

EFEITO DE DIFERENTES FONTES E CONCENTRAÇÕES DE ZINCO NA MISTURA MINERAL SOBRE DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS SEMINAIS DE TOUROS JOVENS CRIADOS EM CAMPO¹

ALEXANDRA ROCHA DE OLIVEIRA,² MARIA DA GRAÇA MORAIS,³ SHEILA DA SILVA MORAES,⁴ CARLOS EURICO FERNANDES,⁵ LUIS CARLOS VINHAS ÍTAVO⁶ E URBANO GOMES PINTO DE ABREU⁷

-
1. Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil
 2. Mestre em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: alexandra_oliveira@yahoo.com.br
 3. Professora orientadora e coordenadora do Curso de Mestrado em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: mgmoraes@nin.ufms.br
 4. Embrapa Gado de Corte, Rodovia BR 262, km 4, Caixa Postal 154, CEP: 79002-970 Campo Grande, MS. E-mail: sac@cnpgc.embrapa.br
 5. Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Católica Dom Bosco, Av Tamandaré, 6000, Campo Grande, MS. E-mail: carlosfernandes@ucdb.br
 6. Departamento de Zootecnia, Universidade Católica Dom Bosco, Av Tamandaré, 6000, Campo Grande, MS. E-mail: itavo@ucdb.br
 7. Embrapa Pantanal, Rua 21 de Setembro, 1880, Caixa Postal 109, Corumbá, MS. E-mail: urbano@cpap.embrapa.br

RESUMO

Dezesseis tourinhos Nelore de aproximadamente 26 meses de idade mantidos em pasto foram submetidos a quatro diferentes suplementações de zinco na mistura mineral: Zn-0 (sem zinco); Zn 30FO (30 mg de Zn orgânico/Kg); Zn 30FI (30 mg de Zn inorgânico/Kg) e Zn 60FI (60 mg de Zn inorgânico/Kg). Mediu-se o consumo da mistura mineral e verificou-se que os animais do Zn-0 consumiram mais do que os animais dos demais tratamentos, diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) de Zn-30FO, Zn-30FI e Zn-60FI e que os animais do Zn-60FI consumiram menos. Procedeu-se à pesagem dos animais, coletaram-se sangue e realizaram-se análises andrológicas completas. Não foi verificada dife-

rença estatística ($P > 0,05$) entre tratamentos para ganho de peso. Tourinhos do Zn-0 apresentaram espermatozoides com menor motilidade e vigor, e mais chances de ter espermatozoides com defeitos de cabeça, peça intermediária e gota citoplasmática proximal. Animais suplementados com 60 mg de Zn inorgânico/Kg apresentaram maiores chances de não ter defeitos de cabeça, peça intermediária e gota citoplasmática proximal nos espermatozoides. As diferentes fontes e concentrações de zinco na mistura mineral de touros jovens não afetaram o desempenho ponderal nas condições experimentais, mas as características seminais, sim.

PALAVRAS-CHAVES: Crescimento, espermatozoides, zinco inorgânico, zinco orgânico.

ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT SOURCES AND CONCENTRATIONS OF ZINC IN THE MINERAL MIXTURE ON PERFORMANCE AND SEMINAL CHARACTERISTICS OF GRAZING YOUNG BULLS

Sixteen young Nelore bulls with approximately 26 months of age maintained on pasture were submitted to four different supplementations of zinc in the mineral mixture: Zn-0 (without zinc); Zn 30FO (30 mg of organic Zn/Kg); Zn 30FI (30 mg of inorganic Zn/Kg) and Zn 60FI (60 mg of inorganic Zn/Kg). Mineral mixture intake was measured and it was verified that the animals of Zn-0 had higher mineral mixture intake than the animals of other treatments,

differing statistically ($P < 0,05$) of Zn-30FO, Zn-30FI and Zn-60FI and that the animals of Zn-60FI had the lowest intake. Animals were weighted, blood and semen were collected and complete andrological analyses were done. No statistical differences were observed ($P > 0,05$) among treatments for weight gain. Bulls of Zn-0 showed spermatozoids with less motility and vigor and higher chances of having spermatozoids with head, middle piece and proximal

cytoplasmic drop defects. Animals supplemented with 60 mg of inorganic Zn/Kg showed higher chances of not having head, intermediate piece and proximal cytoplasmic drop

defects on spermatozoids. Different sources and concentrations of zinc in the mineral mixture of young bulls didn't affect the performance on experimental conditions, but did in the seminal characteristics.

KEY-WORDS: Growth, spermatozoids, inorganic zinc, organic zinc.

INTRODUÇÃO

O zinco (Zn) pode ser fornecido aos animais sob as formas inorgânica ou orgânica. As fontes inorgânicas compreendem o metal em si nas formas de carbonato, cloreto, óxido e sulfato de zinco. Para os bovinos, as duas últimas são mais utilizadas, sendo o sulfato de zinco mais frequentemente encontrado nas formulações de misturas minerais no Brasil Central.

Já as fontes orgânicas podem ser fornecidas na forma de quelatos de componentes orgânicos, como aminoácidos, especialmente o complexo zinco-metionina (Zn-Met) e o complexo zinco-lisina (Zn-Lis). Existem evidências de que minerais de fontes orgânicas são mais biodisponíveis do que aqueles de fontes inorgânicas, e que essa melhor biodisponibilidade pode estimular o ganho de peso e a conversão alimentar (SPARS, 1996), embora autores como MALCOMCALLIS et al. (2000) e KESSLER et al. (2002) não tenham observado diferenças entre fontes de zinco para ganho de peso.

O zinco está intimamente envolvido em muitos aspectos da morfologia, fisiologia e bioquímica espermática (HIDIROGLOU, 1984). O elemento é indispensável na espermatogênese durante o estágio final de maturação dos espermatozoides e também para a manutenção do epitélio germinativo (UNDERWOOD, 1969).

A maior parte do Zn é secretada pela próstata e possui ação direta sobre a atividade endócrina tecidual e moduladora da produção de radicais livres no plasma seminal. Aproximadamente 90% do conteúdo de zinco nos espermatozoides está localizado na peça intermediária e na cauda (fibras densas externas) (HENKEL et al., 1999). À medida que os espermatozoides progridem no epidídimo, o conteúdo de Zn nas fibras densas externas diminui, permitindo maior oxidação dos feixes mitocondriais e possibilitando maior

motilidade progressiva (HENKEL et al., 2003). Durante a espermiogênese, o Zn liga-se aos grupamentos sulfídricos das cisteínas auxiliando na compactação e proteção contra oxidação das protaminas, proteínas responsáveis pelo empacotamento do DNA espermático (DENNY & ASHWORTH, 1991).

Apesar da grande importância do zinco no sistema reprodutivo dos machos, poucos estudos têm sido realizados em bovinos em idade reprodutiva, especialmente avaliando formas orgânicas e inorgânicas e níveis crescentes de zinco em touros púberes criados em pasto.

O presente estudo foi desenvolvido com o intuito de comparar o efeito de duas fontes de zinco (orgânica e inorgânica) em diferentes concentrações sobre desempenho e características seminais de tourinhos criados sob pastejo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, com clima tropical úmido, segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A área experimental era constituída de quatro piquetes em solo classificado como latossolo vermelho mal drenado e de relevo plano.

