

EFEITO DO TRATAMENTO DA ÁGUA POR CAMPO MAGNÉTICO SOBRE OS PARÂMETROS SÉRICOS E ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA¹

GERALDO BALIEIRO NETO², JOSÉ RAMOS NOGUEIRA², MARIA DA GRAÇA PINHEIRO², JAIR RODINI ENGRACIA FILHO³, CASSIA MARIA MOLINARO COELHO³, SAULO DA LUZ E SILVA⁴

¹Recebido para publicação em: 08/02/13. Aceito para publicação em 09/08/13.

²Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Leste, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA), Av. Bandeirantes, 2419, CEP 14030-670, Ribeirão Preto, SP, Brasil. E-mail: geraldobalheiro@apta.sp.gov.br

³Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil.

⁴Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Universidade de São Paulo (USP), Av. Duque de Caxias Norte, 225, Campus da USP, CEP 13635-900, Pirassununga, SP, Brasil.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tratamento magnético da água dos bebedouros sobre o hemograma, perfil bioquímico sérico, hemogasometria e espessura de gordura subcutânea de bovinos. O ensaio foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, SP. Foram utilizadas 26 vacas da raça Jersey provenientes da APTA, distribuídas aos pares em dois grupos experimentais: controle (n=13), bebendo água não tratada e o grupo recebendo água submetida a campo magnético (n=13). Os animais encontravam-se lactantes por volta de 150 dias e gestantes por volta de 60 dias. As amostras de sangue foram colhidas da artéria auricular caudal e veia jugular. O tratamento magnético da água não teve efeito sobre o hemograma ($p>0,05$). Maiores valores de pH (7,448 vs 7,407 mmHg, $p<0,05$) e menores valores de PaCO₂ (37,97 vs 42,47 mmHg, $p<0,05$), foram constatados no sangue de animais consumindo água submetida a campo magnético. Foram observadas reduções nas concentrações séricas de Na (138,8 vs 145,5 mmol/l, $p<0,05$) e triglicérides (10,4 vs 22,6 mg/dL, $p<0,05$), resultando em menor osmolaridade do sangue (273,30 vs 280,99 mOsm/kg, $p<0,05$) e menor espessura de gordura subcutânea (0,2 vs 1,3 mm, $p<0,05$) em animais consumindo água submetida a campo magnético. Conclui-se que o tratamento da água por campo magnético teria o potencial, neste experimento, de prevenir riscos à saúde associados à acidez e a altas concentrações sanguíneas de Na e dióxido de carbono.

Palavras-chave: gasometria, hemograma, magnetismo, perfil bioquímico sérico, pH.

EFFECTS OF MAGNETIC TREATED WATER ON SERUM CONCENTRATION PARAMETERS AND FAT THICKNESS

ABSTRACT: The goal of this study was to evaluate the effect of magnetic water on blood cells counts, biochemical profile, blood gas level and subcutaneous fat thickness of Jersey cows. This research was carried out at Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, SP. Twenty six Jersey cows from the APTA were allotted into two groups: control (n=13), drinking regular water and the group consuming magnetic water (n=13). The animals were lactating around 150 days and pregnant around 60 days. Blood samples were collected from caudal auricular artery and jugular vein. The water treatment had no effect on hemogram ($p>0.05$). Higher pH (7.448 vs 7.407 mmHg, $p<0.05$) and lower PaCO₂ (37.97 vs 42.47 mmHg, $p<0.05$) levels were detected in arterial blood of the group drinking magnetic water. The concentration of Na ion (138.8 vs 145.5 mmol/l, $p<0.05$) and serum triglycerides (10.4 vs 22.6 mg/dL, $p<0.05$) were significantly lower, resulting in smaller osmolality (273.30 vs 280.99 mOsm/kg, $p<0.05$) and subcutaneous fat thickness (0.2 vs 1.3 mm, $p<0.05$). In summary, the water treatment, evaluated in this study, may have decreased the risk of some metabolic disorders, such as acidosis and high serum concentration of Na and carbon dioxide.

Key words: gasometry, hemogram, magnetism, pH, serum biochemical profile.

