desvio padrão da média; ESD = extrato sólido desengordurado

Os resultados das análises do hemograma encontram-se na Tabela 4. Não houve efeito da água magnetizada sobre as concentrações de hemácias, hemoglobina, hematócrito, plaquetas, proteína total e leucócitos. Quanto à diferenciação dos leucócitos não houve efeito da água magnetizada sobre basófilos, eosófilos, neutrófilos bastonetes, neutrófilo segmentados e linfócitos. Houve tendência da água magnetizada em reduzir a concentração de monócitos (p=0,07), mas o coeficiente de variação esteve acima do limite recomendado.

Tabela 4. Efeito da água magnetizada pelo dispositivo Sylocimol nos parâmetros hematológicos de vacas da raça Jersey no terço final da lactação.

	Tratamentos			CV	MSE	Pr>F
	Controle	Magnetiza	Mag e Min			
Hemácias (milhões/uL)	6,634	6,605	6,220	13,18	0,855	0,350
Hemoglobina (g/dL)	10,326	10,206	9,666	13,78	1,388	0,395
Hematócrito (%)	29,720	29,660	28,153	13,67	3,991	0,486
Plaquetas (milhões/uL)	456267	498800	473533	16,49	78530	0,343
Proteína total (g/dL)	7,840	7,773	7,853	4,16	0,325	0,773
Leucócitos (milhões/uL)	15733	15200	15460	20,97	3243	0,903
Basófilo (milhões/uL)	40,47	0,00	65,20	270,1	95,13	0,186
Eosófilo (milhões/uL)	1401	1394	1141	48,94	642,4	0,461
Neutrófilo (bas) (milhões/uL)	50,00	38,07	80,73	172,7	97,22	0,473
Neutrófilo (seg) (milhões/uL)	3680	2841	3564	45,35	1524,87	0,280
Linfócito (milhões/uL)	9904	10469	10183	29,54	3009,12	0,877
Monócitos (milhões/uL)	655,9 ^a	457,2 ^{ab}	424,9 ^b	55,22	283,11	0,071

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Controle = água convencional (poço artesiano); Mag = água magnetizada e Mag e Min = água magnetizada e mineralizada

CV = coeficiente de variação; MSE = desvio padrão da média

Os resultados da análise bioquímica do sangue encontram-se na Tabela 5. Houve alteração significativa na composição do sangue das vacas que receberam água magnetizada. Os teores de uréia foram superiores e houve tendência (p=0,06) de

redução dos teores de P no sangue dos animais que receberam água magnetizada. Não houve efeito significativo sobre os teores de glicose, Ca, K, Na e Mg.

Tabela 5. Efeito da água magnetizada pelo dispositivo Sylocimol na concentração sérica de glicose, uréia, sódio, potássio, magnésio e fósforo de vacas da raça Jersey no terço final da lactação.

	Tratamentos			CV	MSE	Pr>F
	Controle	Magnetiza	Mag e Min			
Ureia (mg/dL)	29,600 ^b	36,200 ^a	40,200 ^a	20,78	7,345	0,002
Glicose (mg/dL)	51,833	52,300	52,080	11,45	5,963	0,977
Ca (mg/dL)	9,420	11,233	9,407	34,38	3,445	0,265
P (mg/dL)	7,406	5,753	5,620	34,76	2,176	0,060
K (mmol/L)	4,573	4,600	4,766	15,78	0,733	0,738
Na (mmol/L)	142,66	147,06	144,00	4,88	7,062	0,235
Mg (mg/dL)	2,520	2,380	2,173	35,70	0,841	0,533

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Controle = água convencional (poço artesiano); Mag = água magnetizada e Mag e Min = água magnetizada e mineralizada