Utilizaram-se dezesseis tourinhos Nelore com idades entre 26 e 28 meses e peso médio de 360 Kg, oriundos de experimento anterior cujas mães foram submetidas aos mesmos tratamentos deste trabalho por um período de quatro anos. Os animais foram distribuídos ao acaso em quatro piquetes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu de aproximadamente 10 ha cada, totalizando quatro animais por piquete. Os piquetes receberam adubação com N-P-K e microelementos (Mo, Cu, B) dois anos antes do experimento. Em cada piquete já se encontravam quatro bezerros provenientes de outro experimento em que tam-

bém se utilizaram os mesmos tratamentos. A duração do período experimental foi de doze meses, com início em fevereiro de 2003 e término em fevereiro de 2004.

Formulou-se a mistura mineral para pasto de médio nível nutricional, produzida na própria fazenda, fornecendo os seguintes níveis suplementação/dia: cálcio=1040 g; fósforo=800 g; sódio=1000 g; cobre=10 mg; cobalto=0,2 mg; iodo=0,5 mg; selênio=0,2 mg. As fontes dos minerais foram o fosfato bicálcico, o cloreto de sódio, o sulfato de cobre, o sulfato de cobalto, o iodato de potássio e o selenito de sódio. A variação dos níveis de suplementação de zinco foi o que diferiu os tratamentos, como se segue: Zn-0 (sem fonte de zinco), Zn-30FO (30 mg de zinco fonte orgânica), Zn-30FI (30 mg de zinco fonte inorgânica) e Zn-60FI (60 mg de zinco fonte inorgânica). A fonte orgânica de zinco foi o zinco-lisina-metionina e a inorgânica, o sulfato de zinco. Ofereceram-se as misturas minerais em cochos cobertos e forneceu-se água *ad libitum* em bebedouro comum aos quatro piquetes.

Colheram-se três subamostras da forrageira de cada piquete manualmente, simulando o pastejo, a intervalos de três meses utilizando um quadrado de 1m x 1m. As amostras foram pré-secas a 65°C em estufa de ventilação forçada e moídas em peneira de 1 mm de diâmetro para posteriores análises. Efetuaram-se as análises dos teores dos macroelementos Ca, Mg, P, K e Na e dos microelementos Mn, Zn, Cu e Fe em espectrofotômetro de absorção atômica. Por meio de espectrofotometria reflexiva com infravermelho proximal (NIRS), mediram-se os teores de matéria orgânica (MO), de proteína bruta (PB), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA), de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), de lignina em ácido sulfúrico (Lig Sul), de lignina em permanganato de potássio (Lig Perm), de celulose (Cel) e de sílica (Sil).

O consumo da mistura mineral foi medido semanalmente pela diferença entre o fornecido e a sobra no cocho. Como havia duas categorias animais juntas em cada piquete (tourinhos e bezerras), primeiramente calcularam-se o nú-

mero de unidade animal (UA) total, o consumo em função desse total de UA e posteriormente o número de UA de touros, para então se estimar o consumo de gramas de mistura mineral /touro/dia.

Os animais foram pesados quinzenalmente em balança eletrônica, sempre na parte da manhã e sem jejum e procedeu-se a colheitas de amostras de sangue e de sêmen.

As amostras de sangue eram colhidas quinzenalmente via jugular, em frascos contendo heparina e logo após centrifugadas a 4.500 r.p.m. por vinte minutos para separação do plasma, armazenadas a -20°C para posteriores análises de Zn em espectrofotômetro de absorção atômica (0,8 seg., comprimento de onda de 213,7 nm).

O sêmen foi colhido por eletro-ejaculação, sendo analisados os seguintes parâmetros: porcentagem (%) de motilidade (MOT) e vigor (VIG) de 0-5 em lâmina e lamínula sob microscopia de campo claro, imediatamente após a colheita. Analisaram-se amostras diluídas em formol-salino tamponado 1% no mesmo dia em microscopia de contraste de fases (preparações úmidas, 1000x) para morfologia espermática. Assim, se determinava o percentual em 100 células/lâmina de espermatozoides morfologicamente normais, para defeitos de cabeça (piriforme, cratera, subdesenvolvido, micro e macrocefálico e contorno irregular), defeitos de acrossomo (granular, vesiculoso, destacado e dobrado), defeitos de peça intermediária (fraturada, dobrada, hipoplásica, engrossada e desnuda), gota citoplasmática proximal, defeitos de cauda (fortemente dobrada, retro-axial), e cabeças isoladas normais (contorno e forma normais).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Na análise para consumo de sal e ganho de peso, utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = é a observação j referente ao tratamento i ;

μ = é a constante geral;

T_i = é o efeito do tratamento i , $i = 1, \dots, 4$;

e_{ij} = é o erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

As variáveis estudadas foram avaliadas por meio de análise de variância, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 1997). Para comparar as médias das variáveis, e verificar o efeito da suplementação, utilizou-se o teste Tukey em nível de 5%.

Para as variáveis seminais foi utilizado o modelo EEG (Estimativa de Equações Generalizadas), uma extensão do modelo linear

generalizado que permite modelar a covariância entre as medidas categóricas repetidas no tempo (HARDIN & HILBE, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de macro e microminerais, bem como a composição químico-bromatológica dos piquetes de *Brachiaria brizantha* nos períodos seco (de abril a setembro) e chuvoso (de outubro a fevereiro) são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1. Composição mineral e teores de matéria orgânica (MO), de proteína bruta (PB), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), lignina insolúvel em ácido sulfúrico (Lig Sul), lignina insolúvel em permanganato de potássio (LigPerm), celulose (Cel), sílica (Sil) dos piquetes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nos períodos seco e chuvoso durante o experimento (%MS)

Avaliação	Tratamento (<i>Treatment</i>)							
	Zn-0		Zn-30FO		Zn-30FI		Zn-60FI	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Ca (g/Kg)	0,57	0,56	0,57	0,47	0,67	0,67	0,68	0,51
Mg (g/Kg)	0,53	0,65	0,5	0,54	0,59	0,65	0,63	0,65
P (g/Kg)	0,15	0,16	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16
K (g/Kg)	0,77	0,83	1,08	0,84	0,82	0,77	0,8	0,77
Na (mg/Kg)	45,93	39,36	43,14	33,88	60,36	28,98	55,7	32,69
Fe (mg/Kg)	537,28	378,99	599,02	1063,78	583,42	833,15	501,58	386,86
Mn (mg/Kg)	130,46	120,3	128,2	120,03	163,72	183,88	181,34	125,6
Zn (mg/Kg)	13,64	16,33	12,22	15,55	13,15	18,34	12,85	15,94
Cu (mg/Kg)	4,61	4,59	4,34	5,28	4,1	4,95	4,26	4,72
MO (%)	88,4	89,47	88,17	89,39	88,52	89,63	88,31	89,3
PB (%)	6,79	7,69	6,45	7,92	6,41	7,99	6,85	7,91
FDN (%)	70,55	69,76	71,92	69,64	72,02	68,8	70,76	69,66
FDA (%)	36,71	36,55	36,44	35,01	37,34	35,09	36,78	35,62
DIVMO (%)	52,21	54,24	51,37	55,45	50,48	54,76	50,84	55,51
Lig Sul (%)	2,99	2,62	2,53	2,49	2,89	2,37	3,08	2,41
Lig Perm (%)	8,19	7,78	8,62	7,4	8,34	7,53	7,89	7,54
Cel	22,93	23,56	22,07	22,75	22,95	22,95	23,07	22,71
Sil	6,07	6,16	6,55	6,2	6,13	5,86	6,17	6,43