INTRODUÇÃO

Embora o requerimento animal diário de água seja maior que o dobro da soma de todos os outros nutrientes, poucos estudos avaliaram o efeito do tratamento da água por campo magnético sobre o metabolismo animal. Os relatos sobre os efeitos da ingestão de água submetida a campo magnético apresentam divergências e não há um embasamento conceitual ou explicação para tais efeitos, quando encontrados.

LIN e YOTVAT (1989) observaram menores teores de gordura na carne de bezerros consumindo água submetida a campo magnético. Em corroboração, LEVY *et al.* (1990) observaram menor teor de gordura na carne de bezerros machos consumindo água magnetizada. AL-MUFARREJ *et al.* (2005) não encontraram diferença na composição de carcaça de aves consumindo água submetida a campo magnético. Da mesma forma, SARGOLZEHI *et al.* (2009) não encontraram diferenças significativas em metabolitos ou íons presentes no sangue de ovelhas Saanen consumindo água submetida a campo magnético. Já PATTERSON e CHESTNUTT (1993) observaram redução no consumo alimentar e maior conversão alimentar em cordeiros.

Segundo REINA *et al.* (2001) a interação do campo magnético com as correntes iônicas das membranas celulares, alteram as concentrações iônicas e a pressão osmótica em ambos os lados da membrana, favorecendo o mecanismo de passagem da água através da membrana. INSUA *et al.* (2009) relataram que os efeitos do tratamento magnético da água ocorreriam em virtude da interação do campo magnético com os íons presentes na solução aquosa. Segundo TAO e HUANG (2011), os efeitos do tratamento magnético ocorrem pela redução da viscosidade do sangue e melhora na circulação, devido à formação de agregados de glóbulos vermelhos que favorecem o fluxo sanguíneo. Tendo em vista o enorme conteúdo de água no organismo e sua dispersão pelo mesmo, pequenas mudanças nos processos físico-químicos podem surtir efeito no âmbito biológico.

Além da escassez de trabalhos científicos, o ceticismo em relação ao tratamento magnético da água tem como base a ausência de repetição dos fenômenos observados, assim como a ausência de um mecanismo que comprove as observações.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do tratamento magnético da água ingerida por vacas

Jersey sobre o hemograma, perfil bioquímico sérico, gasometria e espessura de gordura subcutânea.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Polo Regional Centro Leste da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Ribeirão Preto, SP. A duração do período experimental foi de 75 dias, com início em 02/06/2012.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso. Vinte seis vacas da raça Jersey submetidas a um protocolo de inseminação artificial em tempo fixo foram pareadas para a formação de dois grupos. A diferença média entre a fase de lactação dos pares foi de 3,8 dias. No início do experimento, as médias do período de lactação dos grupos foram 134,8 e 136,6 dias em lactação, as médias do peso vivo foram de 370 e 369 kg de PV e o escore de condição corporal dos dois grupos foi igual a 2,75 (em escala de 1 a 5). Foram formados sete pares de novilhas de primeira cria, dois pares de novilhas de segunda cria e quatro pares de vacas de terceira cria. As condições de manejo, alimentação e ambiente foram semelhantes. Por sorteio, os indivíduos de cada par foram alocados em um dos tratamentos. Cada grupo, de 13 animais, teve acesso apenas a um bebedouro com capacidade de 500 l, com ou sem o dispositivo magnetizador, durante 75 dias. O tratamento magnético da água foi realizado por dispositivos Sylocimol® inseridos nos bebedouros, produzindo um campo magnético estático de 32.400 Gauss no centro geométrico do dispositivo.

A composição química da água foi analisada conforme descrito pela APHA (2005) e a determinação de oxigênio dissolvido em água (OD) de acordo com o Método de Winkler (Tabela 1).

A dieta foi balanceada de acordo com os requerimentos propostos pelo NRC (1989), com 16% de PB, 68% de NDT, 0,56% de Ca e 0,36% de P. Foi fornecida dieta completa com a seguinte composição de ingredientes em 100% da matéria seca: 61,86 de silagem de milho; 15,22 de milho grão moído; 7,627 de farelo de soja; 4,511 de farelo de algodão; 7,542 de soja grão; 0,381 de uréia; 1,711 de calcário e 1,144 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.