CV = coeficiente de variação; MSE = desvio padrão da média

Os resultados das análises de hemogasometria do sangue arterial e venoso encontram-se na Tabela 6 e 7, respectivamente. Não houve efeito da água magnetizada sobre os teores de Anion Gap, osmolaridade, hematócrito, hemoglobina, pH, Na, iCa ou Cl. Foram observados maiores valores de pH e PO₂ nas amostras arteriais e maiores CO₂ expirado nas venosas. A SaO₂ (Tabela 6) e SvO₂ (Tabela 7) foram inferiores e superiores, respectivamente, nos animais que receberam água magnetizada. O EB foi inferior para animais recebendo água magnetizada (Tabelas 6 e 7). As PvO₂ e PvCO₂ foram superiores e inferiores, respectivamente, nos animais que receberam água magnetizada. A concentração de CHCO₃ foi inferior no sangue venoso de animais recebendo água magnetizada. O teor de K no plasma do sangue venoso foi superior nos animais que receberam água magnetizada.

Tabela 6. Efeito da água magnetizada pelo dispositivo Sylocimol sobre os parâmetros hemogasométricos e de concentração de eletrólitos no sangue arterial de vacas da raça Jersey no terço final da lactação.

	Tratamentos			CV	MSE	Pr>F
	Controle	Magnetiza	Mag e Min			
CHCO ₃ (mmol/L)	26,142	25,873	25,307	4,776	1,231	0,208
Saturação de O ₂ (%)	98,44 ^a	97,92 ^b	98,34 ^a	0,512	0,503	0,063
Excesso de base (mmol/L)	2,80 ^a	2,273 ^{ab}	1,771 ^b	40,7	0,923	0,035
CO ₂ Expirado (mmol/L)	23,300	23,193	22,657	5,877	1,355	0,499
Anion Gap (mmol/L)	15,92	15,88	16,10	5,124	0,818	0,694
Osmolaridade (mOsm/kg)	273,96	274,06	274,19	0,857	2,351	0,939
Hematocrito (%)	32,185	30,950	31,883	4,98	1,582	0,161
Hemoglobina (g/dL)	10,735	10,344	10,633	5,187	0,549	0,164
pHt	7,449	7,447	7,454	0,390	0,029	0,918
Pressão O _{2i} (mmHg)	117,83	108,52	112,56	10,304	11,619	0,181
Pressão CO _{2i} (mmHg)	39,064	38,873	37,800	7,261	2,803	0,694
Na (mmol/L)	137,35	137,40	137,46	0,917	1,260	0,945
K (mmol/L)	4,124	4,098	4,135	5,167	0,212	0,777
iCa (mmol/L)	1,150	1,193	1,183	4,863	0,057	0,122
Cl (mmol/L)	99,82	99,72	100,42	1,632	1,632	0,516

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Controle = água convencional (poço artesiano); Mag = água magnetizada e Mag e Min = água magnetizada e mineralizada

CV = coeficiente de variação; MSE = desvio padrão da média

Tabela 7. Efeito da água magnetizada pelo dispositivo Sylocimol sobre os parâmetros hemogasométricos e de concentração de eletrólitos no sangue venoso e arterial de vacas da raça Jersey no terço final da lactação.

