

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO E PARÂMETROS ÓSSEOS DE
BOVINOS NELORE SUBMETIDOS OU NÃO À
SUPLEMENTAÇÃO FOSFÓRICA DURANTE O
PERÍODO DE CONFINAMENTO**

Vinícius Carneiro de Souza

Zootecnista

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO E PARÂMETROS ÓSSEOS DE
BOVINOS NELORE SUBMETIDOS OU NÃO À
SUPLEMENTAÇÃO FOSFÓRICA DURANTE O
PERÍODO DE CONFINAMENTO**

Vinícius Carneiro de Souza

Orientadora: Profa. Dra. Telma Teresinha Berchielli

Co-orientador: Dr. Bruno Ramalho Vieira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia (Nutrição e Alimentação Animal).

S729d Souza, Vinícius Carneiro de
Desempenho e parâmetros ósseos de bovinos Nelore submetidos
ou não à suplementação fosfórica durante o período de confinamento
/ Vinícius Carneiro de Souza. – – Jaboticabal, 2016
ix, 64 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientadora: Telma Teresinha Berchielli
Banca examinadora: Pedro Antônio Muniz Malafaia, Izabelle
Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira
Bibliografia

1. Nelore. 2. Suplementação. 3. Fósforo. I. Título. II. Jaboticabal-
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084.5:636.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

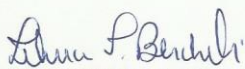
TÍTULO: DESEMPENHO E PARÂMETROS ÓSSEOS DE BOVINOS NELORE SUBMETIDOS
OU NÃO À SUPLEMENTAÇÃO FOSFÓRICA DURANTE O PERÍODO DE
CONFINAMENTO

AUTOR: VINÍCIUS CARNEIRO DE SOUZA

ORIENTADORA: TELMA TERESINHA BERCHIELLI

COORIENTADOR: BRUNO RAMALHO VIEIRA

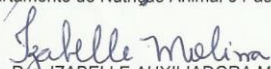
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela
Comissão Examinadora:



Profa. Dra. TELMA TERESINHA BERCHIELLI
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. PEDRO ANTONIO MUNIZ MALAFAIA
Departamento de Nutrição Animal e Pastagens / Instituto de Zootecnia - UFRRJ - Seropédica/RJ



Profa. Dra. IZABELLE AUXILIADORA M. DE ALMEIDA TEIXEIRA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 29 de fevereiro de 2016.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VINÍCIUS CARNEIRO DE SOUZA – Nascido na cidade de Uruaçu - GO, no dia 08 de outubro de 1990, filho de Osvaldo Carneiro de Souza e Joana Darc Arruda de Souza. Em agosto de 2009 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, graduando-se em fevereiro de 2014. Em março de 2014 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de nutrição e alimentação animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Campus de Jaboticabal, sob a orientação da Profa. Dra. Telma Teresinha Berchielli. No período de outubro de 2015 a janeiro de 2016 realizou seu estágio de treinamento no exterior na *The University of Queensland* – Austrália, sob a orientação do Prof. Dennis Poppi. Em 29 de fevereiro de 2016, submeteu-se a defesa da referida dissertação, tendo sido considerado aprovado pela comissão examinadora.

MENSAGEM

“ Muita gente, pela reflexão mental incessante em torno dos recursos amoedados, progride em títulos materiais; entretanto, se não os converte em fatores de enriquecimento geral, cava abismos dourados nos quais se submerge, gastando longo tempo para libertar-se do azinhavre da usura. Legiões de pessoas no século ferem o solo da vida, com anseios repetidos de saliência individual, e adquirem vasto renome na ciência e na religião, nas letras e nas artes; contudo, se não movimentam as suas conquistas no amparo e na educação dos companheiros da senda humana, quase sempre, muito embora fulguem nas galerias da genialidade, sofrem o retorno das ondas mentais de extravagância que emitem, caindo em perigosos labirintos de purgação. ”

Do cap. 19 do livro Pensamento e Vida, de Emmanuel, obra psicografada pelo médium Francisco Cândido Xavier

“Pelo progresso da ciência asseguramos a sustentabilidade da vida na terra, que depende das leis da natureza as quais devemos compreender e respeitar cada vez mais. Devemos agir com honestidade, responsabilidade, bom senso e “pé no chão”...”

Jürgen Döbereiner

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais pelo amor, confiança e exemplo de dedicação para que eu tivesse uma educação de qualidade. E por sempre terem me apoiado nas minhas escolhas profissionais.

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas as quais devo os meus sinceros agradecimentos, pois sem vocês, nas mais diversas formas de contribuição, não seria possível a minha formação.

Aos meus pais pelo amor, confiança e exemplo de dedicação para que eu tivesse o que comer, vestir e uma educação de qualidade.

A minha namorada Mariela Zucolo por trazer momentos de felicidade em minha vida e por seu apoio em todos os momentos.

A professora Telma Teresinha Berchielli pela amizade, confiança e orientação durante o curso de mestrado nesta universidade. Muito obrigado!

Ao professor Pedro Antônio Muniz Malafaia pela orientação, amizade e pelos aconselhamentos na minha vida pessoal e profissional. Seu apoio durante todo o decorrer do curso de mestrado foi fundamental para que esse trabalho pudesse ser concretizado. Sou muito grato por tudo que fizestes por mim.

Ao meu co-orientador Bruno Ramalho Vieira pela orientação, apoio e amizade. Muito obrigado!

Aos professores Dennis Poppi e Karen Harper (The University of Queensland) pelas valiosas sugestões e correções durante a redação deste trabalho.

A Nora Ring por ter me acolhido e me tratado como seu filho durante a minha estadia na Austrália. E por ter sido um verdadeiro exemplo de ser humano, com certeza levarei os seus valores éticos e morais por toda minha vida.

Ao Dr. Rogério Magnoli Costa pelos valiosos aconselhamentos e sugestões durante toda a execução deste trabalho.

A todos os professores desta universidade que contribuíram para a minha formação pessoal e profissional, em especial aos professores Luciano Hauschild, Izabelle Molina, Pedro Malafaia, Ricardo Andrade Reis, Telma Teresinha Berchielli e Euclides Braga Malheiros pelos conhecimentos transmitidos nas suas respectivas disciplinas

Ao Zootecnista Raphael dos Santos Gomes (UENF) pelo auxílio nas análises estatísticas dos dados.

A Yury Tatiana Granja-Salcedo por dividir comigo dias intermináveis durante toda a etapa experimental e por suportar minhas indelicadezas.

Aos técnicos do laboratório Ana Paula Sader, Joice e Senhor Orlando pelo auxílio nas análises, apoio e paciência comigo.

Aos estagiários Laís Lima, Ana Verônica, Carolina Cristina, Lucas Rebelo, Moderno, Giovane e Francisco pela preciosa ajuda na etapa experimental.

À Usina Santa Adélia pelo fornecimento do bagaço de cana para a execução deste experimento.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos, processo FAPESP 2014/08935-1 e pela concessão da Bolsa de Estágio de Pesquisa no Exterior (Processo nº 2015/05377-0).

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	13
3. REFERÊNCIAS	13
CAPÍTULO 2 – SUPLEMENTAÇÃO FOSFÓRICA NÃO AFETA O DESEMPENHO, MAS AUMENTA OS CUSTOS DA DIETA E A EXCREÇÃO FECAL POR NOVILHOS NELORE EM CONFINAMENTO NAS CONDIÇÕES BRASILEIRAS	22
RESUMO	22
1. INTRODUÇÃO	22
2. Material e Métodos.....	24
2.1. Local, animais, manejo e duração do experimento	24
2.2. Delineamento e tratamentos experimentais	25
2.3. Coletas de amostras e análises laboratoriais	27
2.4. Consumo, excreção fecal e urinária de fósforo e digestibilidade aparente da MS..	28
2.5. Desempenho animal, características de carcaça e custos das dietas.....	29
2.6. Análise dos Resultados	29
3. Resultados	30
4. Discussão.....	34
5. Conclusão	38
6. Referências	38
CAPÍTULO 3 – PARÂMETROS SANGUÍNEOS E QUALIDADE ÓSSEA DE BOVINOS NELORES SUBMETIDOS OU NÃO À SUPLEMENTAÇÃO FOSFÓRICA DURANTE O PERÍODO DE CONFINAMENTO	44
RESUMO	44
1. Introdução.....	45
2. Materiais e Métodos	46
2.1. Local, animais, manejo e duração do experimento	46
2.2. Delineamento e tratamentos experimentais	47
2.3. Coleta de amostras e análises laboratoriais	49
2.4. Parâmetros de qualidade óssea	51
2.5. Análises estatísticas	54
3. Resultados	54
4. Discussão.....	58
5. Conclusão	62
6. Referências	62

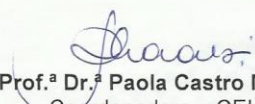
APÊNDICE - Implicações da utilização do fósforo em bovinos de corte confinados no Brasil.....	67
---	----

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 7741/14 do trabalho de pesquisa intitulado **"Balanço nutricional, desempenho, parâmetros ósseos, aspecto econômico e qualidade da carne de bovinos Nelore submetidos ou não à suplementação fosfórica durante o período de confinamento"**, sob a responsabilidade da Prof.^a Dr.^a Telma Teresinha Berchielli está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 07 de julho de 2014.

Jaboticabal, 07 de julho de 2014.



Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

DESEMPENHO E PARÂMETROS ÓSSEOS DE BOVINOS NELORE SUBMETIDOS OU NÃO À SUPLEMENTAÇÃO FOSFÓRICA DURANTE O PERÍODO DE CONFINAMENTO

RESUMO - Este estudo avaliou o efeito da suplementação fosfórica (SP) sobre o consumo de nutrientes, desempenho, parâmetros ósseos, qualidade de carne e a utilização do fósforo (P) por bovinos Nelores, durante o período de confinamento. Para tanto, utilizou-se 42 novilhos com peso médio inicial de 296 ± 25 kg distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 14 repetições. A dieta era formada por bagaço de cana (200g/kg na MS) e concentrado (800g/kg na MS). Os tratamentos dietéticos foram: sem a adição de P suplementar (T_1), núcleo mineral comercial (T_2) e fosfato bicálcico (T_3). Os teores percentuais de P na MS foram 0,24; 0,42 e 0,50, respectivamente. Foram avaliados os consumos de MS, PB, FDN, Ca, P e Mg, bem como a absorção aparente, retenção, excreção fecal e urinária de P, o desempenho animal e as características da carcaça. As avaliações da qualidade óssea consistiram na determinação da composição química óssea, densidade mineral óssea (DMO) e densidade em água (DA), além dos valores séricos de cálcio (Ca), P, magnésio (Mg), paratormônio (PTH), fosfatase alcalina (FA) e a concentração de P na saliva e no líquido ruminal. Os consumos de MS, PB e FDN foram similares entre os grupos que receberam ou não a SP ($P > 0,05$). As ingestões de Ca e Mg foram superiores nos tratamentos em que se adicionou o núcleo comercial ou o fosfato bicálcico ($P < 0,05$). O consumo, a retenção e a excreção de P foram influenciados pelo aumento do teor de P nas dietas experimentais ($P < 0,05$). O desempenho e as características de carcaça não foram afetados pelo teor de P na dieta ($P > 0,05$). A suplementação com P aumentou significativamente a excreção de P através das fezes e da urina e os custos da dieta. Os animais submetidos ou não à suplementação fosfórica, tiveram teores de Ca, relação Ca:P e DMO da 12^a costela semelhantes ($P > 0,05$). No entanto, os animais dos tratamentos T_1 e T_3 tiveram redução dos teores de magnésio nas costelas ao longo do estudo ($P < 0,05$). Os animais do tratamento sem fósforo suplementar tiveram menor espessura da cortical dos metacarpos ($P < 0,05$), sem comprometer a sua resistência e rigidez ($P > 0,05$). Durante todo o período experimental, nenhum

animal foi positivo no teste da agulha realizado nos processos transversos das vértebras lombares. Não houve efeito da suplementação fosfórica sobre a concentração de Ca e P no soro dos animais ($P>0,05$). Porém, a inclusão de núcleo mineral no tratamento T₂ resultou em maior concentração de Mg no soro ($P>0,05$). A suplementação fosfórica alterou de forma significativa os níveis de paratormônio (PTH) e fosfatase alcalina (FA) no soro ($P<0,05$) e os animais do tratamento T₁ tiveram as menores concentrações circulantes destes hormônios. Nas condições brasileiras, bovinos confinados ingerindo elevadas quantidades de concentrados não necessitam de suplementação com P e o teor de P (0,24 % na MS), utilizado no tratamento sem P suplementar foi suficiente para atender as exigências dietéticas dos animais. Menores teores de P podem até serem adequados, mas não foram testados neste estudo. A suplementação com P aumentou consideravelmente a excreção de P através das fezes e urina e os custos com alimentação dos animais.