Tabela 1. Composição química da água

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

Descrição dos tratamentos através da coleta de três amostras da água dos bebedouros com ou sem o dispositivo magnetizador Sylocimol e análises segundo APHA (2005).

Foram colhidas amostras de sangue da artéria auricular caudal, segundo descrição de FISHER *et al.* (1980), para análise de gasometria e dosagem de eletrólitos, utilizando-se seringas plásticas de 3 mL contendo heparina de lítio. A manutenção da anaerobiose durante a colheita para as análises gasométricas e conservação das amostras seguiram as recomendações de FISHER *et al.* (1980). 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 no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. As variáveis gasométricas compreenderam o pH, as pressões parciais de dióxido de carbono e de oxigênio venoso e arterial (PvCO₂, PaCO₂, PvO₂ e PaO₂, respectivamente), concentração de bicarbonato no plasma (HCO₃-), grau de saturação da hemoglobina pelo oxigênio no sangue arterial e venoso (SaO₂ e SvO₂) 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.

O sangue venoso foi obtido da veia mamária 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 anticoagulante (EDTA tripotássico), para realização do hemograma e frascos de 5 mL contendo fluoreto de sódio/ácido etilenodiaminotetracético dissódico (NaF/Na₂EDTA), para dosagem de glicose. Após a coleta as amostras de sangue foram conduzidas ao laboratório em caixas térmicas com gelo.

As amostras de sangue dos frascos sem ou com anticoagulante foram centrifugadas a 1000 rpm durante 10 e 5 minutos, respectivamente, obtendo-se, respectivamente, o soro e o plasma, utilizados para avaliar as concentrações de Ca, 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, de leucócitos e o teor de hemoglobina foram obtidos em hemocitômetro semiautomático (CC-530, CELM) e, a contagem de plaquetas realizadas em câmara de Neubauer. A contagem diferencial dos leucócitos foi verificada em esfregaços sanguíneos corados (THRALL, 2007).

A espessura de gordura subcutânea foi avaliada através de imagens de ultrassom do equipamento ALOKA SSD-500V, obtidas entre a 12^a e a 13^a costelas.

A comparação foi feita com base no teste de hipótese em amostras pareadas ($H_0: \mu_A - \mu_B = 0$). Todos os dados foram submetidos à análise de variância pelo PROC GLM do SAS (1985) e ao teste Tukey para a comparação das médias ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de água, dos diferentes bebedouros, realizadas apenas para a descrição dos tratamentos, não foram analisadas estatisticamente, mas revelaram menores teores de Na, K e Cl e maior concentração de oxigênio dissolvido na água do bebedouro com o dispositivo magnetizador, quando comparado ao bebedouro sem o dispositivo magnetizador (Tabela 1). COEY e CASS (2000) observaram que o tratamento magnético aumentou o pH e reduziu o teor de Na da água. Segundo esses

autores, quanto maior a concentração de minerais na água maior o efeito do tratamento magnético. AL-MUFARREJ *et al.* (2005) também observaram que o tratamento magnético aumentou o pH da água 7,72 para 7,86. A água utilizada no presente trabalho, foi proveniente de poço artesiano no aquífero Guarani. Por sua característica de baixa concentração mineral, os efeitos do tratamento magnético sobre o pH da água não foram observados (Tabela 1).

O aumento no teor de oxigênio dissolvido na água em função do tratamento magnético também foi observado por INSUA *et al.* (2009) que inclusive, atribuíram o aumento da absorção de diferentes íons ao maior teor de oxigênio dissolvido na água. Segundo PETRIANOV (1980) o aumento do oxigênio dissolvido é benéfico devido ao aumento da permeabilidade dielétrica intimamente relacionada à maior solubilidade de sais dissolvidos na água. Isso ocorre devido aos cristais de sais serem de tamanho muito menor e menos adesivos, fazendo com que fluam com maior facilidade pela corrente sanguínea e através das membranas mais finas, favorecendo a maior absorção pelos tecidos e evitando obstruções das membranas celulares encarregadas de transportar elementos essenciais ao metabolismo (ROBERTIS *et al.*, 1996).