Em relação às exigências nutricionais (NRC, 1996) para a categoria animal em estudo, os resultados foram baixos somente para o sódio (Na) nos piquetes, tanto no período seco quanto no chuvoso. Os altos teores de ferro (Fe) e manganês (Mn) refletem a acidez característica dos solos de cerrado. Os teores de Zn variaram de 12,22 mg/kg a 18,34 mg/kg, em média, quantidades que não suprem a recomendação do NRC (1996), que é de 30 mg/kg. O valor nutritivo da

fornageira foi ligeiramente superior no período chuvoso do que no seco, por causa de maiores valores de PB e DIVMO e menores valores de FDN, FDA, Lig Sulf, Lig Perm e Sil. A pequena diferença observada entre valores das épocas seca e chuvosa foi devida ao tipo de amostragem obtida por simulação de pastejo, a qual inclui as partes da forrageira selecionadas pelos animais (folhas e hastes verdes). Esses valores são capazes de proporcionar ganhos caso ocorra rendimento

de matéria seca da pastagem (disponibilidade de pasto) e taxa de lotação adequada para permitir que os animais tenham chance de seleção.

Verifica-se na Figura 1 que os teores de zinco apresentam variação sazonal, com valores mais elevados no período chuvoso do que no seco, possivelmente em decorrência de maior produção de folhas nesta época.

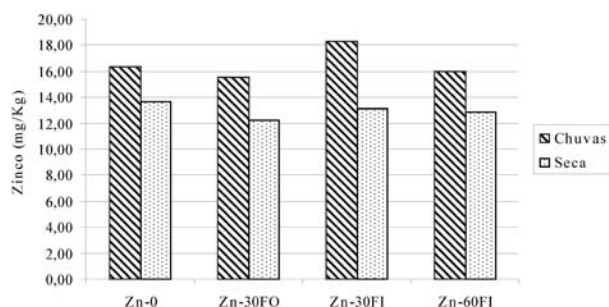


FIGURA 1. Teores de zinco em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no período experimental

Os resultados encontrados sugerem a possibilidade de se formular misturas minerais com teores diferenciados de zinco, de acordo com a época do ano, como já é feito com o cálcio e o fósforo.

Foi detectada diferença estatística entre tratamentos para o consumo de mistura mineral (Tabela 2).

O consumo do Zn-0 foi significativamente maior ($P < 0,05$) do que o do Zn-30FO, Zn-30FI

e Zn-60FI. Não houve diferença significativa entre o consumo da fonte orgânica e da inorgânica com 30 mg de Zn /Kg. Os animais do Zn-60FI foram os que menos consumiram mistura mineral.

Não se encontraram informações na literatura que relacionassem fontes e teores de zinco ao consumo de mistura mineral para bovinos sob pastejo. O maior consumo verificado para os animais do tratamento Zn-0 pode estar relacionado a uma busca, em nível fisiológico, pelo mineral que está faltando. Considerando a boa disponibilidade de cálcio e fósforo na suplementação, além de uma relativa qualidade de proteína e energia no pasto, mesmo com concentrações subdeficiente de zinco (13,64 mg/Kg e 16,33 mg/Kg nos períodos seco e chuvoso, respectivamente), provavelmente existiu a emergência para os hormônios anabólicos e catabólicos, assim o sistema homeostático buscou o equilíbrio, induzindo o maior consumo da mistura mineral sem zinco, para de alguma forma atender à demanda. Da mesma forma, os animais que receberam mais zinco na mistura mineral (Zn-60FI), atenderam mais rapidamente à demanda fisiológica, só que consumindo menos dessa mistura. Segundo UNDERWOOD (1981), os organismos possuem mecanismos homeostáticos que podem manter a concentração dos microelementos em seus lugares de ação, dentro do estreito limite fisiológico, apesar de excesso ou carência do elemento na dieta.

TABELA 2. Médias de consumo de mistura mineral (MCMM), peso vivo inicial (PVi), peso vivo final (PVf), ganho de peso (GP) e ganho médio diário (GMD) dos tourinhos no período experimental

	Zn-0	Zn-30FO	Zn-30FI	Zn-60FI
MCMM (g)	107,54 ± 12,68 a	83,09 ± 7,07 ab	80,99 ± 9,31 ab	73,08 ± 10,90 b
PVi (Kg)	368,50 a	366,50 a	360,50 a	357,00 a
PVf (Kg)	510,00 a	510,00 a	504,25 a	506,50 a
GP (Kg)	141,50 a	143,50 a	143,75 a	149,50 a
GMD (g/d)	396,36 a	401,96 a	402,66 a	418,77 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

Com base nos dados de consumo de mistura mineral e nos 2,2% de peso vivo (PV) que se espera de consumo de matéria seca para tourinhos em crescimento, estimou-se o consumo esperado de Zn de cada tratamento nos períodos seco e chuvoso. Para os animais do Zn-0, o consumo total de zinco, proveniente somente da forrageira, foi estimado em 0,12g/dia no período seco e 0,17g/dia no chuvoso. Para os animais do Zn-30FO, os valores encontrados foram 0,46 e 0,51g/dia, para período seco e chuvoso, respectivamente, e para os animais do Zn-30FI, 0,47 g/dia e 0,59g/dia. Já os animais do Zn-60FI consumiram 0,53 g de Zn/dia no período seco e 0,97 g de Zn/dia no período chuvoso.

A Tabela 2 também mostra o peso vivo inicial (PVi), peso vivo final (PVf), ganho de peso (GP) e ganho médio diário (GMD) dos tourinhos no período experimental.

Não foi encontrada diferença significativa ($P>0,05$) para PVi, PVf, GP e GMD entre os animais não suplementados e suplementados com zinco na mistura mineral, tampouco entre fontes e níveis de suplementação.

Durante todo o período experimental, os tourinhos ganharam peso, com exceção do intervalo entre os meses de julho de 2003 e agosto de 2003, no qual os animais perderam peso por causa da menor disponibilidade de forrageira ocasionada pela falta de chuva no período. A baixa precipitação pluviométrica ocorrida no mês de janeiro de 2004 (choveu somente nove dias no mês inteiro) diminuiu a disponibilidade de pasto para os animais, refletindo uma perda de peso em fevereiro de 2004.

Os animais submetidos aos diferentes tratamentos responderam igualmente em ganho de peso, saindo do experimento em fevereiro de 2004 pesando aproximadamente 500 kg. Os animais submetidos ao tratamento Zn-0 na mistura mineral provavelmente tiveram desempenho semelhante aos dos outros tratamentos, pois, embora as concentrações de zinco na forrageira fossem subdeficientes, não foram inferiores a 50% das exigências nutricionais para ganho de peso e os outros ingredientes que atuam no metabolismo energético estavam adequados. Além

disso, os teores de MO e PB da forrageira, que são importantes para esse processo, em função da lotação (que não chegou a 1UA/ha durante todo o experimento), supriram as exigências da categoria. Assim, deduz-se que o zinco consumido da forrageira possivelmente foi eficientemente absorvido e metabolizado pelos animais no sentido de manter a homeostase do elemento na fisiologia do animal através do aumento na absorção e da diminuição das perdas endógenas (MILLER, 1969).