	Tratamentos						CV	Água	Pr>F Sangue	Inter
	Sangue Arterial			Sangue Venoso						
	Controle	Mag	Min	Controle	Mag	Min				
CHCO ₃ (mmol/L)	25,87 ^{ab}	25,20 ^b	24,60 ^b	28,54 ^a	24,28 ^b	25,78 ^{ab}	6,04	0,011	0,049	0,156
Saturação de O ₂ (%)	97,60 ^a	97,62 ^a	98,32 ^a	72,58 ^c	82,78 ^b	73,20 ^c	2,29	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Excesso de Base (mmol/L)	2,90 ^{ab}	1,60 ^{ab}	1,48 ^{ab}	3,64 ^a	0,54 ^b	1,04 ^b	73,27	0,004	0,621	0,378
CO ₂ Expirado (mmol/L)	22,30 ^b	22,42 ^b	22,44 ^b	26,62 ^a	23,16 ^a	23,44 ^a	8,28	0,124	0,008	0,091
Anion Gap (mmol/L)	15,42	14,76	14,70	14,44	15,72	14,80	6,81	0,562	0,943	0,125
Osmolaridade (mOsm/kg)	273,80	272,02	273,04	275,62	270,50	272,40	1,22	0,087	0,926	0,518
Hematocrito (%)	34,40	32,50	31,62	30,22	31,38	30,93	8,29	0,723	0,076	0,332
Hemoglobina (g/dL)	11,48	10,83	10,54	10,08	10,46	10,33	8,29	0,725	0,078	0,320
pHt	7,424 ^a	7,442 ^a	7,456 ^a	7,396 ^b	7,405 ^b	7,395 ^b	0,38	0,462	0,0007	0,457
Pressão O _{2i} (mmHg)	102,02 ^b	101,64 ^b	115,94 ^a	39,88 ^d	49,56 ^c	41,04 ^d	12,40	0,223	<0,0001	0,035
Pressão CO _{2i} (mmHg)	40,87 ^b	38,28 ^b	36,30 ^b	46,70 ^a	41,16 ^b	43,34 ^{ab}	6,29	0,005	<0,0001	0,237
Na (mmol/L)	137,26	136,30	136,84	138,22	135,48	136,50	1,31	0,089	0,920	0,528
K (mmol/L)	4,114 ^a	3,948 ^{ab}	4,052 ^{ab}	3,704 ^b	4,158 ^a	4,128 ^a	5,17	0,142	0,591	0,006
iCa (mmol/L)	1,117	1,188	1,160	1,150	1,199	1,202	5,86	0,140	0,258	0,877
Cl (mmol/L)	101,24	100,30	101,60	98,96	98,94	100,06	1,68	0,288	0,009	0,812

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Controle = água convencional (poço artesiano); Mag = água magnetizada e Min = água magnetizada e mineralizada

CV = coeficiente de variação; Inter = Interação (Tipo de sangue x Tipo de água)

Discussão

O organismo dispõe de mecanismos químicos, respiratório e renal contra variações significativas no pH do sangue (Boron, 1989). Estes mecanismos impedem a detecção de efeitos significativos do consumo de água magnetizada sobre o pH do plasma. No entanto, as alterações observadas indicam que houve manifestação de mecanismos utilizados para a manutenção do pH dentro dos limites normais.

Em relação ao mecanismo químico, capaz de neutralizar ácidos e bases, observou-se alteração no CHCO_3 e BE ($p < 0,05$). Quanto ao mecanismo respiratório, que elimina dióxido de carbono do sangue, moderando o teor de ácido carbônico, foram observadas alterações no PO_2 , PCO_2 e SO_2 ($p < 0,05$). O índice de alteração no mecanismo renal foi indireto, pela concentração de N uréico ($p < 0,05$), uma vez que para controlar a produção e eliminação do bicarbonato ocorre degradação da glutamina nos rins e posterior excreção de amônia, ou conversão da mesma em uréia no fígado.

Assim como o organismo lança mão de mecanismos para controle dos valores de pH do plasma, a arterialização do sangue venoso tende a compensar alterações provocadas pela água magnetizada na pressão dos gases no plasma, impossibilitando a detecção de diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos sobre a pressão de gases no sangue arterial. Dessa forma, foram realizados exames hemogasométricos nos sangues arterial e venoso.