Não houve efeito ($p > 0,05$) do consumo de água submetida a campo magnético sobre as concentrações de hemácias, hemoglobina, hematócrito, plaquetas, proteína total e leucócitos ou sobre a diferenciação dos leucócitos (basófilos, eosinófilos, neutrófilos segmentados e linfócitos) (Tabela 2).

Tabela 2. Hemograma dos animais do grupo controle, recebendo água convencional, e do grupo teste, recebendo água com tratamento magnético

	Controle	Teste	CV	MSE	Pr>F
Hemáceas (milhões/uL)	6,234	6,489	10,72	0,681	0,414
Hemoglobina (g/dL)	9,850	9,750	13,10	1,284	0,863
Hematócrito (%)	28,37	28,01	12,43	3,505	0,821
Plaquetas (milhões/uL)	418800	401700	25,26	103652	0,716
Proteína total (g/dL)	7,40	7,36	6,179	0,456	0,846
Leucócitos (milhões/uL)	13920	12580	52,70	6983	0,673
Basófilo (milhões/uL)	0,500	0,200	214,02	0,749	0,382
Eosinófilo (milhões/uL)	4,100	5,500	98,38	4,722	0,515
Neutrófilo segmentado (milhões/uL)	21,2	15,7	58,81	10,851	0,272
Linfócito (milhões/uL)	72,7	75,9	15,40	11,443	0,539
Monócitos (milhões/uL)	1,5	2,7	91,59	1,923	0,180

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) (1) CV = coeficiente de variação; (2) MSE = desvio padrão da média; (3) Pr>F = probabilidade estatística

De acordo com TAO e HUANG (2011), os efeitos do tratamento magnético ocorrem pela redução da viscosidade do sangue devido à formação de agregados de glóbulos vermelhos e não pela alteração da quantidade de células suspensas no plasma, esse fato talvez explique a ausência de efeito sobre o hemograma.

A viscosidade é a medida de resistência ao escoamento de um líquido. Quanto maior a viscosidade de um líquido menor o fluxo do mesmo. TAO e HUANG (2011) mostraram que sem o tratamento magnético as células vermelhas foram distribuídas aleatoriamente no plasma e, posteriormente ao tratamento magnético, observaram-se agregados de células vermelhas com

distribuição ordenada, reduzindo a viscosidade cinética da amostra de sangue de 5,7 cS (mm²/s) para 4,37 cS (que representa redução de 23,3% na resistência de escoamento) do material tratado em relação ao original. Segundo TAO e HUANG (2011), a agregação das células vermelhas não afetou suas funções normais de levar oxigênio às células e recolher resíduos metabólicos.

A ingestão de água com tratamento magnético reduziu ($p < 0,05$) as concentrações séricas de Na e Cl, diminuiu ($p < 0,05$) a osmolaridade e a pressão arterial de dióxido de carbono (PaCO_{2t}) e aumentou ($p < 0,05$) a pressão de oxigênio e o pH do sangue arterial (Tabela 3).

Tabela 3. Perfil hemogasométrico dos animais do grupo de controle, recebendo água convencional, e do grupo teste, recebendo água com tratamento magnético

	Controle	Teste	CV ⁽¹⁾	MSE ⁽²⁾	Pr>F ⁽³⁾
CHCO ₃ (mmol/L)	25,63	25,24	9,459	2,406	0,721
Saturação de O ₂ (%)	96,24	98,22	2,611	2,538	0,098
Excesso de base (mmol/L)	1,10	1,53	169,91	2,234	0,672
CO ₂ Expirado (mmol/L)	21,87	23,53	9,633	2,176	0,445
Anion Gap (mmol/L)	18,19	17,21	9,913	1,754	0,227
Osmolaridade (mOsm/kg)	280,99a	273,30b	1,455	4,033	0,0007
pHt	7,407b	7,448a	0,286	0,021	0,0004
Pressão O _{2t} (mmHg)	101,48	110,43	18,722	19,837	0,326
Pressão CO _{2t} (mmHg)	42,47a	37,97b	7,582	3,057	0,002
Na (mmol/L)	141,10a	136,97b	1,554	2,160	0,0002
K (mmol/L)	4,667	4,635	9,114	0,422	0,786
Cl (mmol/L)	101,89	99,25	1,957	1,969	0,0161

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) (1) CV = coeficiente de variação; (2)MSE = desvio padrão da média; (3)Pr>F = probabilidade estatística.