Palavras-chaves: carcaça, fósforo, Nelore, qualidade óssea, suplementação

PERFORMANCE AND BONE PARAMETERS OF NELLORE CATTLE SUBMITTED OR NOT TO PHOSPHORUS SUPPLEMENTATION DURING THE FEEDLOT PERIOD

ABSTRACT - The present study was conducted to evaluate the effect of phosphorus supplementation (PS) on nutrient intake, performance and phosphorus (P) utilization by Nellore steers in a feedlot. Forty-two animals with an initial body weight of 296 ± 25 kg were distributed in a completely randomized design consisting of 3 treatments and 14 replicates. The diet on a DM basis was comprised of sugarcane bagasse (200 g/kg) plus concentrate (800 g/kg). The treatments were without supplementary P (T_1), commercial mineral supplement specific for feedlot cattle (T_2) and dicalcium phosphate (T_3) with 0.24, 0.42 or 0.50 % P, respectively. The DM, CP and NDF intakes were similar between the groups with or without the PS ($P > 0.05$). The highest intakes of Ca and Mg were observed in the treatments with commercial mineral supplement or dicalcium phosphate. Intake, retention and excretion of P were influenced by the increase in P content in the experimental diets ($P < 0.05$). Performance and carcass characteristics were not affected by P content in the diet ($P > 0.05$). Supplementation with P significantly increased the excretion of P in the feces and urine and the feeding cost. Therefore, under Brazilian conditions, there is no justification for supplementing P in feedlot rations. The animals submitted or not to phosphorus supplementation had a similar content of Ca, Ca:P ratio and bone mineral density (BMD) at the 12th rib ($P > 0.05$). However, animals of the T_1 and T_3 treatments had significant reductions in magnesium contents in the rib throughout the study ($P < 0.05$). The animals from treatment without phosphorus supplement had lower cortical thickness of the metacarpal bone ($P < 0.05$), without compromising its resistance and stiffness ($P > 0.05$). Throughout the trial period, no animals were positive in the needle test in the transverse processes of the lumbar vertebrae. There was no effect of phosphorus supplementation on the concentration of Ca and P in the serum of animals ($P > 0.05$). However, the inclusion of commercial mineral supplement in T_2 treatment resulted in higher Mg concentration in serum of animals ($P > 0.05$). The phosphorus supplementation significantly changed the levels of parathyroid hormone (PTH)

and alkaline phosphatase (AP) levels ($P<0.05$) and the animals of the T₁ treatment had smaller circulating concentrations of these hormones. Under Brazilian conditions, feedlot beef cattle do not appear to require P supplements and a value of P (2.4 g/kg DM), as used in the control diet, appears adequate. Lower values may also be appropriate but were not tested here. Phosphorus supplementation significantly increased the feeding costs, P excretion in the feces and urine and therefore resulted in economic losses.

Keywords: carcass, phosphorus, Nellore, bone quality, supplementation

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais da produção de ruminantes têm sido foco de discussões no meio científico e a utilização dos mais diferentes recursos para o atendimento das exigências nutricionais em ruminantes tem passado por extenso debate (TEDESCHI et al. 2015).

Uma das formas de consumo exagerado ou equivocado de nutrientes é via suplementação mineral (MALAFAIA et al. 2003 e 2014b); sobretudo aquela verificada para os ruminantes criados em sistemas intensivos. A suplementação mineral inadequada pode resultar até em prejuízos a saúde ou a produção dos animais, em função do antagonismo entre minerais (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999; PEIXOTO et al. 2005).

O fósforo (P), em razão de sua importância metabólica, está entre os minerais encontrados em maior proporção nas misturas minerais e constitui-se no insumo de maior impacto no custo final dos suplementos, sendo objeto de inúmeros estudos (LEMOS et al. 2013) e vêm sendo utilizado na totalidade das misturas minerais comerciais encontradas nos diferentes cenários de produção de gado de corte nas condições brasileiras. No entanto, de acordo com Malafaia et al. (2014b) a suplementação com P deveria ser feita sempre baseada no histórico, exame clínico e na experimentação (testes simples, para verificação do desempenho geral do rebanho, frente à suplementação com P), onde cada rebanho deveria ser suplementado de acordo com sua necessidade fosfórica.

Os resultados encontrados por Vêras et al. (2001) e Marcondes et al. (2009), ao avaliarem os requerimentos nutricionais de P para bovinos da raça Nelore, são inferiores aos valores preconizados pelo NRC (2000), que foram obtidos utilizando animais taurinos. Esses resultados podem ser em função das diferenças na absorção intestinal do P entre grupos genéticos. De acordo com Buttery citado por Martins et al. (2007) os estudos sobre o coeficiente de absorção de minerais em animais zebuínos no Brasil são escassos e há grande variação desses coeficientes entre grupos genéticos.

O fósforo consumido em excesso é excretado principalmente através das fezes e urina dos animais, acumula-se no solo e pode causar a eutrofização dos recursos hídricos (JAZEN, 2011), além de trazer prejuízos econômicos aos pecuaristas, por constituir-se no elemento de maior impacto no custo final dos suplementos minerais (FERREIRA et al. 2005; SOUZA, 1985).

Somado ao aspecto ambiental, na pecuária moderna, há que se levar em consideração a necessidade de reduzir custos para melhorar a rentabilidade ou até manter-se viável nas épocas de crise (PEIXOTO et al. 2005). A suplementação mineral dos bovinos, criados extensivamente, pode constituir 20-30% dos custos totais da produção de gado de corte (COELHO et al. 2008).

Não há evidências científicas que justifiquem a utilização da suplementação fosfórica para bovinos de corte confinados recebendo dietas com altas proporções de alimentos concentrados, visto que as exigências dietéticas de P podem ser supridas apenas com os alimentos concentrados (ERICKSON et al. 2002; MALAFAIA et al 2003; GEISERT et al. 2010). Paradoxalmente, de forma pouco compreensível, a utilização de núcleos minerais, com elevadas concentrações de P em sua composição é prática rotineira na formulação de dietas para bovinos confinados no Brasil.

Aspectos geopolíticos da utilização do fósforo no Brasil e no mundo

Atualmente, cerca de 100 milhões de toneladas de fertilizantes são utilizados a cada ano para fornecer alimentos para a crescente população global. Paralelo a essa crescente necessidade de recursos minerais, as fontes de P sinalizam uma redução na sua disponibilidade (SEYHAN et al. 2012). De acordo com Leng (2008), baseado no princípio de Hubbert (1956), o mundo está atingindo um pico na extração de P, o que significa que haverá uma transição para o declínio das reservas disponíveis (Figura 1). Como consequência, o custo para a extração será cada vez maior e a disponibilidade destas fontes estará reduzida (ROBERT & STEWART, 2002), o que pode colocar em risco a produção mundial de alimentos de forma abundante e mais econômica.

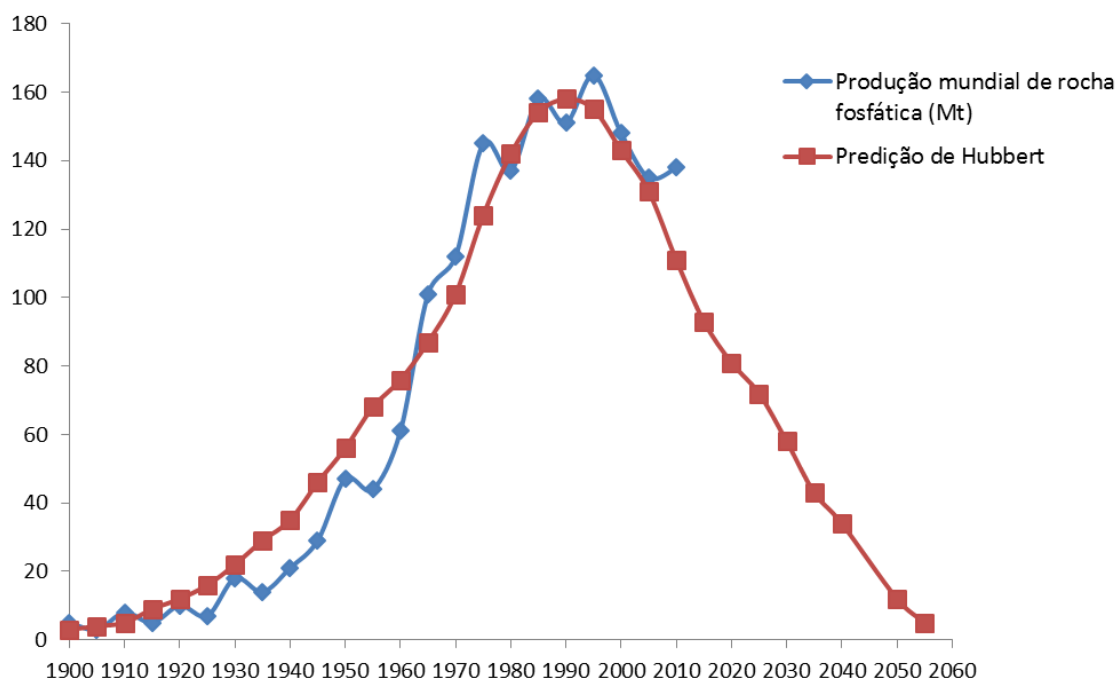


Figura 1. Aplicação do princípio de Hubbert na produção mundial de rocha fosfática. Curva da previsão da extração (em vermelho) e valores observados (em azul). Fonte: Malafaia, 2014a.

Em uma revisão, Malafaia (2014a) relatou que as reservas brasileiras de rocha fosfática são pouco expressivas (340 milhões de toneladas (Mt) do total mundial de 47 bilhões de toneladas), o que equivale a 0,72 %, bem como a participação do país em sua produção mundial que é de 3,7 % (Figura 2). Em 2008, a produção nacional de rocha fosfática representou 78 % do consumo aparente, o que gerou uma dependência externa de 22 % e, se computado em termos de P_2O_5 , esta atingiu 46 %. Os maiores exportadores de rocha fosfática para o Brasil são o Marrocos (24 %), China (22 %), Rússia (21 %) e Israel (20 %) e o seu transporte envolve, portanto, elevados custos com o frete marítimo. Uma vez no país, ela “sofreria” com os nossos severos problemas de logística (portos, rodovias esburacadas, etc) para ser transportada até as fábricas de produtos fosfatados e, depois, destas até os locais consumidores (produtores de grãos e de alimentos para animais). Portanto, há necessidade do uso racional das fontes de P, uma vez que esse recurso mineral é caro, “esgotável” e tem pesada dependência externa.