MALCOM-CALLIS et al. (2000) não encontraram diferença significativa ($P>0,05$) ao avaliarem o ganho de peso de novilhos confinados com níveis crescentes (20, 100 ou 200 mg de zinco/Kg) sob a forma de $ZnSO_4$ na suplementação dos animais. Também não foram encontradas diferenças no ganho de peso quando os autores compararam a utilização de $ZnSO_4$, complexo comercial Zn-aminoácido e complexo comercial Zn-polissacarídeo na terminação de novilhas confinadas. Também KESSLER et al. (2002) não verificaram diferenças no ganho de peso de touros confinados ao avaliarem o efeito de quatro tratamentos, um com zinco proveniente de fonte inorgânica (ZnO), dois com zinco quelatado (Zn-proteinado e Zn-polissacarídeo), além de um tratamento controle sem zinco. Embora esses autores tenham utilizado categorias animais e condições experimentais diferentes, seus resultados foram semelhantes aos do experimento aqui relatado.

No entanto, SPEARS (1989) comparou o efeito de duas fontes (Zn-Met e ZnO) sobre o ganho de peso de novilhas em crescimento e observou que, ao alimentá-las com uma dieta de silagem de grãos de milho que continha 24 mg de Zn/Kg (grupo-controle) ou com a dieta basal suplementada com 25 mgZn/Kg de zinco proveniente de Zn-Met ou de ZnO, o ganho de peso das novilhas-controle e daquelas que receberam o zinco na forma de óxido não diferiram estatisticamente ($P>0,05$), mas as novilhas que receberam Zn-Met tiveram um ganho de peso 8,1% maior do que as do grupo-controle num período experimental de 126 dias. Esses resultados diferem dos relatados no presente experimento.

Os teores de Zn no plasma sanguíneo sofreram variações entre os tratamentos durante todo o período experimental (Figura 2).

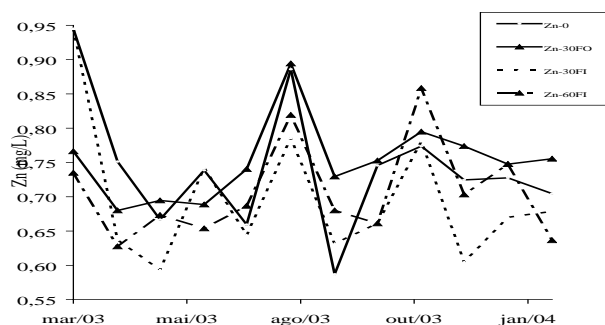


FIGURA 2. Teores mensais de zinco no plasma sanguíneo de tourinhos Nelore recebendo diferentes fontes e concentrações de zinco na mistura mineral (mg/L)

A menor média encontrada foi de 0,59 mg/L e a maior, de 0,94 mg/L. Segundo MILLS et al. (1967), no caso de animais criados extensivamente como os deste experimento, existe uma faixa de valores do zinco plasmático, estimada como marginal, de 0,40 a 0,60 mg/L. Como se observa na Figura 2, em todos os tratamentos os teores plasmáticos de zinco estão dentro da normalidade. A detecção da deficiência de zinco é muito difícil. Muitos fatores (infecção, febre, etc), além da deficiência de Zn, afetam os indicadores utilizados, especialmente Zn plasmático, que até o momento é melhor indicativo do *status* de zinco conhecido, por induzirem o seqüestro de Zn pela metalotioneína (proteína específica para transporte plasmático do zinco) para os tecidos (GRAHAM, 1991; O'DELL, 1996; WHO, 1996).

Se em todos os tratamentos os níveis plasmáticos de zinco estavam acima de 0,59 mg/L, pode-se concluir que mesmo os animais sem suplementação (Zn-0) mantiveram níveis plasmáticos dentro da normalidade consumindo somente o zinco da forrageira.

Os resultados dos exames andrológicos são apresentados no Anexo 1.

A porcentagem de espermatozoides morfológicamente normais não diferiu significativa-

mente ($P>0,05$) entre tratamentos, como pode ser observado na Tabela 3.

Não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) entre tratamentos para os defeitos de acrossomo, cauda e cabeças isoladas normais (Tabela 3).

TABELA 3. Análise das variáveis exploratórias, com as estatísticas de Wald para espermatozoides morfológicamente normais (NORM) defeitos de acrossomo (ACR), cauda (CAU) e cabeça isolada normal (CIN) em tourinhos Nelore recebendo diferentes fontes e concentrações de Zn na mistura mineral

	Contraste	Qui-quadrado	P>Qui-quadrado
NORM	(Zn-0) x (Zn-30FO)	2,15	0,1425
	(Zn-0) x (Zn-30FI)	0,67	0,4123
	(Zn-0) x (Zn-60FI)	3,01	0,0829
	(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	0,61	0,4334
	(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	1,31	0,2515
	(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	0,73	0,3929
	(Zn-0) x (Zn-30FO)	0,23	0,6322
ACR	(Zn-0) x (Zn-30FI)	0,15	0,7008
	(Zn-0) x (Zn-60FI)	0,19	0,6619
	(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	1,15	0,2825
	(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	0,00	0,9584
	(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	1,44	0,2306
CAU	(Zn-0) x (Zn-30FO)	1,98	0,1592
	(Zn-0) x (Zn-30FI)	0,33	0,5656
	(Zn-0) x (Zn-60FI)	1,92	0,1663
	(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	0,55	0,4587
	(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	0,53	0,4676
	(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	0,00	0,9971
CIN	(Zn-0) x (Zn-30FO)	0,61	0,4336
	(Zn-0) x (Zn-30FI)	0,24	0,6240
	(Zn-0) x (Zn-60FI)	0,07	0,7884
	(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	0,06	0,8066
	(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	0,12	0,7244
	(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	0,59	0,4431

Porém detectaram-se variações importantes quanto à motilidade e ao vigor de espermatozoides dos animais do tratamento Zn-0. Os espermatozoides desse grupo de animais apresentaram menor % de motilidade e menor vigor em relação aos grupos suplementados com diferentes fontes e níveis de zinco (Tabela 4).