O ferro presente na molécula de hemoglobina favorece sua ligação às moléculas de oxigênio e, confere às hemácias o tipo mais forte de magnetismo encontrado entre as células sanguíneas. O plasma por sua vez é diamagnético, ou seja, corresponde à resposta magnética mais fraca no sistema. Entretanto, como o plasma é constituído principalmente por água e o efeito do tratamento magnético da água ingerida persiste por até 200 h (COEY e CASS, 2000), é possível que o magnetismo da água consumida atue sobre as hemoglobinas, afetando sua dispersão e afinidade ao oxigênio. Além disso, segundo TAO e HUANG (2011), a redução da viscosidade pode ser benéfica ao fluxo de sangue em veias, artérias e capilares.

As reduções de osmolaridade e da concentração

de sódio também favorecem a melhor circulação sanguínea contribuindo com a excreção de resíduos metabólicos, como o dióxido de carbono, resultando em elevação do pH sanguíneo.

REINA *et al.* (2001) observaram aumento do entumescimento e da quantidade de água absorvida pelas sementes de alfaca expostas a campo magnético. Os autores explicam que a interação do campo magnético com as correntes iônicas das membranas celulares, alteram as concentrações iônicas e a pressão osmótica em ambos os lados da membrana, favorecendo o mecanismo de passagem da água através da membrana. Sabendo que a menor osmolaridade favorece a permeabilidade, cabe mencionar que toda

movimentação do Na ou qualquer diferença de pressão osmótica do líquido intracelular é sempre acompanhada pela movimentação de água. Dessa forma, a maior permeabilidade das membranas celulares e dos tecidos, pode facilitar a movimentação do Na e sua eliminação nos animais consumindo a água submetida a campo magnético.

A redução na concentração de Na no sangue de animais consumindo água submetida a campo magnético (141,1 vs 136,9 mmol/l) foi proporcionalmente superior à redução da concentração de Cl (101,9 vs 99,2 mmol/l). A maior concentração de ânions, pela eliminação de cátions, promoveu a neutralização de íons hidrogênio e elevou o pH ($p < 0,05$).

De acordo com *INSUA et al.* (2009) uma das hipóteses que explicaria os efeitos do tratamento magnético da água sobre parâmetros biológicos, seria a interação do campo magnético com os íons presentes na solução aquosa. A interação, que ocorre entre o campo magnético e íons presentes na solução, contribui com a redução da concentração desses íons, como o sódio, por redistribuir o fluxo de energia e alterar a carga das partículas, momentaneamente. O sódio é o principal determinante da osmolaridade efetiva, que constitui o fator mais importante para a regulação da secreção de hormônio diurético (ADH). O valor da osmolaridade é praticamente constante, variando entre 280 a 295 mOsmol/l (*FOLKOW et al.*, 1965).

A diminuição da osmolaridade é relacionada à redução da secreção de ADH e, conseqüente, aumento da eliminação de água através da urina. Variações na osmolaridade, da ordem de 1%, podem alterar a liberação de ADH em concentração suficiente para afetar a excreção de água, significativamente. Pode-se esperar que a redução do sódio e da osmolaridade plasmática para 273 mOsmol/l (Tabela 3) provocou a diminuição do nível de ADH, refletindo em maior excreção de água e Na pelos rins.