**% de participação na produção mundial de
rocha fosfática (191 Mt em 2011)**

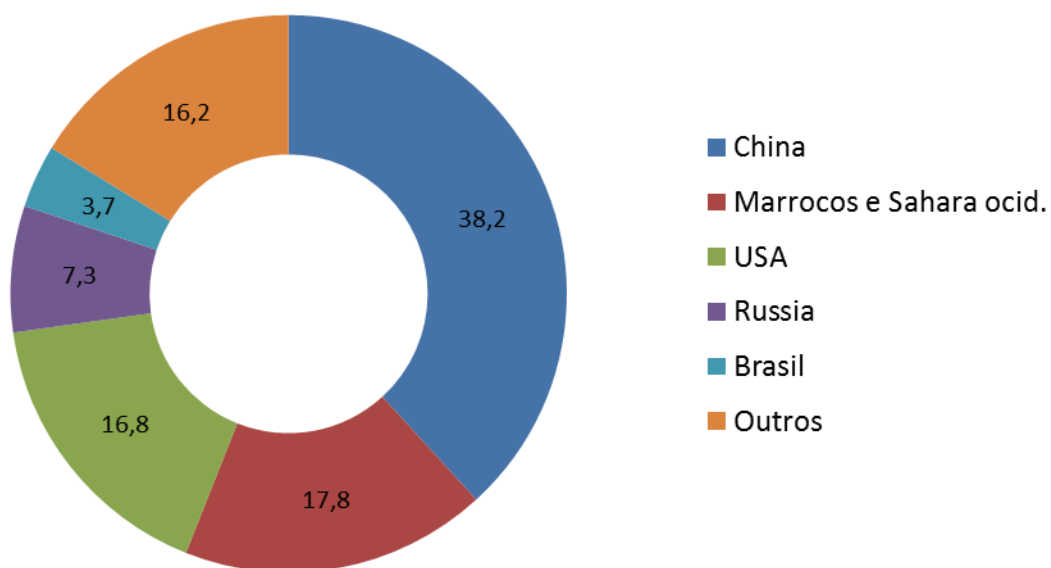


Figura 2. Porcentagem de participação de alguns países na produção mundial de rocha fosfática (191 Mt. em 2001). Fonte: Malafaia 2014a.

Na Figura 3 é ilustrada, a partir de 2006, uma previsão feita pelo Departamento Americano de Serviços Geológicos (USGS) para o “esgotamento” das reservas de rocha fosfática em alguns países.

Estimativas (em anos) para a extração viável das reservas disponíveis (USGS, 2006)

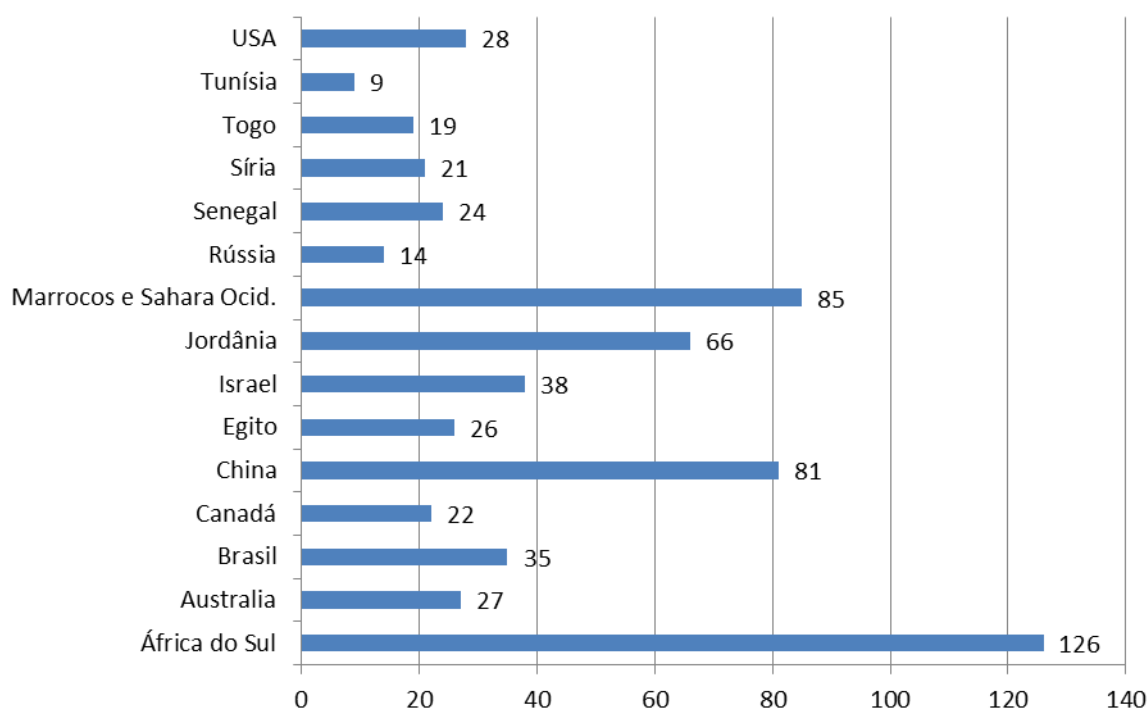


Figura 3. Estimativas (em anos) para a extração viável das reservas disponíveis, segundo o USGS, 2006. Fonte: Malafaia, 2014a.

Funções do P no metabolismo animal

O fósforo ligado ao fosfato (PO_4) ou a substâncias que contêm fosfato desempenha papel essencial no metabolismo de plantas, animais e microrganismos. Segundo UNDERWOOD & SUTTLE (1999) este é o segundo mineral mais abundante no organismo animal. O P é componente de ácidos nucleicos e das membranas fosfolipídicas, que são compostos essenciais das membranas celulares. Nos vertebrados, os ossos e dentes possuem aproximadamente 80 % do P de todo o organismo. Nos ossos o P está sob a forma de fosfato tricálcico ou fosfato de magnésio fazendo parte da hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) (PFEFFER et al. 2005). O fosfato inorgânico age no sistema tampão dos fluídos biológicos para manter o pH estável e assim o equilíbrio homeostático (COHEN, 1974; UNDERWOOD & SUTTLE, 1999)

O P é componente estrutural das moléculas de DNA e RNA que carregam a informação genética e guiam a síntese de proteínas na célula (NELSON & COX, 2002). Uma série de eventos que ocorrem nas células envolvem a fosforilação e desfosforilação de um grupo de proteínas denominado de enzimas. A molécula doadora de fosfato para esse evento biológico é denominada de ATP (Trifosfato de adenosina) e funciona também como principal fonte de energia dentro da célula (BLEVINS, 1999). Wang et al. (1985) identificaram distúrbios da via glicolítica em eritrócitos de bovinos com deficiência de fósforo. O P está envolvido no controle da ingestão de alimentos e na eficiência de utilização da dieta (TERNOUTH, 1990), de forma que a sua deficiência acarreta em redução do crescimento animal, taxa de fertilidade e na produção (carne e leite) (TOKARNIA et al. 2000). De acordo com Little (1968) diversos pesquisadores na década de 30, realizaram experimentos com dietas sintéticas contendo baixas concentrações de P, mas adequadas quantidades de energia e proteína e observaram redução na ingestão de alimentos, que voltava ao normal após a suplementação com P.

Fósforo no sangue

O fósforo está presente no sangue predominantemente na forma de fosfolípidios, sendo este o compartimento de reservas dos minerais prontamente disponíveis para o animal (SILVA, 2008).

Os níveis plasmáticos podem variar de 4,5 a 6,5 mg.dL⁻¹ no plasma de bovinos, em que valores abaixo de 4,5 mg.dL⁻¹ podem ser encontrados em animais com deficiência de P (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999). De acordo com Tokarnia et al. (2000) as análises de sangue, plasma e soro são úteis no diagnóstico da deficiência de P, mas apresentam algumas limitações, devido aos teores de P serem influenciados pelo exercício, estresse, hemólise, temperatura e tempo de separação do soro sanguíneo. Deve-se ter precaução ao utilizar apenas as análises de sangue para o diagnóstico da deficiência de P, pois animais deficientes ao ingerirem alimentos ricos em P aumentam rapidamente os níveis plasmáticos deste mineral (TOKARNIA et al. 2010).

A concentração de P no sangue está relacionada ao cálcio circulante, em que a proporção molar ideal é 1,67:1,0 (Ca:P) (BARCELLOS et al. 1998). Willians et al. (1991) submeteram novilhas da raça Angus a restrição de P (0,10 % na MS) por 270 dias e posteriormente avaliaram a resposta na concentração plasmática de P com o fornecimento de dois níveis de P na dieta (0,12 e 0,20 % na MS). Os autores observaram que apesar dos devidos cuidados terem sido tomados durante as coletas, houve variação considerável nos resultados e que deve-se ter bastante precaução ao utilizar os níveis plasmáticos de P como único critério para o diagnóstico do *status* nutricional do animal em relação a este mineral.

Excreção urinária de fósforo

De acordo com Pfeffer et al. (2005) mais de 90 % da excreção de P se dá através das fezes dos animais e a excreção de P na urina teria importância marginal. Vitti et al. (2001) estudaram o fluxo do P de diferentes fontes de fosfatos, em bovinos e não observaram diferença significativa entre os tratamentos, sendo, inclusive, mínimo o valor de P excretado em todas as dietas. Esses baixos valores encontrados de excreção de P na urina estão em concordância com as observações de Thompson Júnior (1978) que afirma que os rins possuem a habilidade de reter fosfatos, e que menos de 1 % é perdido pela via urinária, sendo geralmente, esses valores considerados desprezíveis.

Por outro lado, Field et al. (1985) relataram que a excreção de P via urina pode se tornar significativa quando a quantidade de P presente na dieta supera a capacidade de absorção renal do animal. Bernier et al. (2014) avaliaram a excreção de P via urina em animais recebendo dietas com teores de 0,13; 0,20 e 0,28 % de P na MS e observaram aumento linear da excreção de P via urina com 0,3; 2,9 e 8,5 g de P.dia⁻¹, respectivamente. Geisert et al. (2005) trabalhando com 5 novilhos canulados no rúmen e 5 níveis de P (0,12; 0,27; 0,30; 0,36 e 0,42 % de P na MS) observaram comportamento similar na excreção de P na urina. Há que se levar em consideração que existe a variabilidade individual na capacidade de excretar P através da urina, e que muitas vezes a maior excreção de P por um animal pode não estar ligada ao teor de P da dieta (SCOTT et al. 1985).

De acordo com Bernier et al. (2014) a rota de excreção de P assume grande importância na perspectiva ambiental, devido ao P na urina estar na forma dissolvida e poder ser facilmente movido para a água (MEYER et al. 2006). A eutrofização dos recursos hídricos causada pelo P tem sido alvo de discussões no meio científico devido aos prejuízos ambientais que ela pode trazer (JARVIER et al. 2013; MEINIKMANN et al. 2015). Outro problema da excreção urinária de P é a formação de urólitos que são potencialmente perigosos aos machos devido à anatomia da uretra peniana, em que os urólitos formados podem obstruir a uretra. Loretto et al. (2003) diagnosticaram a urolitíase em bovinos mortos em confinamento, decorrente da ingestão excessiva de P.