Houve aumento do SvO_2 e PvO_2 e redução na PvCO_2 (Tabela 7). O oxigênio presente no sangue é oriundo principalmente do processo respiratório onde o ar expirado, com 21% de oxigênio, cede O_2 ao sangue. Entretanto, os bovinos absorvem grande quantidade de água no omaso através de paredes com membranas permeáveis cercadas de vasos de sangue. A água é a maior responsável pelo volume de sangue que circula no organismo e o plasma é basicamente formado pela água de bebida. O plasma representa 55% do volume do sangue sendo um líquido viscoso que contém 90% de água e 10% de sólidos. Cerca de 90% do plasma é água pura, onde se dissolvem substâncias como proteínas, sais minerais, hormônios e glicose, carreando nutrientes e água para os tecidos do corpo. Dessa forma, embora o plasma conduza apenas 2 a 3% da demanda de O_2 das células, a maior concentração de O_2 dissolvido na água magnetizada pode ter contribuído ao fornecimento de O_2 para as hemoglobinas, resultando em aumento da SvO_2 . Essa tese pode ser reforçada pelas menores concentrações de hemoglobina no sangue arterial (11,48 vs 10,83, Tabela 7), mesmo que a diferença não tenha sido significativa os valores não contradizem a argumentação e estariam coerentes ao efeito que implica em maiores concentrações de hemoglobina em ambiente rarefeito.

Segundo relatos na Internet de pesquisas realizadas no Instituto Latino Americano de Pesquisas Biomagnéticas - INCIPE, a água magnetizada elimina o excesso de dióxidos de carbono, que normalmente fica agregado à hemoglobina no sangue, dificultando o transporte de oxigênio. Embora até o momento não tenhamos

encontrado publicações científicas produzidas pelo INCIPE, às colocações dos pesquisadores desse Instituto são coerentes aos resultados desse trabalho.

As trocas gasosas ocorrem por difusão durante percurso do sangue pelas artérias pulmonares, arteríolas e capilares pulmonares. A difusão é o movimento de partículas de uma região, em que elas estão em maior concentração, para outra em que estão em menor concentração. Ou seja, a difusão do O_2 dos alvéolos pulmonares para o sangue ocorre movida pela diferença entre as pressões parciais de forma que as pressões tendem a se igualar nos dois lados da membrana dos alvéolos, para cada gás existente no sangue e no ar do interior dos alvéolos. Este mecanismo tende a compensar as diferenças entre as concentrações de gases no sangue venoso dos animais em diferentes tratamentos, resultando em sangue arterial com a mesma concentração de gases. No entanto, observamos tendência de redução na SaO_2 (Tabela 6, $p=0,06$). Esse resultado talvez seja consequência do aumento no fluxo sanguíneo e consequentemente redução do tempo disponível para as trocas gasosas durante percurso do sangue pelas artérias, arteríolas e capilares pulmonares resultando em redução na SaO_2 e PaO_2 . Além disso, devido ao mecanismo de troca por difusão, ao passar pelos capilares pulmonares com mais O_2 , o sangue venoso teria menor gradiente de pressão resultando em sangue arterial com menor SaO_2 .

O consumo de água é um fator importante, pois o maior consumo poderia ocasionar hemodiluição alterando as variáveis aferidas em concentrações do volume plasmático, tais como hemoglobina, eletrólitos, osmolaridade etc. A hemodiluição é um mecanismo utilizado para provocar vasodilatação quando o organismo necessita perder

calor, isso poderia aumentar o fluxo sanguíneo e a perda de calor poderia reduzir a frequência respiratória. Contudo, a hemodiluição é caracterizada pela queda na concentração de eletrólitos plasmáticos e osmolaridade, que não ocorreram. Dessa forma, não haveria coerência em atribuir os efeitos observados a hemodiluição.

Nesse contexto, seria razoável concluir que houve maior oxigenação do sangue venoso e maior fluxo sanguíneo em animais consumindo água magnetizada, reduzindo o tempo para troca gasosa entre o sangue e o ar dos alvéolos pulmonares, sem prejuízo ao transporte de nutrientes e oxigênio para as células devido à melhor eficiência na utilização de oxigênio por animais tratados com água magnetizada.