Sabe-se que o dióxido de carbono resultante do metabolismo celular é dissolvido no sangue para, então, ser eliminado através da respiração. A menor pressão parcial do CO_2 dissolvido no plasma (PaCO_2) indica maior eficiência do mecanismo respiratório em eliminar o CO_2 em animais consumindo água submetida a campo magnético. Como o dióxido de carbono reage com a água, produzindo ácido carbônico que se dissocia em íon bicarbonato (HCO_3^-) e íon hidrogênio (H^+), a diminuição da pressão parcial de CO_2 relaciona-se à elevação do pH sanguíneo e, este meca-

nismo de regulação é menos dependente dos níveis de ânions como fosfato ou cloreto de sódio e bicarbonato, reduzindo a reabsorção renal do Na. Isto explica os efeitos da ingestão de água submetida a campo magnético sobre componentes respiratórios e metabólicos, como a maior eliminação de CO_2 e de Na, respectivamente.

Uma das implicações da elevação do pH sanguíneo pode ser observado através da afinidade da hemoglobina ao oxigênio. A redução do pH ou o aumento da pressão parcial de CO_2 dissolvido no plasma promovem a liberação do O_2 pela oxihemoglobina enquanto a redução da acidez promove maior fixação de O_2 . Isso explica a maior ($p < 0,05$) saturação de oxigênio na hemoglobina (SaO_2) observada nos animais bebendo água com tratamento magnético. A SaO_2 é o melhor indicador da disponibilidade total de oxigênio para as células do organismo representando um importante benefício do tratamento magnético da água, uma vez que o oxigênio é indispensável para a produção de energia ($\text{glicose} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{água} + \text{energia}$).

O tratamento magnético da água reduziu a concentração sérica de triglicérides ($p < 0,05$) e espessura de gordura subcutânea ($p < 0,05$) (Tabela 4). O peso vivo médio inicial em confinamento foi de 370 kg, para os dois grupos. Após 75 dias do período experimental o peso vivo médio foi 361 kg no grupo que recebeu água tratada por campo magnético e 338 kg no grupo que recebeu água sem tratamento, ocorrendo perda de peso de 9 kg e 32 kg, respectivamente. O trabalho não foi delimitado para avaliação de ganho de peso e vacas leiteiras não podem ficar em jejum até que se esgote o conteúdo gastrointestinal, o que seria necessário para aferição precisa da diferença de peso. De qualquer forma, a menor espessura de gordura subcutânea não pode ser explicada pela perda de peso ou de condição corporal, uma vez que os animais recebendo água tratada por campo magnético não perderam mais peso que os animais do grupo controle.

Além disso, não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da água submetida a campo magnético sobre a produção de leite ou teores de proteína, gordura, lactose e sólidos totais no leite (Tabela 5). Dessa forma, caso o consumo de matéria seca do grupo de animais recebendo água tratada por campo magnético tenha sido menor, é possível que os animais desse grupo tenham mobilizado mais gordura do tecido adiposo para a manutenção da produção de leite. Outra hipótese, que poderia explicar a menor espessura de gordura sub

Tabela 4. Perfil bioquímico sérico dos animais do grupo controle, recebendo água convencional, e do grupo teste, recebendo água com tratamento magnético

	Controle	Teste	CV(1)	MSE(2)	Pr>F(3)
Ureia (mg/dL)	35,80	29,40	22,02	7,180	0,061
Glicose (mg/dL)	64,46	60,77	18,25	11,427	0,479
Ca (mg/dL)	9,20	9,09	6,19	0,566	0,669
P (mg/dL)	7,40	7,41	31,03	2,298	0,992
K (mmol/L)	4,56	4,54	3,76	0,171	0,797
Na (mmol/L)	145,5a	138,8 b	2,39	3,400	0,0003
Mg (mg/dL)	3,0	3,26	12,08	0,380	0,212
Triglicérides (mg/dL)	22,6a	10,4b	54,67	9,02	0,007
Colesterol (mg/dL)	148,4	161,80	36,91	57,25	0,607
Tiroxina total (mcg/dL)	5,000	4,969	24,23	1,207	0,954
Tiroxina livre (ng/dL)	0,949	1,058	32,97	0,330	0,470
EGS* (mm)	1,3	0,2	58,30	1,35	0,0004

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

⁽¹⁾CV = coeficiente de variação; ⁽²⁾MSE = desvio padrão da média; ⁽³⁾Pr>F = probabilidade estatística.