Excreção fecal de fósforo

O fósforo ingerido em excesso pode ser excretado pelas fezes dos animais. De acordo com o ARC (1980) a excreção de P pela urina em condições normais é baixa, enquanto que grandes quantidades de fósforo são recicladas via saliva. Desta forma, o P metabólico fecal é constituído pelas perdas decorrentes da descamação do epitélio intestinal e pelo P salivar que não foi absorvido. Segundo o CSIRO (2007) é necessário considerar o consumo e a forma física da dieta para se estimar as perdas metabólicas de P. O mesmo comitê relata que é muito difícil distinguir o P de origem endógena do P de origem alimentar. Desta forma, as perdas fecais de P endógeno deveriam ser quantificadas em animais recebendo níveis de P abaixo da sua exigência na dieta, para que a absorção das secreções endógenas fosse maximizada e a estimativa mais acurada.

A relação linear positiva entre o aumento do nível de P na dieta e a excreção fecal foi observada por diversos autores (BERNIER et al. 2014; GEISERT et al. 2005; PRADOS et al. 2015). Hansard & Plumlee (1954) relataram que em condições de baixos níveis plasmáticos de cálcio, a deposição óssea de P é inibida e parte do P que seria depositado na matriz óssea é perdido nas fezes.

Fósforo nos ossos

O tecido ósseo é uma forma especializada de tecido conjuntivo constituído por células e por uma matriz extracelular, onde ocorre a mineralização (THIBODEAU & PATTON, 2007). O desempenho de importantes funções como a sustentação e proteção são garantidos graças a “mineralização” da matriz óssea, sendo esta o maior reservatório de Ca, P e Mg nos animais. Desta forma, a matriz óssea participa de forma ativa na homeostase desses minerais no sangue e nos demais fluídos tissulares (THIBODEAU & PATTON, 2007).

As funções estruturais e metabólicas são mantidas em equilíbrio, no entanto, quando há uma desordem desse equilíbrio, a função estrutural é comprometida conforme é relatado em diversos trabalhos (ITO et al. 2011; TEENGARDEN et al. 1998).

A matriz óssea pode ser dividida em duas fases: orgânica e inorgânica. A fase inorgânica perfaz cerca de 75 % da MS do tecido ósseo. É composta por fosfatos de cálcio, que se apresentam sob a forma de cristais de hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$. O processo de disponibilização dos minerais para o sangue é realizado através da reabsorção óssea, onde células especializadas denominadas por osteoclastos realizam esse processo. Ao serem ativados, os osteoclastos realizam a osteólise e liberam Ca e P para serem utilizados nas diversas vias do metabolismo (MOTTA, 2003).

Bovinos submetidos à restrição fosfórica podem mobilizar P das reservas ósseas para atender as suas exigências de manutenção e produção (JACKSON et al. 2012). Knowlton & Herbein (2002) reportaram que vacas alimentadas com 0,34 % de P na dieta tiveram balanço de P negativo nas primeiras cinco semanas de lactação e estimaram que houve mobilização óssea de 5 até 25 g/dia de P nesta fase. No entanto, após este período os animais tiveram balanço fosfórico positivo.

Deficiência de fósforo em bovinos

As deficiências minerais estão ligadas a certas áreas geográficas. Quando acentuadas, podem ser responsáveis pela pobreza geral que existe

nas regiões, onde a população depende principalmente da exploração de bovinos (TOKARNIA et al. 2000). As deficiências subclínicas são as que causam os maiores prejuízos econômicos nas condições brasileiras, devido à redução da produtividade dos animais e a maior dificuldade de serem diagnosticadas. Esses quadros subclínicos, por exibirem sinais leves, muitas das vezes podem passar despercebidos das pessoas que estão lidando com os animais (TOKARNIA et al. 2010). Os sinais da deficiência subclínica são a redução da eficiência de utilização da dieta, da produção de leite, ganho de peso, discreta fragilidade óssea e piora da taxa de fertilidade do rebanho (SUTTLE, 2010). Já os sinais clínicos são caracterizados por redução da ingestão de alimentos, osteofagia, fragilidade óssea acentuada, alterações esqueléticas relacionadas com a postura e o botulismo, como consequência da osteofagia (TOKARNIA et al. 2010).

A deficiência de P é muito importante para os bovinos, sobretudo àqueles mantidos exclusivamente em pastagens. Extensas áreas com deficiência de P nas pastagens ocorrem em todo o mundo e não há dúvida que essa deficiência é o distúrbio mineral economicamente mais importante afetando os herbívoros em regime de campo no Brasil (TOKARNIA et al. 2000). Call et al. (1978) alimentaram novilhas Hereford com dietas contendo 0,14 ou 0,36 % P por 2 anos. Os autores relataram ausência de diferença no crescimento, conteúdo de fósforo nas costelas, idade a puberdade, taxa de concepção ou intervalo entre partos das novilhas. Deste modo, o teor de 0,14 % de P na forragem parece ser adequado para animais mantidos em pastagens. Há que se levar em consideração que as novilhas são a categoria mais exigente do rebanho, pois necessitam de P para manter eventos fisiológicos que podem estar associados numa mesma fase da vida (crescimento, gestação e lactação). Por outro lado, animais que ingerem alimentos concentrados em menores ou maiores proporções podem não necessitar de P suplementar (MALAFAIA et al. 2003; 2014b).

Suplementação fosfórica para bovinos em confinamento: Aspectos produtivos, econômicos e ambientais

A importância que os minerais possuem em inúmeras funções estruturais e metabólicas nos seres vivos, criou a equivocada percepção de que esses nutrientes sempre devem ser suplementados aos animais (MALAFAIA et al. 2014b). Porém, os alimentos e a água já contêm minerais, em maior ou menor quantidade, e a suplementação destes só deverá ser feita se os mesmos não suprirem as necessidades de um ou outro mineral (MALAFAIA et al. 2014b). De acordo com Malafaia et al. (2014b), um novilho de 350kg ganhando 1,5 kg/dia, necessita de 24 g de P/dia. Ao ingerir 1,5 % de seu peso em matéria seca de um concentrado (5250 g/dia) feito com 50 % de fubá (0,25 % P), 15 % de casquinha de soja (0,16 % P), 15% farelo de soja (0,6 % P) e 20 % de caroço de algodão (0,7 % P), ele irá consumir cerca de 20 g P/dia. Se esse animal consumir 1,0 % de seu peso em matéria seca de volumoso (3500g MS/dia) com 0,12 % de P, ele receberá toda sua necessidade de P via alimentos; não necessitando, portanto de ser fornecido P adicional via suplementos minerais. Sendo assim, não há necessidade de se suplementar com P dietas com elevadas proporções de alimentos concentrados, conforme demonstrado em diversos trabalhos (ERICKSON et al. 1999; GEISERT et al. 2010; PRADOS et al. 2015).

As exigências de P para bovinos em confinamento podem ser menores que as preconizadas pelo NRC (2000), conforme foi demonstrado em vários estudos (ERICKSON et al. 2002; VASCONCELOS et al. 2007; GEISERT et al. 2010; LEMOS et al. 2013). De acordo com Malafaia et al. (2004) há que se levar em consideração que as exigências nutricionais preconizadas pelo Agricultural and Food Research Council (AFRC), National Research Council (NRC) e pelo Institut National de La Recherche Agronomique (INRA) foram estimadas com base nas exigências de animais taurinos e de alto mérito genético, criados em condições experimentais ideais e com padrão de alimentação constante e homogêneo. Sendo assim, as exigências de P para animais zebuínos com desempenhos mais modestos e criados nas condições tropicais podem ser inferiores. No entanto, boa parte dos nutricionistas no

Brasil utilizam as exigências do NRC para a formulação das dietas de terminação em confinamento (OLIVEIRA & MILLEN, 2014).

A contribuição da suplementação mineral no custo operacional de produção de bovinos de corte é pouco estudada no Brasil e as estimativas variam de 6 a 20% do custo total de produção (SOUZA, 1985; FERREIRA et al. 2005). De acordo com Malafaia et al. (2014b) o P é o nutriente mais caro presente na mistura mineral e seu uso racional leva a reduções significativas no custo operacional, quando há o decréscimo da sua concentração na mistura mineral.

Os impactos negativos do excesso de P excretado ao meio ambiente, sobretudo nos recursos hídricos e terras agricultáveis têm renovado o interesse no estudo deste mineral na nutrição de ruminantes (EASTRIDGE, 2006). Cerca de 30-50% do P ingerido é retido na carne e leite, e a maior parte é excretada através das fezes e urina dos animais (HUMER & ZEBELI, 2015). De acordo com Humer & Zebeli (2015) o P é armazenado principalmente na forma de fitato nas sementes das plantas e, desta forma, há redução da solubilidade ruminal e disponibilidade desse mineral para os microrganismos, em particular quando o ambiente ruminal estiver em condições adversas. Os distúrbios digestivos como a acidose ruminal e o timpanismo espumoso são muito comuns em confinamentos brasileiros e podem aumentar a excreção fecal de P na forma de fitato, devido à produção de fitase pela microbiota ruminal estar comprometida nessas condições. Portanto, os nutricionistas precisam levar em consideração que não basta apenas “formular”; é preciso que a dieta garanta saúde, tenha baixo custo e reduza os impactos ambientais.

Efeito da suplementação fosfórica em excesso na maciez da carne

A busca pela produção de alimentos de melhor qualidade é foco de qualquer sistema de produção animal. Segundo Lawrence et al. (2006) a maciez da carne bovina é um dos aspectos mais importante na aceitação deste produto por parte dos consumidores e os fatores que interferem neste processo têm sido o foco principal das pesquisas nos últimos anos. As calpaínas são as enzimas tidas como as principais responsáveis pelo processo de maciez da carne, através da proteólise das proteínas miofibrilares e dependem de

concentrações de cálcio no tecido muscular para a sua ativação (VEISETH et al. 2001). De acordo com Tokarnia et al. (2000) ao contrário de outras espécies de animais o bovino é muito tolerante a relação cálcio:fósforo que pode variar de 6:1 até 0,6:1, desde que os dois minerais estejam presentes em quantidades adequadas na dieta. Dessa forma, animais que consomem dietas com excesso de P podem mobilizar as reservas de cálcio em maior quantidade para ajustar a relação cálcio:fósforo, o que pode prejudicar a atividade das calpaínas que promovem a maciez da carne, pela menor disponibilidade de cálcio presente no músculo para a sua ativação.

Hipótese

Bovinos Nelores alimentados com elevada proporção de grãos e subprodutos na dieta não precisam receber P suplementar.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação fosfórica sobre o desempenho, características da carcaça, parâmetros de qualidade óssea, parâmetros sanguíneos, custos das dietas; bem como a retenção, excreção fecal e urinária de P por novilhos Nelores, durante o período de confinamento.

3. REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: 1980. 351p.

BERNIER, J.N.; UNDI, M.; OMINSKI, K.H.; DONOHOE, G.; TENUTA, M.; FLATEN, D.; PLAIZIER, J.C.; WITTENBERG, K.M. Nitrogen and phosphorus utilization and excretion by beef cows fed a low quality forage diet supplemented with dried distillers grains with solubles under termal neutral and prolonged cold conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v.193, p.9-20, 2014.

BARCELLOS, J.O.J. O papel do fósforo na nutrição de bovinos de corte. In: DIAZ GONZALEZ, F.H.; OSPINA, H.; BARCELLOS, J.O.J. (Eds.). **Nutrição mineral em ruminantes**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p.23-72, 1998.