Foram observados menores $PvCO_2$ nos animais recebendo água magnetizada (Tabela 7). O metabolismo celular produz ácidos CO_2 que são neutralizados, eliminados do organismo ou são incorporados a outras substâncias. O dióxido de carbono é transportado pelo sangue sob a forma de um ácido volátil e eliminado nos pulmões, ou em solução aquosa no plasma, onde o CO_2 é hidratado formando H_2CO_3 (ácido carbônico), que se dissocia em H^+ e HCO_3^- . O sangue venoso transporta dessa forma o dióxido de carbono produzido nos tecidos até os pulmões, onde se difunde pela membrana alvéolo-capilar, para o ar dos alvéolos, durante a perfusão o sangue venoso transporta o CO_2 ao oxigenador, onde se difunde para o ar ambiente. Aparentemente, o consumo de água magnetizada facilita esse processo de eliminação do CO_2 , resultando em menores teores de $PvCO_2$.

Paralelamente, o sistema nervoso central, altamente sensível à redução de CO_2 no sangue, recebe mensagem de componentes do sangue, captada por quimiorreceptores localizados no bulbo, provocando o envio de mensagem aos músculos respiratórios, para que reduzam ou aumentem as contrações. O mecanismo respiratório controla a quantidade de CO_2 no sangue através da frequência e profundidade da ventilação. A frequência respiratória regula a disponibilidade de ar para a troca gasosa com perda de CO_2 e ganho de O_2 para o sangue arterial. Quando ocorre redução na $PvCO_2$ o mecanismo da ventilação responde reduzindo a frequência respiratória, o que resulta em mais ar residual nos pulmões, acúmulo de CO_2 e reposição dos valores normais a partir do sangue arterial.

Para reduzir a frequência respiratória os animais reduzem as contrações da musculatura do diafragma e dos músculos intercostais. Esses movimentos ininterruptos do diafragma e das costelas controlam a entrada e a saída de ar nos pulmões através do volume da caixa torácica. A energia consumida na realização dessa atividade integra os

requerimentos nutricionais como energia de manutenção dos animais. Dessa forma, a menor PvCO₂ nos animais consumindo água magnetizada pode ter reduzido o requerimento energético para manutenção, tendo sido essa energia poupada e direcionada a produção de leite.

Essa argumentação é reforçada pelos menores valores de CO₂ expirado do sangue venoso de animais consumindo água magnetizada (26,62 vs 23,16, Tabela 6), pois sempre que houver acúmulo de CO₂ no sangue, o mecanismo da ventilação tende a eliminar mais CO₂ para manter o pH do sangue dentro da faixa da normalidade.

O maior valor de PvCO₂ nos animais recebendo água convencional (Tabela 6) aumenta a quantidade de íons de hidrogênio livres no sangue e o pH tende a cair. Entretanto o organismo lança mão de diferentes mecanismos para manter os valores normais. O pH correto é mantido pela estabilidade da relação de íons hidrogênio e bicarbonato no sangue. A concentração constante de íon hidrogênio (pH) é mantida por uma mistura química de íons hidrogênio e bicarbonato. O bicarbonato é produzido pelo dióxido de carbono (CO₂) formado nas células como um subproduto de reações químicas. O CO₂ entra no sangue nos capilares, onde as células vermelhas do sangue contêm uma enzima chamada anidrase carbônica, que ajuda a combinar CO₂ e H₂O para formar ácido carbônico (H₂CO₃). O ácido carbônico formado se separa em íons hidrogênio (H⁺) e íons bicarbonato (HCO₃⁻). Essa reação também pode seguir na direção contrária, com o bicarbonato de sódio mais íon hidrogênio produzindo dióxido de carbono e água (Boron, 1989).