TABELA 4. Análise das variáveis exploratórias, com as estatísticas de Wald e razão de chances para motilidade (MOT) e vigor (VIG) espermáticos em tourinhos Nelore recebendo diferentes fontes e concentrações de Zn na mistura mineral

	Contraste	Qui-quadrado	P>Qui-quadrado	Estimativa	Razão de chances	Erro-padrão
MOT	(Zn-0) x (Zn-30FO)	7,68	0,0056 *	1,43	4,20	0,51
	(Zn-0) x (Zn-30FI)	8,15	0,0043*	1,39	4,03	0,48
	(Zn-0) x (Zn-60FI)	11,14	0,0008*	1,76	5,84	0,52
	(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	0,01	0,9131	-0,04	0,95	0,37
	(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	0,94	0,3325	0,37	1,44	0,38
	(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	0,70	0,4044	0,32	1,38	0,39
	(Zn-0) x (Zn-30FO)	7,30	0,0069 *	1,51	4,56	0,56
VIG	(Zn-0) x (Zn-30FI)	7,48	0,0062 *	1,63	5,11	0,59
	(Zn-0) x (Zn-60FI)	11,39	0,0007 *	1,97	7,19	0,58
	(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	0,09	0,7596	0,11	1,12	0,37
	(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	0,80	0,3709	0,34	1,40	0,38
	(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	2,14	0,1439	0,45	1,57	0,31

* significativo em nível de 5% de probabilidade

Ao se observar o contraste (Zn-30FO x Zn-30FI), nota-se que não houve diferença significativa entre fontes (orgânica x inorgânica) fornecidas nas mesmas quantidades (30 mg) na motilidade e no vigor dos espermatozóides.

A Tabela 4 mostra, ainda, a razão de chances dos espermatozóides do Zn-0 serem menos móveis e vigorosos que os dos outros tratamentos. Comparando os tratamentos contendo Zn com o ausente no elemento, observa-se, pelas razões de chances, que os espermatozóides que receberam Zn-30FO e Zn-30FI têm 4,20 e 4,03 mais chances de terem maior motilidade do que os do Zn-0, e os do Zn-60FI, 5,84 mais chances

de maior motilidade que os do Zn-0. Da mesma forma, observa-se que os espermatozóides do Zn-30FO têm 4,56 mais chances de serem mais vigorosos que os do Zn-0, assim como os do Zn-30FI possuem 5,11 mais chances e os do Zn-60FI, 7,19 vezes de serem mais vigorosos do que o tratamento sem zinco.

Para os defeitos de cabeça, encontraram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos Zn-30FI e Zn-60FI, além de diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) entre os tratamentos Zn-0 e Zn-60FI, como se observa na Tabela 5.

TABELA 5. Tabela de análise das variáveis exploratórias, com as estatísticas de Wald e estimativas de contraste para defeitos de cabeça (CAB) em tourinhos Nelore recebendo diferentes fontes e concentrações de Zn na mistura mineral

Contraste	Qui-quadrado	P>Qui-quadrado	Estimativa	Razão de chances	Erro-padrão
(Zn-0) x (Zn-30FO)	1,86	0,1700	0,14	1,15	0,10
(Zn-0) x (Zn-30FI)	0,76	0,3800	0,09	1,10	0,11
(Zn-0) x (Zn-60FI)	72,72	< 0,0001 *	0,33	1,39	0,03
(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	0,08	0,7700	-0,04	0,95	0,14
(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	4,55	0,0300 *	0,23	1,26	0,11
(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	3,58	0,0584	0,19	1,21	0,10

* significativo em nível de 5% de probabilidade

Para defeitos de cabeça, o tipo de fonte (orgânica x inorgânica) também não influenciou a característica ($P>0,05$), como pode ser observado no contraste (Zn-30FO x Zn-30FI), mas o aumento da quantidade de zinco fornecido sob a forma inorgânica, sim (Zn-30FI x Zn-60FI). Ao se observar a razão de chances na Tabela 5, nota-se que o Zn-60FI foi mais eficiente que o Zn-0, pois tem 1,39 vezes menos chances de apresentar defeitos de cabeça em relação ao último. Já entre Zn-60FI e Zn-30FI, o primeiro também é mais eficiente, pois tem 1,26 menos chances de apresentar defeitos de cabeça do que o segundo. Isso evidencia que animais não suplementados

com zinco na mistura mineral possuem mais chances de apresentarem defeitos de cabeça nos espermatozoides, do que quando suplementados com níveis mais elevados de zinco (60 mg Zn/Kg de mistura mineral). Também sugere que animais suplementados com 30 mg Zn/Kg de mistura mineral têm mais chances de apresentar defeitos de cabeça nos espermatozoides, do que quando suplementados com 60 mg/Kg de zinco de fonte inorgânica.

As análises para defeitos na peça intermediária (PI) dos espermatozoides estão apresentadas na Tabela 6.

TABELA 6. Análise das variáveis exploratórias, com as estatísticas de Wald e estimativas de contraste para defeitos de peça intermediária (PI) em tourinhos Nelore recebendo diferentes fontes e concentrações de Zn na mistura mineral

Contraste	Qui-quadrado	P>Qui-quadrado	Estimativa	Razão de chances	Erro-padrão
(Zn-0) x (Zn-30FO)	14,26	0,0002 *	1,08	2,95	0,28
(Zn-0) x (Zn-30FI)	3,43	0,0642	0,53	1,71	0,29
(Zn-0) x (Zn-60FI)	11,66	0,0006 *	0,97	2,65	0,28
(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	26,82	< 0,0001 *	-0,54	0,58	0,10
(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	18,06	< 0,0001 *	0,43	1,55	0,10
(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	1,35	0,2457	-0,10	0,89	0,09

* significativo em nível de 5% de probabilidade

Só não foram detectadas diferenças ($P>0,05$) entre o não-fornecimento de zinco e o fornecimento de 30 mg/Kg (Zn-0 x Zn-30FI) e entre fornecer 30 mg de Zn de fonte orgânica/Kg mistura mineral e 60 mg de Zn de fonte inorgânica/Kg mistura mineral, ou seja, o contraste (Zn-30FO x Zn-60FI).

A razão de chances da Tabela 6 mostra que o tratamento sem zinco tem 2,95 vezes mais chances de apresentar defeitos de PI em relação ao tratamento com 30ppm de zinco na fonte orgânica e que este, por sua vez, tem alguma chance (0,58) de apresentar menos defeitos de PI em relação ao tratamento contendo 60ppm de zinco. O Zn-60FI possui 1,55 vezes menos chance de apresentar defeitos de PI em relação ao Zn-30FI e, em relação ao Zn-0, as chances são 2,65 vezes menores.

No caso dos defeitos de PI, há indícios de que a suplementação com 30mg de Zn orgânico, assim como a suplementação com 60mg de Zn inorgânico, diminui as chances dos animais apresentarem defeitos, comparado com ausência de suplementação do mineral. Embora a chance dos animais suplementados com Zn-30FO que não apresentarem defeitos de PI tenha sido pequena (0,58 vezes) em relação aos animais suplementados com Zn-30FI, os resultados mostraram que essa diferença é bastante significativa (Tabela 6). Porém o aumento de zinco do tratamento Zn-60FI também foi eficiente em prevenir o aparecimento de defeitos de PI, com chances de 2,65 vezes e, por ter custo menos elevado que a fonte orgânica, pode ser uma boa alternativa de mudança na suplementação.

Para a característica gota citoplasmática

proximal (GCP), os resultados da comparação dos contrastes estão apresentados na Tabela 7.

Observa-se que houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre as comparações dos tratamentos com zinco (Zn-30FO, Zn-30FI e Zn-60FI) e o tratamento sem zinco (Zn-0). Ao

comparar o tipo de fonte fornecida a 30 mg Zn/Kg (Zn-30FO x Zn-30FI) não se observou efeito significativo ($P > 0,05$), porém quando o nível de zinco foi elevado de 30mg (Zn-30FI) para 60mg/Kg (Zn-60FI), a diferença foi significativa ($P < 0,05$).