BLEVINS, D.G. Why plants need phosphorus. **Better Crops**, Norcross, Georgia, v.83, n.2, p.29-30, 1999.

CALL, J.W.; BUTCHER, J.E.; BLAKE, J.T.; SMART, R.A.; SHUPE, J.L. Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.47, p.216-225, 1978.

COELHO, F.S.; OLIVEIRA, C.M.; SILVA, D.F.; VILLELA, S.D.J. Levantamento e análise dos custos médios de produção de bovinos de corte no município de Curvelo, Minas Gerais. **Anais...** In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. 2008.

COHEN, R.D.H. Phosphorus nutrition of beef cattle. 4. The use of fecal and blood phosphorus for the estimation of phosphorus intake. **Australian Journal Experimental Agricultural Animal Husbandry**, v.14, p.709-715, 1974.

CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants**. Collingwood, VIC: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 2007. 270p.

EASTRIDGE, M.L. Major advances in applied dairy cattle nutrition. **Journal Dairy Science**, v.89, p.1311-1323, 2006.

ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, C.T.; HANSON, D.; CALKINS, C. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status, and carcass maturity. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2832-2836, 1999.

ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, C.T.; BRINK, D.; ORTH, M.W.; WHITTET, K.M. Phosphorus requirement of finishing feedlot calves. **Journal of Animal Science**, v.80, n.6, p.1690-1695, 2002.

FERREIRA, P.M; CARVALHO, A.U.; FILHO, E.J.F.; COELHO, S.G.; BORGES, A.L.C.; FERREIRA, M.G.; FERREIRA, R.G. In: _____. (Ed.). **Doenças carenciais e suplementação mineral**. (UFMG publishing, Brazil), 2005. 44p.

FIELD, A.C.; WOOLIAM, J.A.; DINGWALL, R.A. The effect of dietary intake of calcium and dry matter on the absorption and excretion of calcium and phosphorus by growing lambs. **Journal of Agricultural Science**, v.105, p.237-243, 1985.

GEISERT, B.G.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; LUEBBE, M.K. Effects of dietary phosphorus level in beef finishing diets on phosphorus excretion characteristics. **Nebraska Beef Cattle Reports**. Paper 165, p. 51-53, 2005.

GEISERT, B.G.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MACKEN, C.N.; LUEBBE, M.K.; MACDONALD, J.C. Phosphorus requirement and excretion of finishing beef cattle fed different concentrations of phosphorus. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2393-2402, 2010.

HANSARD, S.L.; PLUMLEE, M.P. Effects of dietary calcium and phosphorus levels upon the physiological behavior of calcium and phosphorus in the rat. **Journal of Nutrition**, v.54, p.17-31, 1954.

HUBBERT, M.K. Nuclear Energy and Fossil Fuels. In: **Proceedings American Petroleum Institute Drilling and Production Practices**, Spring Meeting, San Antonio, Texas, 1956. p.7-25.

HUMER, E.; ZEBELI, Q. Phytate in feed ingredients and potentials for improving the utilization of phosphorus in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v.209, p.1-15, 2015.

ITO, S.; ISHIDA, H.; UENISHI, K.; MURAKAMI, K.; SASAKI, S. The relationship between habitual dietary phosphorus and calcium intake, and bone mineral density in Young Japanese Women: A cross-sectional study. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.20, p.411-417, 2011.

JACKSON, D.; ROLFE, J.; ENGLISH, B.; HOLMES, B.; MATTHEWS, R.; DIXON, R.; SMITH, P.; MACDONALD, N. **Phosphorus management of beef cattle in northern Australia**. Meat & Livestock Australia Limited, p.11, 2012.

JANZEN, H.H. What place for livestock on a re-greening earth? **Animal Feed Science and Technology**, v.166-167, p.783-796, 2011.

JARVIER, H.P.; SHARPLEY, A.N.; WITHERS, P.J.A.; SCOTT, T.J.; HAGGARD, B.E.; NEAL, C. Phosphorus mitigation to control river eutrophication: murky waters, inconvenient truths, and “postnormal” science. **Journal of Environmental Quality**, v.42, p.295-304, 2013.

KNOWLTON, K.F.; HERBEIN, J.H. Phosphorus partitioning during early lactation in dairy cows fed diets varying in phosphorus content. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1227–1236, 2002.

LAWRENCE, R.W.; DOYLE, J.; ELLIOTT, R.; LOXTON, I.; MCMENIMAN, J. P.; NORTON, B.W.; REID, D.J.; TUME, R.W. The efficacy of a vitamin D3 metabolite for improving the myofibrillar tenderness of meat from *Bos indicus* cattle. **Meat Science**, v.72, p.69-78, 2006.

LEMOS, G.C.; COSTA, R.M.; NETO, M.G.; MALAFAIA, P. Desempenho ponderal de bovinos nelore suplementados com fontes alternativas de fósforo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, p.188-192, 2013.

LENG, R.A. Decline in available world resources; implications for livestock production systems in Asia. **Livestock Research for Rural Development**, v.20, paper 8, 2008.

LITTLE, D.A. Effect of dietary phosphate on the voluntary consumption of Townsville lucerne (*Stylosanthes humilis*) by cattle. **Proceedings of the Australian Society of Animal Production**, v.7, p.376-380, 1968.

LORETTI, A.P.; OLIVEIRA, L.O.; CRUZ, C.E.F.; DRIEMEIER, D. Clinical and phatological study of an outbreak of obstructive urolithiasis in feedlot cattle in Southern Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.23, p.61-64, 2003.

MALAFIA, P.; CABRAL, L.S.; VIEIRA, R.A.M., MAGNOLI COSTA, R.; CARVALHO, C.A.B. Suplementação protéico-energética para bovinos criados em pastagens: Aspectos teóricos e principais resultados publicados no Brasil. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, 2003.

MALAFIA, P. Fósforo demais, dinheiro de menos. **Revista DBO**, n.406, p.124-126, 2014a.

MALAFIA, P.; MAGNOLI COSTA, R.; BRITO, M.F.; PEIXOTO, P.V.; BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J. Equívocos arraigados no meio pecuário sobre deficiências e suplementação minerais em bovinos no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.34, p.244-249, 2014b.

MALAFIA, P.; PIMENTEL, A.V.; FREITAS, K.P. COELHO, C.D.; BRITO, M.F.; PEIXOTO, P.V. Desempenho ponderal, aspectos econômicos, nutricionais e clínicos de caprinos submetidos a dois esquemas de suplementação mineral. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.24, p.15-22, 2004.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; VALADARES, R.F.D.; PAULINO, M.F.; NASCIMENTO, F.R.; FONSECA, M.A. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1587-1596, 2009.

MARTINS, R.G.R.; PAULINO, M.F.; FERNANDES, H.J.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I.; SILVA, A.T.S.; LIMA, D.F. Composição corporal e exigências de macroelementos minerais (Ca, P, Na, K e Mg) de bovinos nelore e mestiços, não castrados, em confinamento. **Revista Ceres**, v.54, p.453-460, 2007.

MEINIKMANN, K.; HUPFER, M.; LEWANDOWSKI, J. Phosphorus in ground water discharge – A potential source for lake eutrophication. **Journal of Hydrology**, v.524, p.214-226, 2015.

MEYER, N.; PINGEL, D.; DIKEMAN, C.; TRENKLE, A. **Phosphorus Excretion of Feedlot Cattle Fed Diets Containing Corn or Distillers Co-products**. Iowa

State University, Animal Industry Report 2006. A.S. Leaflet., pp. R2123, 2006.
Disponível em: http://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol652/iss1/46

MOTTA, V.T. **Bioquímica clínica para o laboratório: princípios e interpretações**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora Médica Missau, 2003. p.143-158.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. n. 7. rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C.: 2000. 242p.

NELSON, D.L.; COX, M. **Lehninger – Princípios de Bioquímica**. 3ed. São Paulo: Sarvier, 2002. p.733-771.

OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Techonology**, v.197, p. 64-75, 2014.

PFEFFER, E.; BEEDE, D.K.; VALK, H. Phosphorus Metabolism in Ruminants and Requirements of Cattle. In: PFEFFER, E.; HRISTOV, A.N. **Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle: Reducing the Environmental Impact of Cattle Operations**. (Eds E. Pfeffer and A. Hristov), Cambridge, MA: CABI Publishing, 2005. p.195-224.

PEIXOTO, P. V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, n.3, p. 195-200, 2005.

SEYHAN, D.; WEIKARD, H. P.; IERLAND, E. V. An economic model of long-term phosphorus extraction and recycling. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 61, p.103-108, 2012.

PRADOS, L.F; VALADARES FILHO, S.C.; SANTOS, S.A.; ZANETTI, D.; NUNES, A.N.; COSTA, D.R.; MARIZ, L.D.S; DETMANN, E.; AMARAL, P.M.; RODRIGUES, F.C.; VALADARES, R.F.D. Reducing calcium and phosphorus in crossbred beef cattle diets: impacts on productive performance during the growing and finishing phase. **Animal Production Science**, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1071/AN14781>

ROBERTS, T.L.; STEWART, W.M. Inorganic phosphorus and potassium production and reserves. **Better Crops**, v.86, p.6–7, 2002.

SATTER, L.D.; KLOPFENSTEIN, T.J.; ERICKSON, G.E.; POWELL, J.M. Phosphorus and dairy/beef nutrition. **Faculty Papers and Publications in Animal Science**. Paper 549, p.587-606, 2005.

SCOTT, D.; WHITELOW, F.G.; BUCHAN, W.; BRUCE, L.A. The effect of variation in phosphorus intake on salivary phosphorus secretion, net phosphorus absorption and faecal endogenous phosphorus excretion in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.105, p.271-277, 1985.

SILVA, T.S. **Utilização de fósforo por ovinos: efeitos de diferentes concentrações na absorção real e perdas fecais**. 2008. 77p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura e no Meio Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SOUZA, J.C. **Formação do preço do suplemento mineral**. CNPGC Informa, Campo Grande, v.2, p.1-2, 1985.

SUTTLE, N.F. Phosphorus. In: _____. (Ed). **The Mineral Nutrition of Livestock**, 4rd edition, Publ. CABI International, Wallingford, Oxford, 2010. p.146-148.

TEDESCHI, L.O.; MUIR, J.P.; RILEY, D.G.; FOX, D.G. The role of ruminant animals in sustainable livestock intensification programs. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v.22, p.452-465, 2015.

TERNOUTH, J.H. Phosphorus and beef production in Northern Australia. 3. Phosphorus in cattle – a review. **Tropical Grasslands**, v.24, p.159–169, 1990.

TEENGARDEN, D.; LYLE, R.M.; MCCABE, G.P.; MCCABE, L.D.; PROULX, W.R.; MICHON, K.; KNIGHT, A.P.; JOHNSTON, C.C.; WEAVER, C.M. Dietary calcium, protein and phosphorus are related to bone mineral density and

content in young women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, p.749-754, 1998.

THIBODEAU, G.A.; PATTON, K.T. Skeletal Tissues. In: _____. (Ed.). **Thibodeau & Patton: Anatomy & Physiology, 6th Edition**. Publisher: Mosby Elsevier, 2007. p.194 – 215.

THOMPSON JR., W.R. Phosphorus in animal nutrition. In: _____. (Ed.). **Phosphorus for agriculture: A situation analysis**. Atlanta: Potash-Phosphate Institute, 1978. p.126-158.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.20, p.127-138, 2000.