Anidrase carbônica

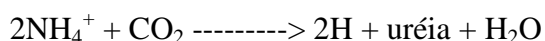


Esses mecanismos de regulação do pH sanguíneo tendem a compensar eventuais alterações provocadas pela água magnetizada, impedindo que as diferenças sejam detectadas nas análises. O valor do pH não foi estatisticamente significativo, mas a diferença entre os valores de 7,424 e 7,456 observados no sangue arterial dos animais recebendo água convencional ou água magnetizada e mineralizada, respectivamente, (Tabela 6), estão no limiar entre sangue normal (7,35 – 7,45) e alcalose (acima de 7,45). Sendo o pH o inverso do logaritmo da potencia sete do hidrogênio, a diferença de 0,032 entre os valores de pH mencionados, representa 45.715 moléculas de água não dissociadas a mais para cada íon hidrogênio dissociado (H⁺) na água magnetizada e

mineralizada. Ou seja, a utilização da água magnetizada resultou em menor necessidade de bicarbonatos para neutralizar os ácidos (H^+), justificando a redução observada na concentração de $CHCO_3$ no sangue venoso (28,54 vs 24,28, Tabela 7).

Houve redução no BE nos animais recebendo água magnetizada e não houve diferença entre sangue arterial ou venoso (Tabela 6). Segundo Sucupira & Ortolani (2003), o BE do sangue venoso e arterial possuem alta correlação ($p>0,93$), ou seja, a relação não é alterada pela arterialização do sangue.

A produção de bicarbonato regula o equilíbrio ácido-básico. Por sua vez, a produção de bicarbonato envolve a degradação da glutamina no rim, e posterior excreção de amônio. Assim, a taxa de produção renal e excreção de amônio (NH_4) são reguladas como resposta a mudanças no equilíbrio ácido-básico, de forma que para tamponar o sangue a produção de amônio aumenta marcadamente em resposta a acidose metabólica crônica ou aguda (maior produção de bicarbonato e excreção de amônio). Quando não há necessidade de tamponamento, a produção de amônio diminui durante alcaloses metabólicas (menor produção de bicarbonato e excreção de amônio) (Good, 1989). A excreção de amônio é importante para o equilíbrio ácido-básico, pois caso o amônio não for excretado e retornar ao fluido extracelular, será reincorporado e convertido à uréia no fígado de acordo com a seguinte reação:



Nesta situação, os dois íons de H liberados durante a síntese de uréia são neutralizados por dois íons bicarbonato produzidos através da glutamina restabelecendo o equilíbrio, sem ganho com a produção de bicarbonato. A habilidade do rim em excretar íons de amônio resulta na adição líquida de bicarbonato no fluido extracelular, mas quando os mesmos forem reutilizados não haverá produção sobressalente de bicarbonato (Good, 1989).

A maioria da amônia excretada na urina é produzida dentro das células renais, primariamente pela degradação da glutamina. A glutamina é metabolizada formando íons de amônio e bicarbonato. O bicarbonato formado é transportado através da membrana da célula para o fluido extracelular e repõe o bicarbonato que foi neutralizado pelo ácido produzido pelo metabolismo (Good, 1989). Os íons de amônio são secretados no fluido luminal e excretados pela urina. Dessa forma, após adaptação dos animais a água magnetizada, uma eventual redução na produção de bicarbonatos em

função da menor quantidade de ácidos a serem neutralizados, resultaria em menor excreção de N, justificando o aumento nos teores de N uréico no sangue e no leite e nos teores de proteína e caseína no leite.

Levy et al. (1999) estudando a performance de bovinos tratados com água magnetizada observaram aumento na digestibilidade da proteína bruta de 66,3% para 70,2% e aumento na retenção de nitrogênio de 41,3 para 52,7 g/dia. A conversão desse amônio não excretado pelo rim, em uréia no fígado, melhora o aproveitamento do N pelos animais. Dessa forma, a água magnetizada pode reduzir a excreção de N e a necessidade de suprimento de N aos animais, favorecendo a redução de custos e do impacto ambiental da atividade pecuária.