TABELA 7. Análise das variáveis exploratórias, com as estatísticas de Wald e estimativas de contraste para gota citoplasmática proximal (GCP) em tourinhos Nelore recebendo diferentes fontes e concentrações de Zn na mistura mineral

Contraste	Qui-quadrado	P>Qui-quadrado	Estimativa	Razão de chances	Erro-padrão
(Zn-0) x (Zn-30FO)	5,42	0,0199 *	1,35	3,86	0,58
(Zn-0) x (Zn-30FI)	6,96	0,0083 *	1,41	4,09	0,53
(Zn-0) x (Zn-60FI)	25,19	<0,0001*	2,35	10,50	0,46
(Zn-30FO) x (Zn-30FI)	0,01	0,9079	0,05	1,05	0,49
(Zn-30FI) x (Zn-60FI)	6,44	0,0112 *	0,94	2,56	0,37
(Zn-30FO) x (Zn-60FI)	5,54	0,0185 *	0,99	2,71	0,42

* significativo em nível de 5% de probabilidade

O tratamento Zn-0 se mostrou mais suscetível em apresentar defeitos de GCP, chegando a ter 10,50 vezes mais chances que o Zn-60FI, além de 4,09 mais que o Zn-30FI e 3,86 vezes mais que o Zn-30FO. Quando se elevou o conteúdo de zinco de 30mg (Zn-30FI) para 60mg/Kg (Zn-60FI), diminuiu-se a chance de apresentar defeito em 2,56 vezes. Esses resultados evidenciam a importância de uma suplementação adicional de zinco para prevenir defeito de GCP nos espermatozoides.

Em estudo realizado na Universidade da Flórida (RANGE CATTLE, 2002), comparou-se o efeito de três diferentes suplementações de zinco sobre a qualidade do sêmen de 167 touros Angus em um período de 126 dias. Na comparação entre 40 ppm de sulfato de zinco, 40 ppm de uma mistura de sulfato de zinco e zinco-proteinado, e 60 ppm de sulfato de zinco na suplementação mineral, os autores encontraram maior porcentagem de espermatozoides normais nos ejaculados de touros que receberam a mistura das fontes orgânica e inorgânica do mineral, seguida pelo suplemento que possuía 60 ppm de sulfato de zinco. A menor porcentagem de espermatozoides normais foi encontrada nos ejaculados de touros que receberam 40 ppm de sulfato de zinco.

A morfologia da cabeça espermática tem grande importância na fertilização e na liberação do material genético para o ovócito (FOOTE, 2003), sendo que variações no tamanho, na forma da cabeça e no conteúdo de DNA estão associados à subfertilidade e infertilidade (AUGER & DADOUNE, 1993). Uma vez que o zinco esteja relacionado à integridade estrutural do DNA, por prevenir a ação de enzimas degradantes, sua deficiência pode alterá-lo e, assim, reduzir sua capacidade de fertilização.

A baixa motilidade e a maior predominância de defeitos de peça intermediária nos espermatozoides dos animais do Zn-0 confirmam a importância e provável participação do zinco na composição das fibras densas mitocondriais na peça intermediária do espermatozoide bovino, conforme relato previamente descrito no homem (HENKEL et al., 1999) e sua essencialidade na regulação da atividade energética desses espermatozoides (CHANDLER et al., 2000).

Assim, a baixa disponibilidade de Zn na alimentação desses animais evidenciou as observações de UNDERWOOD (1969) e HIDIROGLOU (1984), de que este elemento está intimamente associado à espermiogênese, e que sua ausência aumenta a frequência de defeitos

de cabeça, peça intermediária e gota citoplasmática proximal. A caracterização desse quadro ao longo da puberdade sugere que as alterações do epitélio seminífero sejam de caráter irreversível e, portanto, indicativo de subfertilidade.

Além disso, os níveis de zinco presentes em diferentes segmentos do epidídimo registrados por HENKEL et al. (2003) dão indícios de que estes também devam ser considerados no estudo das relações entre zinco e função reprodutiva em touros.

Embora as análises da forrageira tenham mostrado valores de zinco abaixo da recomendação do NRC (1996), os animais que não receberam a suplementação de zinco conseguiram assegurar os níveis sanguíneos normais, provavelmente em virtude da homeostase e das baixas taxas de lotação, que lhes permitiram selecionar mais folhas no pastejo. Isso possibilitou que os tourinhos ganhassem peso e mantivessem uma curva de crescimento ascendente em atividades biológicas que exigissem teores de zinco mais baixos. Porém, quando a função reprodutiva, mais exigente no microelemento, foi expressa através das características seminais, os efeitos dos baixos níveis de zinco no tratamento sem suplementação foi evidenciada pela maior frequência de defeitos nos espermatozoides, evidenciando sua importância no sistema reprodutivo de machos.

Já os animais que foram suplementados com zinco na mistura mineral diminuíram as chances de apresentarem defeitos nos espermatozoides, e os melhores resultados obtidos com os animais que receberam 60 mg de Zn/Kg de mistura mineral indicam que uma suplementação adicional de Zn acima das recomendações do NRC (1996) para touros púberes criados em pasto podem garantir sêmen de melhor qualidade.

CONCLUSÕES

O zinco na forma quelatada não apresentou vantagens sob o ponto de vista de desempenho e qualidade de sêmen que justifique seu uso.

A suplementação com 60 mg/Kg representa uma garantia para se obter sêmen de melhor

qualidade em reprodutores mantidos sob pastejo, contribuindo para a obtenção de bons índices de fertilidade dos rebanhos.

AGRADECIMENTOS

À Dr^a. Maria da Graça Morais, à Dr^a. Sheila da Silva Moraes, ao Dr. Carlos Eurico Fernandes, ao Dr. Urbano Gomes Pinto de Abreu, aos campeiros, laboratoristas, funcionários e estagiários da Embrapa Gado de Corte. Agradecimento especial à FUNDECT, pela bolsa de estudos e pelo financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASHMEAD, H.; DeWAYNE. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. **The roles of Amino Acid Chelates in Animal Nutrition**, New Jersey, p. 47-75, 1993.

AUGER, J.; DAUDONE, J. P. The nuclear status of human sperm cells by TEM image cytometry: changes in nuclear shape and chromatin texture during spermiogenesis and epididymal transit. **Biology of Reproduction**, v. 49, p.166-175, 1993.

CAO, J.; HENRY, P. R.; GUO, R.; HOLWERDA, R. A.; TOTH, J. P.; LITTELL, R. C.; MILES, R. D. and AMMERMAN, C. B. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 2039-2054, 2000.

CHANDLER, J. E., HARRISON, C. M.; CANAL, A. M. Spermatozoal methylene blue reduction: an indicator of mitochondrial function and its correlation with motility. **Theriogenology**, v. 54, p. 261-271. 2000.

DENNY, P.; ASHWORTH, A. A zinc finger protein-encoding gene expressed in the post-meiotic phase of spermatogenesis. **Gene**, v. 106, p. 221-227, 1991.