*EGS = Espessura de Gordura Subcutânea entre a 12^a e 13^a costelas.

Tabela 5. Produção e composição do leite de vacas Jersey consumindo água com tratamento magnético

	Tratamentos				
	Controle	Teste	CV	MSE	Pr>F
Produção diária (kg)	10,30	11,40	21,14	2,309	0,357
Teor de Gordura (%)	3,41	3,52	22,44	0,778	0,621
Teor de Proteína (%)	3,49	3,51	9,21	0,323	0,847
Nitrogênio Uréico mg/dL	7,03 b	8,86 a	33,77	2,686	0,017
Teor de Lactose (%)	4,25	4,22	9,19	0,389	0,752
Teor de Sólidos Totais (%)	12,15	12,25	7,68	0,938	0,707
Teor de ESD (%)	8,74	8,73	4,35	0,380	0,930
Caseína (%)	2,64	2,65	10,88	0,288	0,912
PROT Caseína % da PROT	75,59	75,49	2,78	2,105	0,860

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

⁽¹⁾CV = coeficiente de variação; ⁽²⁾MSE = desvio padrão da média; ⁽³⁾Pr>F = probabilidade estatística.

cutânea nos animais recebendo água tratada por campo magnético, seria o maior teor de oxigênio na mesma. A ingestão de água com maior teor de oxigênio pode ter comprometido a degradação anaeróbica da fibra no rúmen, reduzindo a produção de ácido acético, precursor da gordura em ruminantes.

LEVY *et al.* (1990) observaram menor teor de gordura na carne de bezerros machos tratados com água magnetizada e AL-MUFARREJ *et al.* (2005) observaram que aves recebendo água submetida a campo magnético depositaram 16,4% menos gordura abdominal do que aves recebendo água não tratada, mas, em ambos

experimentos, as diferenças observadas não foram significativas.

A deposição ou mobilização de gordura estão intimamente relacionadas à glicemia e secreção de insulina. A produção de triglicérides é um dos mecanismos fisiológicos ativados pela insulina, que promove a diminuição nos níveis de glicose ao transformar o excesso de energia circulante disponível em reserva de energia na forma de tecido adiposo. No início da lactação, as reservas são consumidas ocorrendo à quebra de triglicérides em função da demanda de energia para a produção de leite. Dessa forma,

caso tenham ocorrido, o menor consumo e a menor degradação da fibra podem ter resultado em menor suprimento energético para a produção de leite, maior mobilização de reservas para manter a produção de leite e menor espessura de gordura subcutânea.

O N uréico no sangue dos animais recebendo água submetida a campo magnético tende a ser menor ($p=0,06$, Tabela 4), enquanto o teor de N uréico no leite aumentou ($p<0,05$, Tabela 5). Ainda que tenha sido observado aumento do teor de N uréico no leite, de 7,03 no grupo controle para 8,86 no grupo tratamento, ambos os níveis revelam que houve déficit proteico da dieta, provavelmente por erros na estimativa dos níveis de proteína na silagem de milho.

A taxa de produção renal e excreção de amônio (NH_4) são reguladas como resposta a mudanças no equilíbrio ácido-básico. Dessa forma, para tamponar o sangue a produção e excreção de amônio aumentam marcadamente, ou seja, em resposta a acidose metabólica crônica ou aguda ocorre maior produção de bicarbonato e excreção de amônio. Por outro lado, quando não há necessidade de tamponamento durante alcaloses metabólicas, a produção de amônio diminui (menor produção de bicarbonato e excreção de amônio) (GOOD, 1989). Dessa forma, o aumento do pH do sangue dos animais consumindo água submetida a campo magnético ocasionou redução da produção de bicarbonato e consequentemente, menor excreção de amônio, resultando em aumento do nitrogênio uréico no leite. A maior retenção de nitrogênio é desejável e deve ser considerada na nutrição animal por favorecer a redução de custos e do impacto ambiental da atividade pecuária.