TOKARNIA, C.H.; PEIXOTO, P.V.; BARBOSA J.D.; BRITO, M.F.; DÖBEREINER, J. **Deficiências Minerais em Animais de Produção**. Ed. Helianthus, Rio de Janeiro, 2010. p. 19-42.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. Phosphorus. In: _____. (Ed.). **The Mineral Nutrition of Livestock**, 3rd Edition, Publ. CABI International, Wallingford, Oxford, 1999. p.105-148.

VEISETH, E.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Effect of postmortem storage on μ -calpain and m-calpain in ovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1502-1508, 2001.

VITTI, D.M.S.S.; LOPES, J.B.; SILVA FILHO, J.C.; ABDALLA, A.L.; HADDAD, M.L. Fluxo de fósforo de diferentes fontes de fosfatos em bovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.1-7, 2001.

WANG, X.L.; GALLAGHER, C.H.; MCCLURE, T.J.; REEVE, V.E.; CANFIELD, P.J. Bovine post-parturient haemoglobinuria: effect of inorganic phosphate on red cell metabolism. **Research in Veterinary Science**, v.39, p.333–339, 1985.

WILLIAMS, S.N.; MCDOWELL, L.R.; WARNICK, A.C.; WILKINSON, N.S.; LAWRENCE, L.A. Phosphorus concentration in blood, milk, feces, bone and selected fluids and tissues of growing heifers as affected by dietary phosphorus.

Livestock Research for Rural Development, v.2, 1991, Retrieved November 9, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd3/2/florida4.htm>

CAPÍTULO 2 – SUPLEMENTAÇÃO FOSFÓRICA NÃO AFETA O DESEMPENHO, MAS AUMENTA OS CUSTOS DA DIETA E A EXCREÇÃO FECAL POR NOVILHOS NELORE EM CONFINAMENTO NAS CONDIÇÕES BRASILEIRAS

RESUMO - O estudo avaliou o efeito da suplementação fosfórica (SP) sobre o consumo de nutrientes, desempenho e a utilização do fósforo (P) por novilhos Nelores, durante o período de confinamento. Para tanto, foram utilizados 42 novilhos com peso médio inicial de 296 ± 25 kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 14 repetições. A dieta utilizada, na base da MS, era formada por bagaço de cana (200 g/kg) e concentrado (800 g/kg). Os tratamentos dietéticos foram: sem a adição de P suplementar (T_1), núcleo mineral comercial (T_2) e fosfato bicálcico (T_3). Os teores percentuais de P na MS foram 0,24; 0,42 e 0,50, respectivamente. Foram avaliados os consumos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), cálcio (Ca), P e magnésio (Mg), bem como a absorção aparente, retenção, excreção fecal e urinária de P, o desempenho animal e as características da carcaça. Os consumos de MS, PB e FDN foram similares entre os grupos que receberam ou não a SP ($P > 0,05$). As ingestões de Ca e Mg foram superiores nos animais dos tratamentos em que se adicionou um núcleo comercial ou o fosfato bicálcico ($P < 0,05$). O consumo, a retenção e a excreção de P foram influenciados pelo aumento do teor de P nas dietas experimentais ($P < 0,05$). O desempenho e as características de carcaça não foram afetados pelo teor de P na dieta ($P > 0,05$). A suplementação com P aumentou consideravelmente a excreção de P através das fezes e urina e os custos com alimentação dos animais. Portanto, não há justificativa para a suplementação fosfórica de dietas para bovinos de corte confinados recebendo alta proporção de alimentos concentrados.

Palavras-chave: carcaça, confinamento, exigências, fósforo, Nelore

1. INTRODUÇÃO

A terminação de bovinos de corte em confinamento é uma opção tecnológica que pode beneficiar o ganho em escala. No Brasil, em 2014, foram abatidos cerca de 43,3 milhões de cabeças, sendo 4,69 milhões oriundas da terminação em confinamento, o que representou 10,8 % do número total de animais abatidos (ANUALPEC, 2014). A utilização de grandes quantidades de nutrientes sob a forma de alimentos e suplementos minerais é fato consagrado na produção de ruminantes em confinamento (COLLE & TODD, 2009).

O nitrogênio e o fósforo (P) possuem importância nutricional, ambiental e econômica, devido ao seu alto custo e potencial de contaminação do solo e mananciais por lixiviação (VASCONCELOS et al. 2007), principalmente em criações intensivas, onde ocorrem elevadas concentrações de animais por área (TAMMINGA, 2003).

No Brasil, as dietas utilizadas nos confinamentos são caracterizadas por conterem altas proporções de alimentos concentrados (OLIVEIRA & MILLEN, 2014). Desta forma, as exigências dietéticas dos bovinos confinados podem ser atendidas apenas com o P presente nos alimentos que compõe essas dietas. Por outro lado, o uso de suplementos minerais, sobretudo na forma de núcleos, é prática comum nesses sistemas de terminação de bovinos, e tal procedimento é feito na maioria das vezes sem qualquer diagnóstico prévio dos aspectos clínicos e nutricionais dos bovinos (MALAFAIA et al. 2014), o que caracteriza uma quantidade de P excedente sendo utilizada nos confinamentos brasileiros.

As exigências preconizadas pelo NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) podem superestimar os requerimentos de P dos bovinos (CALL et al. 1978; ERICKSON et al. 2002). Por outro lado, boa parte dos nutricionistas responsáveis por confinamentos no Brasil utilizam as exigências preconizadas pelo NRC para a formulação de dietas (OLIVEIRA & MILLEN, 2014). O P consumido em excesso é excretado principalmente através das fezes e urina dos animais (PFEFFER et al. 2005), acumula-se no solo e pode causar a eutrofização dos recursos hídricos (MEINIKMANN et al. 2015), além de trazer prejuízos econômicos aos pecuaristas, por constituir-se no elemento de maior impacto no custo final dos suplementos minerais (SOUZA, 1985; FERREIRA et al. 2005). A redução dos teores de P nas dietas de confinamento no Brasil poderá constituir-se numa importante estratégia para o aumento da

sustentabilidade econômica e ambiental da terminação de bovinos nesse sistema.

De acordo com Leng (2008), baseado no princípio de Hubbert (1956), o mundo está atingindo um pico na extração de P, o que significa que haverá uma transição para o declínio das reservas disponíveis. Como consequência, o custo para a sua extração será cada vez maior e a disponibilidade destas fontes estará reduzida, o que pode colocar em risco a produção mundial de alimentos de forma abundante e mais econômica. Portanto, há necessidade do uso racional do P, uma vez que esse recurso mineral é caro e esgotável.

A hipótese deste estudo é que a suplementação com P em dietas contendo elevada proporção de grãos e seus subprodutos não traz benefícios ao desempenho de bovinos confinados, mas aumenta a excreção fecal de P e os custos da dieta. Desta forma, foi avaliado o efeito da suplementação fosfórica sobre o consumo de nutrientes, desempenho, características de carcaça e a utilização de P por bovinos Nelores, durante o período de confinamento.

2. Material e Métodos

2.1. Local, animais, manejo e duração do experimento

O experimento foi aprovado no conselho de ética da UNESP, Campus Jaboticabal, sob protocolo 7741/14.

O estudo foi conduzido na UNESP, Campus Jaboticabal. Foram utilizados 50 bovinos machos inteiros da raça Nelore, com idade média de 30 meses. Durante 49 dias (de 8/6/14 até 28/7/14) todos os animais ficaram em uma área de pasto de *Urochloa brizantha* com baixa oferta de forragem na estação seca. Nesse período os animais foram suplementados apenas com cloreto de sódio (NaCl), com o propósito de minimizar os efeitos da ingestão de P, via suplementação mineral comercial que estavam recebendo na fazenda onde foram comprados. Após esse período de restrição fosfórica, oito animais foram abatidos para se obter os dados de referência dos animais (rendimento de carcaça). Os 42 animais restantes, com peso médio inicial de 296 ± 25 kg foram alocados em baias individuais (9 m²), cobertas, com piso cimentado,

área de cocho coberto e um bebedouro. Os lotes foram formados de forma a minimizar os desvios-padrões das médias dos pesos iniciais, após jejum completo de 16 horas.

O experimento teve duração de 116 dias, sendo 21 dias destinados a adaptação dos animais às dietas experimentais.

Duas vezes por dia, cada animal foi observado atentamente em relação a quaisquer sinais que poderiam caracterizar um determinado problema (ex. Postura atípica, diarreica, não visitar o cocho, desidratados, etc.). Nesses casos, o veterinário era informado para proceder o exame clínico.

2.2. Delineamento e tratamentos experimentais

O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 4 períodos de coleta de dados e amostras ao longo de 116 dias. A composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais com base na matéria seca.

Ingrediente	MS %	% na MS						
		MM	PB	FDN	EE	Ca	P	Mg
Bagaço de cana	54,6	5,95	3,82	90,1	0,51	0,08	0,16	0,02
Milho moído	88,2	1,47	10,8	17,1	3,7	0,06	0,22	0,23
Farelo de soja	90,0	6,54	45,0	19,7	1,6	0,36	0,47	0,28
Polpa Cítrica	87,3	6,37	7,54	23,2	2,3	1,84	0,12	0,06
Ureia	99,0	1,00	282,0	-		-	-	-
Núcleo mineral	99,0	ND	-	-		13,1	3,72	8,85
Fosfato	99,0	ND	-	-		22,8	18,4	1,67
Bicálcico								
Calcário	95,0	ND	-	-		38,7	-	2,97

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, FDN = fibra insolúvel em detergente neutro, FDA= fibra insolúvel em detergente ácido, Ca: cálcio, P: fósforo, Mg: magnésio, ND = não determinado.

A dieta, na base da MS, consistiu de 20 % de bagaço de cana e 80 % de concentrado e foram formuladas de acordo com o AFRC (1993), para terem em

média 13 % PB (% MS) e atender um ganho médio diário (GMD) de 1,25 kg. Foram utilizados 14 animais (repetições) por tratamento, formulados para terem similares quantidades de proteína, energia metabolizável e relação Ca:P (Tabela 2). O concentrado foi composto de milho moído, farelo de soja, polpa cítrica e ureia.

Tabela 2. Composição das dietas experimentais (g.kg⁻¹ na MS).

Ingredientes (g.kg ⁻¹)	Dietas ¹		
	T ₁	T ₂	T ₃
Bagaço de cana	200	200	200
Milho	480	464	480
Farelo de soja	88	88	88
Polpa cítrica	224	208	218
Ureia	8	8	8
Núcleo mineral ²	0	32	0
Fosfato bicálcico	0	0	8
Calcário	0	0	6,4
	Composição bromatológica		
	T ₁	T ₂	T ₃
MS (g.kg ⁻¹)	888,8	895,4	891,0
PB (g.kg ⁻¹ MS)	136,6	124,4	128,0
FDN (g.kg ⁻¹ MS)	304,8	292,3	305,7
EE (g.kg ⁻¹ MS)	46,6	32,2	40,2
Ca (g.kg ⁻¹ MS)	5,7	12,1	11,8
P (g.kg ⁻¹ MS)	2,4	4,2	5,0
Mg (g.kg ⁻¹ MS)	2,2	2,5	2,9
Relação Ca:P	2,38	2,88	2,36
Emet (Mcal.kg ⁻¹ MS) ³	2,92	2,79	2,86

Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Extrato etéreo (EE) Energia Metabolizável (Emet). ¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24% P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42% P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50% P).

²Composição (por kg) 130 g Ca, 40 g P, 111 g Na, 20 g S, 94 g Mg, 60 mg Co, 650 mg Cu, 40 mg I, 1960mg Zn, 9 mg Se, 520 mg Mn, 1120 mg Fe, 400 mg monensina e 550 mg virginiamicina.