- FOOTE, R. Effect of processing and measuring procedures on estimated sizes of bull sperm heads. **Theriogenology**, v. 59, p.1765-1773, 2003.
- GRAHAM, T. W. Trace element deficiencies in cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 7, p. 153-215, 1991.
- HARDIN, J. W.; HILBE, J. M. **Generalized estimating equations**. Chapman & Hall/ CRC, New York, 2003.
- HENKEL, R., BALDAUF, C.; SCHILL, W-B. Resorption of the element zinc from spermatozoa by the epididymal epithelium. **Reproduction Domestic Animals**, v. 38, p.97-101. 2003.
- HENKEL, R.; BITTNER, J.; WEBER, R.; HÜTHER, F.; MISKA, W. Relevance of zinc in human sperm flagella and its relation to motility. **Fertility and Sterility**, v. 71, n. 6. p. 1138-1143. 1999.
- HIDIROGLOU, M.; KNIPFEL, J. E. Zinc in mammalian sperm. A review. **Journal of Dairy Science**, n.67, p.1147-1156, 1984.
- KESSLER, J.; MOREL, I.; DUFÉY, P.-A.; GUTZWILLER, A.; STERN, A.; GEYER, H. Effect of zinc sources on performance, zinc status and carcass, meat and claw quality in fattening bulls. **Livestock Production Science**, v.81, p. 161-171, 2002.
- MALCOLM-CALLIS, K. J.; DUFF, G. C.; GUNTER, E. B. et al. Effects of supplemental zinc concentration and source on performance, carcass characteristics, and serum values in finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 2801-2808, 2000.
- MILLER, W. J. Absorption, tissue distribution, endogenous excretion and homeostatic control of zinc in ruminants. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Georgia, v. 22, n. 10, p. 1323-1331, 1969.
- MILLS, C. F.; DALGARNO, A.C.; WILLIAMS, R.B.; QUARTEMAN, J. Zinc deficiency and the zinc requirements of calves and lambs. **British Journal of Nutrition**, v. 21, p.751, 1967.
- MORAES, S. S. **Avaliação da deficiência sub-clínica de zinco em vacas de cria e relação com a higidez de seus bezerros**. Comunicado Técnico, n.65, ago. 2001. Disponível em: <<http://www.cnpgc.embrapa.br>>. Acesso em: mar. 2005.
- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. National Academy Press. Washington, D.C.: NRC, 1996.
- O'DELL, B.L. Endpoints for determining mineral element requirements: an introduction. **Journal of Nutrition**, v. 126, n. 9, p. 2342-2344, 1996.
- RANGE CATTLE NEWSLETTER, University of Florida, v. 5, n.3, p. 4-5, oct. 2002. Disponível em: <<http://rrecr-ona.ifas.ufl.edu>> Acesso em: 22 set. 2004.
- SPEARS, J.W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 58, p. 151-163, 1996.
- SPEARS, J.W. Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effects on growth and performance of growing heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, p. 835-843, 1989.
- UNDERWOOD, E. J. Studies of zinc nutrition in sheep. I. The relation of zinc to growth, testicular development and spermatogenesis in young rams. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 20, p. 889, 1969.
- UNDERWOOD, E. **The mineral nutrition of livestock**. London: Academic Press, 1981.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG – Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 7.1. Viçosa, MG, 1997.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Trace elements in human nutrition and health**. Geneva, 1996. 343 p.

ANEXO 1

Médias (m) e desvios-padrões (dp) para características seminais de touros Nelore submetidos aos diferentes tratamentos (Trat) no período experimental