Sargolzehi et al. (2009) não encontraram efeitos da água magnetizada sobre as concentrações de glicose, Na, K, Mg e uréia e não analisaram o Ca. Entretanto, os valores de concentração de uréia no plasma de animais recebendo água controle e águas magnetizadas a 1200 Gauss e 3600 Gauss observados por Sargolzehi et al. (2009), foram de 23,33; 27,67 e 29,67 no primeiro período experimental e de 24,00; 27,33 e 27,00 no quarto período experimental, na média de todos os cinco períodos experimentais os valores de N uréico foram superiores em animais recebendo água magnetizada.

Foram observados maiores teores K no sangue venoso (Tabela 7, $p < 0,05$) e uma tendência de menores teores de P no exame bioquímico do sangue de animais recebendo água magnetizada (Tabela 5, $p = 0,06$). Os íons presentes no fluido corporal possuem cargas elétricas, como Na^+ (íon sódio), K^+ (íon potássio), $\text{PO}^{3/4}$ (íon fosfórico) e Cl^- (íon cloreto). O movimento dos fluidos corporais ou destes íons resulta em correntes elétricas e os rins têm a capacidade de reabsorver íons de potássio (K^+) filtrados para a urina, eliminando o íon hidrogênio (H^+) em seu lugar. Os resultados sugerem que a água magnetizada facilita a troca iônica.

Alguns ensaios avaliando a tensão superficial da água magnetizada talvez contribuam ao esclarecimento desse efeito facilitador de trocas iônicas. A tensão superficial ou energia potencial de superfície por unidade de área pode ser definida como a força capaz de romper a atração das moléculas de água localizadas na superfície. Seu valor na água a 20°C é de 72,75 mN/m (miliNewton por metro), reduzindo com o aumento da temperatura e aumentando com o rebaixamento desta. A redução na tensão superficial é de grande importância no contato entre duas ou mais substâncias, a exemplo do funcionamento dos pulmões em animais e traquéia dos

insetos. O uso de agentes sulfatantes em medicamentos, por exemplo, tem como objetivo reduzir a tensão superficial permitindo o espalhamento rápido sobre os tecidos (Sackheim & Lehman, 2001). Maluf (2002), após análises realizadas no Laboratório de Materiais Têxteis do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), reportou que a água exposta ao campo magnético teve sua tensão superficial reduzida de 71 para 65 mN/m, não tendo ocorrido o mesmo com a água deionizada, sugerindo que os efeitos estariam envolvidos com os sais em solução na água.

De acordo com Souza (1994) a aplicação de campos magnéticos ao corpo modifica o fluxo de íons tornando seu movimento mais rápido, estimulando os canais que transportam estes fluidos e resultando em aumento da atividade da área sob ação magnética. Souza (1999) analisando a água imantada ou polarizada, afirma que a redução da tensão superficial relaciona-se diretamente com o fato de que, na célula animal ou vegetal, ocorre maior mobilidade iônica, ou aumento da troca de nutrientes na membrana celular, especialmente íons de Sódio, Potássio, Fósforo e Cálcio. De acordo com Leão (1982) a redução da tensão superficial influi na contração das células, na permeabilidade das membranas, digestão, excreção e circulação, e pela reduzida quantidade de água existente nas membranas e no interior das células, o conceito de tensão superficial é válido.

Conclusão

Os resultados permitem iniciar uma discussão dos efeitos e modo de ação da água magnetizada no organismo e suas consequências na produção animal, mas o assunto é bastante complexo e necessita de mais pesquisas. Em novos estudos seria interessante analisar a formação de hidróxidos e eliminação de radicais livres do sangue.

Nas condições em que foi desenvolvido o trabalho, podemos sintetizar os seguintes resultados: a magnetização da água aumentou o teor de oxigênio dissolvido na mesma, eliminou o excesso de dióxidos de carbono agregados à hemoglobina no sangue venoso ($PvCO_2$); aumentou a saturação de oxigênio na hemoglobina no sangue venoso (SvO_2), reduziu o excesso de bases (BE) e bicarbonato ($CHCO_3$), aumentou teores de K no sangue, teores de N uréico no sangue e no leite, produção e teor de proteína do leite.