³Valor calculado com base no NRC (2000).

O T₂ foi formulado de acordo com as recomendações de algumas indústrias brasileiras de suplementos minerais para bovinos de corte em confinamento, que sugerem a adição, no concentrado, de 4% de um núcleo mineral específico para bovinos confinados. O suplemento mineral usado no T₂ forneceu 12,8 mg de monensina.kg⁻¹ de MS e 17,6 mg de virginiamicina.kg⁻¹ de MS da dieta.

O T₃ foi proposto para ter concentração de P similar ao T₂, porém sem os demais aditivos inseridos do núcleo mineral (vitaminas, ionóforos, leveduras, quelatos, etc.). No T₃ foi utilizado 0,64 % de calcário para adequar a relação

Ca:P da dieta e 0,68 % de fosfato bicálcico para se ter teor de P similar ao T₂. A relação Ca:P variou de 2,36:1 a 2,88:1 entre os tratamentos.

As dietas foram fornecidas duas vezes por dia, às 06:00 e 16:00h. A quantidade ofertada foi suficiente para permitir sobras diárias de 5 %.

2.3. Coletas de amostras e análises laboratoriais

Durante todo o experimento, para o ajuste do consumo diário (MS), as sobras das dietas fornecidas para cada animal foram retiradas e pesadas antes da oferta matinal. Semanalmente foram obtidas amostras das dietas e das sobras de cada animal, que foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a -20 °C para se avaliar os teores de MS, PB, FDN, P, Ca e Mg. Ao final do experimento, as amostras individuais das sobras e das dietas foram descongeladas e pré-secas em estufa em ventilação a 55 °C, durante 72 horas, moídas em moinho de peneira com malhas de 1 mm.

A digestão das amostras foi realizada em ácido nítrico e perclórico para o preparo da solução mineral foi feita seguindo-se o método 935.13 da AOAC (1990). Os teores de Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1990; método 935.13). Os teores de P foram determinados por espectrofotometria colorimétrica (AOAC, 1990; método 965.17).

Para estimativa do volume urinário, foi realizada a coleta spot da urina através da massagem prepucial, filtrada e congelada a -20°C. Para minimizar o possível efeito da variação da excreção de P ao longo do dia, foram realizados 3 dias de coletas por período para cada animal em horários alternados. A produção total de urina foi estimada pela divisão entre a concentração de creatinina (g/L) na amostra spot e a excreção urinária de creatinina (EUC) diária por animal (g). A concentração de creatinina na amostra spot foi estimada através da determinação colorimétrica da concentração de creatinina, utilizando-se kit comercial (LABTEST) com espectrofotômetro colorimétrico (Modelo Bio 2000 LABQTEST São Paulo, Brasil). A EUC diária por animal foi estimada através da equação proposta por Silva et al. (2012):

$$\text{EUC (g/dia)} = 0.0345 \times \text{PCJ}^{0.9491}$$

Onde: PCJ = peso corporal em jejum.

As amostras de urina utilizadas para determinação da concentração de P foram acidificadas previamente com 10 % de ácido sulfúrico a 10 % (v/v) e congeladas a -20 °C, de acordo com a metodologia descrita por Nicodemo et al. (2005). A determinação do P foi realizada utilizando-se kit comercial (LABTEST) com espectrofotômetro colorimétrico (Modelo Bio 2000 LABQTEST São Paulo, Brasil).

Os métodos 934.01 e 954.02, descritos na AOAC (1990), foram empregados para as análises de MS (ingredientes, concentrados, sobras e fezes) e EE (concentrados e ingredientes), respectivamente. O nitrogênio total foi analisado pelo método de DUMAS utilizando o equipamento Leco-FP 528 LC (2013 LECO Corporation, St. Joseph, MI, USA), de acordo com o protocolo descrito por Etheridge et al. (1998) e convertido para PB utilizando-se o fator de 6,25. A FDN foi estimada seguindo a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991), utilizando-se α -amilase, sem adição de sulfito de sódio e adaptado para o analisador de fibra ANKOM 200 (ANKOM Technology, Fairport, NY).

A produção fecal foi estimada pela fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (COCHRAN et al., 1986). Os teores de FDNi das amostras de fezes, bem como do volumoso, concentrados e das sobras foram obtidos após incubação *in situ* por 288 horas, conforme recomendado por Valente et al. (2011). Durante a etapa experimental foram realizadas 3 coletas *spot* de fezes no início, meio e final do experimento. Cada coleta teve duração de 3 dias consecutivos. As coletas foram realizadas em horários alternados para minimizar o efeito da variação na excreção de FDNi ao longo do dia. As amostras referentes aos dias de coleta de cada período experimental foram devidamente identificadas, pré-secas em estufa ventilada a 55 °C, durante 72 horas.

2.4. Consumo, excreção fecal e urinária de fósforo e digestibilidade aparente da MS

O coeficiente de absorção aparente (AA) do P foi estimado, como sendo $AA = ((No - Nr - Ne)/(No - Nr)) \times 100$, onde No = quantidade do nutriente oferecido (g); Nr = quantidade do nutriente rejeitado (g); Ne = quantidade do nutriente excretado (g). A retenção do P foi estimada como $P \text{ retido (g.dia}^{-1}) = P \text{ consumido} - (P \text{ fecal} + P \text{ da urina})$.

A digestibilidade aparente da MS (DMS) foi estimada seguindo-se o mesmo princípio da estimativa da AA de P.

2.5. Desempenho animal, características de carcaça e custos das dietas

Os animais foram pesados ao início (PI) e ao final (PA) do experimento, sempre após jejum de 16 horas, para a determinação do GMD e ganho de peso total (GPT). Ao final dos 116 dias de confinamento os animais foram abatidos para determinação do peso da carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça quente (RCQ) e ganho diário de carcaça (GCD). A espessura de gordura subcutânea (EGS) e área de olho de lombo (AOL) do músculo *Longissimus* foram medidas entre a 12^a e 13^a costelas, seguindo a metodologia descrita por Greiner et al. (2003).

Após o resfriamento foi realizada a coleta de amostras padronizadas do músculo *Longissimus* entre a 10^o e 13^o costelas e deixadas para maturar por 7 dias entre 0 e 2 °C e posteriormente armazenadas a -20 °C para análise da maciez da carne. A força de cisalhamento foi determinada segundo as recomendações de Wheeler et al. (1995).

Os custos com alimentação dos animais foram diariamente contabilizados para se calcular, ao final do estudo, as despesas com as três dietas experimentais. Foram contabilizados o custo por kg de dieta, o gasto total com o fornecimento das dietas durante o período de confinamento e o preço pago por kg de boi gordo na data do abate. Através da diferença entre os gastos com a alimentação e a receita gerada pelo ganho em kg de PV durante o período de confinamento foi possível se determinar o saldo contábil (R\$/cabeça) para cada tratamento.

2.6. Análise dos Resultados

Os resultados foram avaliados quanto à homocedasticidade das variâncias e normalidade dos dados. Após essas premissas terem sido atendidas, foi efetuada a análise de variância por meio do procedimento GLM do pacote estatístico SAS, versão 9.4. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, foi realizada por meio do teste de Tukey, com nível de

probabilidade de 5% de erro. O intervalo de confiança de 95 % (IC 95 %) foi estimado e apresentado como sendo: $\mu_x \pm ((upper - lower)/2)$; Onde μ é a média de uma variável, x ; e *upper* e *lower* são os limites superiores e inferiores do intervalo de confiança de 95%, respectivamente.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = valor observado no i-ésimo tratamento e j-ésima repetição;

μ = constante inerente ao modelo (média geral);

t_i = efeito do tratamento i ;

e_{ij} = erro aleatório

3. Resultados

Os consumos de MS, PB e FDN e a DMS foram similares entre os animais suplementados ou não com P (Tabela 3). As ingestões de Ca e Mg foram superiores nos tratamentos em que se adicionou núcleo comercial e fosfato bicálcico, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Médias e intervalo de confiança (IC 95 %) do consumo de nutrientes e digestibilidade aparente da MS por novilhos Nelores submetidos ou não a suplementação fosfórica.

Consumo	Tratamentos ¹			P-valor
	T ₁	T ₂	T ₃	
MS (kg.d ⁻¹)	8,00±0,70	7,96±0,82	7,80±0,60	0,954
DMS (g.kg ⁻¹) ²	734,3 ± 16,3	727,9 ± 15,9	713,1 ± 11,4	0,068
PB (kg.d ⁻¹)	1,12±0,10	1,01±0,11	1,04±0,08	0,199
FDN (kg.d ⁻¹)	2,19±0,19	2,19±0,21	2,18±0,18	0,993
Ca (g.d ⁻¹)	48,0±4,17 ^b	102,5±10,5 ^a	98,7±7,39 ^a	0,0001
Mg (g.d ⁻¹)	18,5±1,78 ^b	20,0±2,53 ^b	24,0±2,00 ^a	0,0007
MS (% PV)	2,10±0,13	2,09±0,16	2,11±0,09	0,954
FDN (% PV)	0,57±0,04	0,58±0,04	0,58±0,03	0,886

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24 % P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42 % P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50 % P). ²DMS: Digestibilidade da matéria seca.

O consumo, a retenção e a excreção de P foram influenciados pelo aumento do teor de P nas dietas experimentais ($p < 0,05$) (Tabela 4). A excreção urinária de P e a absorção aparente de P não foram influenciadas pela suplementação com P ($P > 0,05$).

Tabela 4. Médias e intervalo de confiança (IC 95 %) do consumo e excreção de fósforo por novilhos Nelores durante o período de confinamento.

Variável	Tratamentos ¹			<i>P</i> -valor
	T ₁	T ₂	T ₃	
Consumo de P (g.d ⁻¹)	19,9 ± 1,54 ^b	35,7 ± 2,08 ^a	38,5 ± 2,19 ^a	0,0001
Excreção fecal de P (g.d ⁻¹)	11,2 ± 1,94 ^a	18,5 ± 3,51 ^b	21,8 ± 2,84 ^b	0,0001
Excreção urinária de P (g.d ⁻¹)	0,686 ± 0,60	1,67 ± 1,34	1,09 ± 1,22	0,358
Retenção de P (g.d ⁻¹)	7,57 ± 1,82 ^c	13,5 ± 3,33 ^b	17,3 ± 0,97 ^a	0,0001
Absorção aparente de P (%)	42,9 ± 8,43	44,9 ± 7,88	46,3 ± 3,17	0,629
Excreção fecal (% do P excretado)	93,8 ± 0,85 ^b	91,1 ± 1,46 ^c	95,0 ± 0,55 ^a	0,0001
Excreção urinária (% do P excretado)	6,16 ± 0,85 ^b	8,91 ± 1,46 ^a	4,96 ± 0,55 ^c	0,0001

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si (p≤0,05) pelo teste de Tukey.

¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24 % P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42 % P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50 % P).

Não houve diferença no desempenho e nas características de carcaça dos animais frente aos distintos tratamentos experimentais ($P>0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Médias e intervalo de confiança (IC 95 %) do desempenho e características de carcaça de novilhos Nelores submetidos a diferentes estratégias de suplementação fosfórica durante o período de confinamento.