Data	Trat	Mot (%)		Vig (0-5)		Nor (%)		Cab (%)		PI (%)		Acr (%)		GCP (%)		Cau (%)		Cin (%)	
		m	dp	m	dp	m	dp	m	dp	m	dp	m	dp	m	dp	m	dp	m	dp
fev-03	Zn-0	62,5	22,2	3,3	1,0	54,8	15,1	4,5	5,1	15,5	10,6	1,0	1,4	0,5	0,6	24,0	11,5	2,0	1,4
	Zn-30FI	66,7	11,5	3,3	0,6	64,7	13,6	0,7	0,6	3,0	2,0	5,0	8,7	0,0	0,0	25,3	15,5	1,3	1,5
	Zn-30FO	62,5	15,0	3,3	0,5	46,5	19,7	2,5	1,3	6,0	4,3	4,5	3,1	0,0	0,0	15,8	12,9	24,8	27,2
	Zn-60FI	30,0	35,6	1,5	1,7	57,3	23,4	0,8	1,0	6,0	7,8	6,0	7,4	0,3	0,5	18,0	12,8	11,8	17,9
mar-03	Zn-0	45,0	18,5	2,5	1,3	43,3	22,9	1,0	0,9	2,8	3,2	0,4	0,7	0,5	1,4	27,3	17,6	24,9	28,8
	Zn-30FI	66,7	13,7	4,0	1,3	44,2	22,6	0,7	0,8	3,0	4,2	0,2	0,4	0,0	0,0	20,8	15,0	23,2	14,6
	Zn-30FO	73,1	28,4	4,1	1,7	56,5	22,7	0,9	1,4	2,9	3,2	0,5	0,9	0,0	0,0	23,8	9,8	15,0	27,1
	Zn-60FI	67,5	21,9	4,0	1,1	51,1	14,0	0,5	0,8	1,4	1,8	0,5	0,9	0,0	0,0	31,9	11,7	14,6	13,7
abr-03	Zn-0	41,3	18,9	2,3	1,0	64,5	22,0	3,8	3,3	9,4	9,4	1,6	1,9	2,9	2,9	9,9	11,8	6,9	12,2
	Zn-30FI	62,9	16,0	3,4	1,0	74,9	15,4	4,4	1,1	3,9	4,5	0,1	0,4	0,6	0,5	13,1	14,1	1,8	2,6
	Zn-30FO	59,4	34,1	3,6	2,0	83,8	9,6	3,5	2,3	1,9	2,0	1,3	1,4	0,8	1,8	6,6	6,8	1,3	2,2
	Zn-60FI	53,8	35,0	3,1	2,0	74,5	23,5	2,5	2,5	3,5	5,0	0,8	1,2	0,3	0,5	9,9	12,7	8,8	17,0
mai-03	Zn-0	50,0	23,9	2,8	1,0	63,6	17,8	6,5	3,5	11,4	7,4	1,4	2,3	2,3	3,1	10,3	8,6	4,0	8,7
	Zn-30FI	76,3	9,2	4,1	0,8	74,6	13,3	7,0	4,0	8,1	4,7	0,6	0,7	0,4	0,7	8,6	10,3	0,6	1,1
	Zn-30FO	72,5	12,8	4,1	0,8	80,3	13,5	8,0	3,5	3,3	6,1	0,6	0,9	0,1	0,4	5,4	4,2	1,8	4,6
	Zn-60FI	53,1	33,9	2,9	1,9	78,3	11,6	3,8	1,2	4,5	3,1	2,6	3,4	0,1	0,4	9,8	8,5	0,9	1,1
jun-03	Zn-0	51,9	30,7	2,6	1,4	69,4	19,1	6,3	2,8	7,1	6,8	1,6	2,8	1,3	1,3	12,1	15,7	1,3	2,4
	Zn-30FI	66,3	15,1	3,5	0,9	76,4	14,3	3,0	1,5	4,3	3,8	1,6	0,9	0,3	0,7	13,8	12,6	0,6	0,5
	Zn-30FO	42,5	32,0	2,5	1,8	78,8	11,7	5,4	3,4	3,8	3,2	2,6	3,6	0,4	0,5	7,0	4,0	2,0	3,0
	Zn-60FI	55,0	29,3	3,1	1,6	82,8	6,8	5,9	4,9	2,5	2,2	1,9	1,1	0,3	0,5	5,0	2,8	1,6	1,8
jul-03	Zn-0	37,5	30,1	1,8	1,5	61,0	35,0	5,9	4,2	3,3	4,5	1,5	1,5	0,5	0,8	11,0	16,6	4,3	10,8
	Zn-30FI	67,5	17,5	3,9	0,8	65,8	27,3	5,9	4,4	4,5	4,5	1,1	1,6	0,5	0,8	11,6	11,3	9,0	20,4
	Zn-30FO	57,5	34,5	3,1	1,1	62,4	17,2	3,3	1,7	2,5	1,8	6,9	15,9	0,4	0,5	13,6	7,2	11,0	11,0
	Zn-60FI	72,5	24,9	4,4	1,2	77,5	16,7	3,3	4,1	2,5	3,0	1,0	1,1	0,1	0,4	6,9	7,1	8,8	11,6
ago-03	Zn-0	35,0	30,0	2,7	0,6	52,0	18,5	10,3	2,1	16,8	13,6	3,3	3,9	0,8	1,0	14,5	9,4	3,0	4,1
	Zn-30FI	55,0	12,9	2,8	1,0	65,3	20,9	7,5	3,7	5,3	3,2	2,5	1,9	1,5	2,4	8,8	9,1	4,3	5,3
	Zn-30FO	55,0	12,9	3,3	0,5	81,8	6,1	5,5	1,9	1,5	1,3	2,5	2,4	1,8	2,4	5,0	6,2	0,3	0,5
	Zn-60FI	50,0	27,1	3,0	0,8	75,0	19,2	3,0	2,8	7,0	6,8	1,8	2,4	0,0	0,0	6,3	3,9	7,5	13,0
set-03	Zn-0	53,8	25,6	2,9	1,0	62,8	20,4	5,4	2,8	13,5	9,3	1,3	1,0	0,5	0,8	10,1	9,1	6,4	10,6
	Zn-30FI	66,3	11,9	3,4	0,5	71,0	13,4	6,6	4,1	6,8	4,9	2,9	5,4	0,3	0,7	9,4	10,5	2,8	3,3
	Zn-30FO	70,0	10,7	3,5	0,8	86,5	6,9	6,4	4,7	2,0	0,8	1,8	1,7	1,1	1,7	1,4	1,4	0,3	0,5
	Zn-60FI	67,5	8,9	3,4	0,5	78,6	13,9	5,4	3,0	5,1	4,8	1,0	1,2	0,3	0,5	4,8	4,1	4,9	7,9
out-03	Zn-0	61,3	13,6	3,1	0,8	60,8	29,2	4,3	3,6	7,3	7,3	2,4	2,4	2,5	2,5	9,9	9,9	12,4	17,8
	Zn-30FI	67,5	14,9	3,5	0,5	67,6	14,3	5,0	3,9	4,1	1,7	1,1	0,8	0,5	0,8	8,5	11,7	7,9	14,0
	Zn-30FO	68,8	6,4	3,3	0,5	85,9	9,2	5,1	3,4	1,9	1,1	1,3	2,1	0,6	0,7	2,1	3,8	1,0	1,8
	Zn-60FI	71,3	9,9	3,8	0,5	84,3	14,4	4,9	4,1	2,0	1,1	0,6	0,7	0,1	0,4	3,0	4,1	5,1	12,9
nov-03	Zn-0	60,0	0,0	3,0	0,0	79,3	14,4	4,3	0,6	8,0	11,3	2,0	1,7	0,7	0,6	2,7	2,9	2,7	3,8
	Zn-30FI	66,7	5,8	3,3	0,6	78,0	17,3	5,3	2,1	4,7	1,2	1,0	0,0	0,3	0,6	9,0	15,6	0,3	0,6
	Zn-30FO	67,5	5,0	3,5	0,6	85,5	3,4	4,5	3,7	2,5	2,5	0,8	1,0	0,0	0,0	2,0	1,4	1,3	1,0
	Zn-60FI	75,0	5,8	3,8	0,5	76,8	20,3	3,8	3,3	2,3	1,7	0,3	0,5	0,0	0,0	10,0	12,2	6,8	8,8
dez-03	Zn-0	57,5	33,0	3,3	2,4	69,8	30,9	6,5	3,3	6,3	5,0	1,3	1,9	1,5	1,9	12,3	19,3	2,0	2,8
	Zn-30FI	60,0	24,5	4,3	1,0	73,0	25,8	3,8	2,1	3,8	3,0	1,0	0,8	0,5	1,0	11,0	20,7	5,5	6,8
	Zn-30FO	75,0	12,9	4,5	0,6	83,5	7,2	6,3	2,2	3,5	1,7	0,0	0,0	0,5	0,6	2,8	2,2	1,8	2,4
	Zn-60FI	77,5	18,9	4,3	1,0	90,3	4,9	3,8	1,7	1,8	1,7	0,8	1,0	0,5	0,6	2,5	1,3	0,5	1,0
jan-04	Zn-0	57,5	18,9	2,8	0,5	65,3	20,9	9,0	4,8	5,3	3,9	2,5	3,8	2,3	3,3	13,0	19,2	2,8	4,2
	Zn-30FI	67,5	12,6	3,8	1,0	74,0	29,7	5,0	5,1	4,5	2,4	0,5	0,6	0,0	0,0	12,3	20,7	3,3	3,3
	Zn-30FO	67,5	9,6	3,5	0,6	89,0	3,2	4,0	2,2	2,3	1,3	0,5	1,0	0,0	0,0	1,5	1,7	0,8	0,5
	Zn-60FI	72,5	9,6	3,8	0,5	86,8	4,3	3,8	3,9	0,8	1,0	2,5	2,6	0,3	0,5	3,8	2,8	2,3	2,2
fev-04	Zn-0	48,8	30,9	3,4	1,2	76,5	24,1	4,4	2,2	5,1	6,2	1,5	1,2	2,0	3,7	10,0	15,2	0,3	0,5
	Zn-30FI	76,3	17,7	4,5	0,9	79,6	20,8	3,4	2,8	4,0	3,2	0,9	1,5	0,4	1,1	11,0	18,0	0,4	0,5
	Zn-30FO	82,5	8,9	4,5	0,8	80,8	15,6	3,6	1,8	2,6	2,1	1,3	2,2	0,0	0,0	5,4	9,4	3,6	8,3
	Zn-60FI	85,0	7,6	4,9	0,4	84,9	12,6	2,5	1,7	3,1	4,5	1,8	3,2	0,0	0,0	4,6	4,8	3,4	6,0

Protocolado em: 14 jul. 2006. Aceito em: 29 jun. 2007.