Referências

Boron, W.F. Chemistry of Buffer Equilibria in Blood Plasma. In: The regulation of acid – base balance. Ed. Seldin Donald W. & Giebisch Gerhard. Raven Press, USA, 1989.

D. Levy, Z. Holzer, A. Brosh and D. Iian, A Note on the Effect of Magnetically Treated Drinking Water on the Performance of Fattening Cattle, Agricultural Research Organization, Newe Ya'ar Experiment Station, Haifa Post 31-999, Israel. World Review of Animal Production, Volume 27, Number 2, Apr.- Jun.1992

Fisher, E.W.; Sibartie, D.; Grimshaw, W.T.R. A comparison of the pH, pCO₂, pO₂ and total CO₂ content in blood from the brachial and caudal auricular arteries in normal cattle. British Veterinary Journal, v.136, p.496-499, 1980.

Good, D.W. New Concepts In Renal Ammonium Excretion. In: The regulation of acid – base balance. Ed. Seldin Donald W. & Giebisch Gerhard. Raven Press, USA, 1989.

Leão, Moacir de A. Carneiro. (1982) Princípios de biofísica. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982. 516 p.

Levy D, Holzer Z, Brosh A Ilan D (1990). The effect of magnetically treated drinking water on performance of fattening cattle. Agricultural Research Organisation, Haifa, Israel. Harari, M. and I. Lin, 1989.

Lin I (1990). Cited by Keen in "Magnetic attraction for high yields". Dairy farmer, May 1990, pp. 28- 30.

Lin I, Yotvat J (1988). Electromagnetic treatment of drinking and Iriigation water. Water Irrig. Rev., 8(4): 16-18.

Lin I, Yotvat J (1989). Exposure of irrigation water to magnetic field with controlled power and direction: effects on grapefruit. Alon Hanotea, 43: 669-674.

Lisboa, J.A.N. et al. Tempo de viabilidade de amostras de sangue venoso bovino destinadas ao exame hemogasométrico quando mantidas sob conservação em água gelada. Ciência Rural, v.31, n.2, p.271-276, 2001.

Maluf, E. Relatório Técnico IPT, 2002.

NRC - Nutrient Requeriments of Dairy Cattle.. National Academy of Science, National Academy Press, Washington, DC, 1989.

Patterson DC, Chestnutt DMB (1994). The effect of magnetic treatment of drinking water on growth, feed utilization and carcass composition of lambs. Anim. Feed Sci. Tech., 46: 11-21

Sackheim, George I. Lehman, Dennis D.(001) Química e bioquímica para ciências biomédicas. 8. ed. Barueri, S. Paulo: Manole, 2001. 644p.

Sargolzehi, M.M.; Rezaee, R.A.; Naserian, A.A. The effects of magnetic water on milk and blood componentes of lactating Saanen goats. International Journal of Nutrition and Metbaolism, v.1(2), p. 020-024, december, 2009.

SAS Institute Inc. SAS User`s guide: statistics. Ver. 5 ed., SAS Inst., Cary. NC, 1985.

Souza, M. Matheus de. (1994) Magnetoterapia, imas para a saude. São Paulo: Ibraqui, 199, 499p.

Souza, M. Matheus de. (1999) Magnetoterapia. São Paulo: Ibraqui, 1999, 212p.

Sucupira, M. C. A.; Ortolani, E.L. Uso de sangue arterial e venoso no exame do equilibrio acido-básico de novilhos normais ou com acidose metabólica. Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.5, p.863-868, set-out, 2003.

Thrall, M.A. Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária. 1.ed. São Paulo: Roca, 2007. 592p.