CONCLUSÃO

O consumo de água submetida a campo magnético mostrou-se, neste estudo, uma possível ferramenta para aumentar a retenção de nitrogênio e para prevenir riscos à saúde associados à acidez e a altas concentrações sanguíneas de Na e dióxido de carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-MUFARREJ, S.; AL-BATSHAN, H.A.; SHALABY M.I.; SHAFEY T.M. The effects of magnetically treated water on the performance and immune system of broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v.4., p.96-102, 2005.

APHA (2005). **American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21 st ed. Washington.

BLACK, J.L.; GILL, M.; BEEVER, D.E.; THORNLEY, J.H.M.; OLDHAM, J.D. Simulation of the metabolism of absorbed energy-yielding nutrients in young sheep: efficiency of utilization of acetate. **Journal of Nutrition**, v. 117, p.105-115, 1987.

COEY, J.M.D.; CASS, S. Magnetic water treatment. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v.209, p.71-74, 2000.

CUESTA M, RUIZ L, LÓPEZ R, GUTIÉRREZ MARISOL. **Enfermedades de la nutrición y el metabolismo y anemias**. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. 1989.

FISHER, E.W.; SIBARTIE, D.; GRIMSHAW, W.T.R. A comparison of the pH, pCO_2 , pO_2 and total CO_2 content in blood from the brachial and caudal auricular arteries in normal cattle. **British Veterinary Journal**, v.136, p.496-499, 1980.

FOLKOW, B.; HEYMANS, C.; NEIL, E. Aspectos integrantes de la regulación cardiovascular. In: W. F. HAMILTON & P. DOW (Ed.). **Handbook of Physiology**, Washington D.C., American Physiological Society, 1965, p.1787.

GOOD, D.W. New Concepts in Renal Ammonium Excretion. In: D.W. SELDIN & G. GIEBISCH (Ed.). **The Regulation of Acid-Base Balance**. New York, 1989, p.603.

INSUA, A. D.; GARCIA, P. C.; MONTIEL, P.M.; PRADO, S.E.A. Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.10, n.4, 2009.

LAURENT R.E., BOADO E. Importancia del agua en la salud de las aves. **Revista Avicultura**, v.3, p.56-57, 1989.

LEVY, D.; HOLZER, Z.; BROSH, A.; ILAN, D. The effect of magnetically treated drinking water on performance of fattening cattle. **Agricultural Research Organisation**, Haifa, Israel. Harari, M. and I. Lin, 1990.

- LIN I.; YOTVAT, J. Exposure of irrigation water to magnetic field with controlled power and direction: effects on grapefruit. **Alon Hanotea**, v.43, p.669-674, 1989.
- NRC - **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. National Academy of Science, National Academy Press, Washington, DC, 1989.
- PATTERSON, D.C.; CHESTNUTT, D.M.B. The effect of magnetic treatment of drinking water on growth, feed utilization and carcass composition of lambs. **Animal Feed Science Technology**, v.46, p.11-21, 1994.
- PETRIANOV IV. **Las sustancias más extraordinarias del mundo**. Moscow: MIR, 1980. p.117.
- REINA, F.G.; PASCUAL, L.A.; FUNDORA, I.A. Influence of a stationary magnetic field on water relation in lettuce seeds. **Bioelectromagnetics**, v.22, p.589-596, 2001.
- ROBERTIS, E.D.P.; ROBERTIS, E.M.F. **Biología celular y molecular**. Buenos Aires: El Ateneo, 1996, 1091p.
- SARGOLZEHI, M.M.; REZAEI, R.A.; NASERIAN, A.A. The effects of magnetic water on milk and blood components of lactating Saanen goats. **International Journal of Nutrition and Metabolism**, v.1, p.20-24, 2009.
- SAS Institute Inc. **SAS User's guide: statistics**. Ver. 5 ed., SAS Inst., Cary, NC, 1985.
- TAO, R. & HUANG, K. Reducing Blood Viscosity with Magnetic Fields. **Physical Review E**, v.84, 5p., 2011.
- THRALL, M.A. **Hematología e Bioquímica Clínica Veterinária**. 1.ed. São Paulo: Roca, 2007. 592p.