Variável	Tratamentos ¹			P-valor
	T ₁	T ₂	T ₃	
PI (kg)	297,4 ± 16,1	295,8 ± 16,1	294,6 ± 17,1	0,841
PA (kg)	438,3 ± 29,5	431,2 ± 29,6	423,6 ± 25,1	0,724
GMD (kg)	1,21 ± 0,17	1,17 ± 0,20	1,11 ± 0,16	0,453
EA (GMD.kg ⁻¹ MSI)	0,15 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,224
CA (MSI.GMD ⁻¹)	6,68 ± 0,58	7,83 ± 1,44	7,83 ± 1,33	0,124
PCQ (kg)	240,9 ± 16,7	238,8 ± 18,7	233,5 ± 14,5	0,762
RC (%)	55,0 ± 0,01	55,3 ± 0,01	55,1 ± 0,01	0,854
GCD (kg)	0,780 ± 0,103	0,734 ± 0,143	0,714 ± 0,093	0,604
AOL (cm ²)	64,0 ± 3,30	62,6 ± 5,27	60,7 ± 2,34	0,238
EG (mm)	4,68 ± 0,93	4,61 ± 1,07	3,57 ± 1,19	0,271
Maciez (kgf.cm ⁻³)	3,25 ± 0,501	3,45 ± 0,380	3,67 ± 0,316	0,303

¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24 % P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42 % P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50 % P). PI: peso inicial, PA: peso de abate, GMD: ganho médio diário, EA: Eficiência alimentar, CA: Conversão alimentar, PCQ: peso de carcaça quente, RC: Rendimento de carcaça, GDC: ganho de carcaça diário, AOL: área de olho de lombo, EG: espessura de gordura.

A inclusão do núcleo mineral e do fosfato bicálcico aumentou as despesas totais com a alimentação dos animais submetidos ao T₂ e T₃ e resultou em perdas de R\$ 18,0 e 16,0 reais, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Aspecto econômico da suplementação fosfórica para novilhos Nelore durante o período de confinamento.

Variável	T ₁	T ₂	T ₃
Custo da dieta (R\$.ton MS ⁻¹)	641,3	675,6	655,0
Consumo total de MS (kg.Cabeça ⁻¹) ¹	928,0	923,4	904,8
Custo da alimentação no período (R\$.Cabeça ⁻¹) ¹	595,0	623,0	593,0
Ganho de peso total (kg)	140,9	135,4	129,0
Valor pago pelo ganho total de peso (R\$.Cabeça ⁻¹) ²	630,0	605,0	577,0
Saldo contábil (R\$.Cabeça ⁻¹)	35,0	-18,0	-16,0

¹Em 116 dias de confinamento.

² R\$ 4,47.kg⁻¹ de PV (Novembro/2014).

4. Discussão

Com base nos resultados obtidos neste estudo, sugere-se claramente que a suplementação fosfórica para bovinos alimentados com altas proporções de concentrado não traz benefícios ao desempenho dos animais, mas aumenta a excreção de P para o meio ambiente e reduz a lucratividade do sistema. Menores teores de P podem ser mais adequados, mas não foram testados neste estudo. Oliveira & Millen (2014) fizeram um relatório sobre as práticas e recomendações nutricionais adotadas nos confinamentos brasileiros, por meio de um questionário enviado para 33 nutricionistas responsáveis por aproximadamente 2.658.000 animais em confinamentos no Brasil. Os autores reportaram que em 81,8% desses confinamentos são utilizados mais de 70% de concentrado nas dietas, o que não justifica o uso da suplementação fosfórica para bovinos nesses confinamentos. Lemos et al. (2013) não observaram diferenças no desempenho de bovinos Nelores confinados e suplementados ou não com P durante 134 dias de confinamento. Este período é discretamente superior ao utilizado em confinamentos comerciais no Brasil, que varia de 90 a 100 dias. Prados et al. (2015) obtiveram resultados similares ao avaliarem dietas contendo três diferentes concentrações de Ca (0,18; 0,30 e 0,48 % na MS) e três teores de P (0,22; 0,24 e 0,26 % na MS) no consumo,

digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos mestiços durante o período de confinamento. Sendo assim, a suplementação fosfórica de dietas com altas proporções de concentrados não traz benefícios no consumo de MS e na eficiência alimentar, conforme também reportado por Erickson et al. (1999). Geisert et al. (2010) avaliaram dietas contendo 0,10; 0,17; 0,24; 0,31 e 0,38 % de P na MS para novilhas em crescimento e obtiveram resposta quadrática ($p < 0,01$) para a ingestão de MS e GMD e os teores de 0,10 e 0,38% de P geraram os piores resultados.

O aumento nas ingestões de Ca e Mg no T₂ e T₃ se deveu a inclusão do núcleo mineral e calcário nos concentrados, respectivamente. A ingestão de Ca e Mg no tratamento controle foi suficiente para atender as exigências dietéticas diárias preconizadas pelo NRC (2000) que são aproximadamente de 31 e 8 g.d⁻¹ para um bovino de 400 kg com ganho médio diário de 1,0 kg.

De forma similar, houve aumento na ingestão de P com a inclusão de núcleo mineral e fosfato bicálcico nos concentrados, devido a esses ingredientes serem ricos em P. O NRC (2000) preconiza o consumo diário de 19 g de P para manutenção e ganho de 1,2 kg por dia para um bovino de 400 kg, valor similar ao consumo médio de P observado nesse estudo no tratamento T₁ (Tabela 4). Diversos autores têm mostrado que as exigências de P preconizadas pelo NRC (2000) superestimam as necessidades dietéticas dos bovinos. Call et al. (1978) testaram, por 2 anos, dietas contendo 66 ou 172 % das exigências de P preconizadas pelo NRC e não observaram diferenças no consumo, ganho de peso e na reprodução de novilhas. Erickson et al. (2002) avaliaram o desempenho de novilhos consumindo dietas contendo 76 ou 190 % das exigências de P do NRC e também não encontraram diferenças no desempenho dos animais. Em contraste, Oliveira & Millen (2014) reportaram, com relação à fonte de informação utilizada pelos nutricionistas brasileiros para formulação de dietas de confinamento ($n = 32$), que 65,5 % ($n = 20$) dos entrevistados utilizam o NRC. De forma pouco compreensiva, os núcleos minerais contendo altas concentrações de Ca, P e Mg têm sido rotineiramente recomendados e muito utilizados nos confinamentos brasileiros. Segundo Malafaia et al. (2014) isso se deve ao fato de não haver um prévio diagnóstico clínico-nutricional dos animais ou do rebanho.

A relação linear positiva entre o aumento do nível de P na dieta e a excreção de P nas fezes foi observada por diversos autores (GEISERT et al. 2005; BERNIER et al. 2014; PRADOS et al. 2015). Estratégias alimentares que minimizem as perdas de nutrientes, a exemplo do P, em dejetos de confinamentos precisam ser empregadas (HÜNERBERG et al. 2014); uma dessas estratégias envolve a redução da excreção fecal de P para o ambiente pela diminuição da sua quantidade fornecida na alimentação, via suplementos minerais. A redução dos teores de P na dieta não têm efeitos adversos sobre as características de carcaça e GMD, mas pode reduzir significativamente a excreção de P para o meio ambiente, levando-se em consideração que a suplementação com P neste estudo resultou em aumento de 7,3 e 10,6 g por animal.dia⁻¹ na excreção diária de P nos tratamentos T₂ e T₃, respectivamente.

Os bovinos excretam P preferencialmente através das fezes, entretanto, Wu et al. (2000) relataram que em situações em que o P está em altas concentrações na dieta, poderá haver saturação dessa rota de excreção e quantidades significativas de P podem ser excretadas pela urina dos animais. Neste estudo, foi observada uma baixa excreção de P via urina (6,7%) em relação à excreção total de P, onde grande parte do P foi excretada através das fezes.

A maior retenção observada nos animais suplementados com P pode ser explicada pelo aumento da espessura da cortical na região medial dos metacarpos desses animais (dados não publicados). O P ingerido em excesso pode ser depositado nos ossos, conforme relatado por Salazar et al. (2013). A ausência de diferença na absorção aparente de P nos diferentes tratamentos ocorreu devido à maior retenção de P nos tratamentos núcleo mineral (T₂) e fosfato bicálcico (T₃). Os resultados de AA de P obtidos neste estudo são similares aos reportados por Wu (2005) que avaliou a absorção aparente de P em vacas de leite ingerindo dietas com 0,32 a 0,44% de P e encontrou valores de 23,9 a 43,9% de absorção aparente, respectivamente.

Estudos com minerais são complexos devido às múltiplas interações entre estes elementos e outros fatores. A taxa de passagem, interações com as bactérias ruminais e antagonismos entre minerais tem sido relatada por alguns autores (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999; PRADOS et al. 2015). No entanto, estes estudos têm recebido atenção nos últimos anos, em virtude da

necessidade de redução da excreção de minerais para o meio ambiente (PRADOS et al. 2015) e diminuição dos custos da dieta (PEIXOTO et al. 2005).

Neste estudo os animais suplementados ou não com P tiveram a área de olho de lombo semelhante, indicando que a suplementação fosfórica não interferiu no desenvolvimento muscular (Tabela 5). A gordura subcutânea é um importante isolante térmico e tem relação direta com a qualidade da carcaça, pois afeta a taxa de resfriamento e o *rigor mortis*, processos essenciais para a conversão do músculo em carne (SAVELL et al. 2005). Os animais deste estudo produziram uma espessura de gordura satisfatória de acordo os requerimentos da indústria brasileira de carne, que preconiza espessura de gordura mínima de três mm e peso da carcaça quente de 210 kg (OLIVEIRA et al. 2011). De forma similar aos resultados obtidos nesse estudo, Geisert et al. (2010) avaliaram diferentes teores de P (0,10; 0,17, 0,24, 0,31 e 0,38% de P na MS) na dieta de novilhos e não obtiveram acréscimo no desenvolvimento da AOL e EG com o aumento da suplementação fosfórica na dieta.

Para compensar as perdas econômicas observadas pela inclusão de núcleo mineral e do fosfato bicálcico nos tratamentos T₂ e T₃, os animais que ingeriram tais tratamentos teriam que ganhar mais 4,0 e 3,6 kg, respectivamente, para apenas equilibrarem as despesas da sua alimentação com o valor do ganho total de peso. Como não houve diferença no desempenho dos animais suplementados com P, chega-se à conclusão que essa prática pode causar um enorme prejuízo econômico, se levarmos em consideração os 4,69 milhões de bovinos terminados em confinamento e abatidos no ano de 2014 no Brasil (ANUALPEC, 2014).

Muito embora os estudos envolvendo suplementação fosfórica para ruminantes ingerindo concentrados seja assunto “atual” e importante aqui e alhures, faz-se necessário mencionar que no Brasil, desde os anos 50, os conhecimentos sobre os equívocos dessa prática já eram gerados e ensinados; de forma pouco compreensível, não foram assimilados e produziram consideráveis prejuízos (TOKARNIA et al. 2010). A suplementação com P vem sendo realizada nos diversos cenários de produção de gado de corte no Brasil à revelia do diagnóstico clínico-nutricional e vem trazendo prejuízos econômicos e ambientais consideráveis, sobretudo nos confinamentos.

5. Conclusão

Nas condições brasileiras, bovinos confinados ingerindo elevadas quantidades de concentrados não necessitam de suplementação com P e o teor de P (0,24 % na MS), utilizado no tratamento controle foi suficiente para atender as exigências dietéticas dos animais, uma vez que essa estratégia nutricional não afetou o consumo de matéria seca, o desempenho e as características da carcaça dos animais. A suplementação com P aumentou consideravelmente a excreção de P através das fezes e urina, bem como os custos com a alimentação dos animais.

6. Referências

AFRC – Agricultural and Food Research Council. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge. 1993.159 p.

ANUALPEC. **Anuário estatístico da pecuária de corte**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio Ltda., 2015.

AOAC – **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. AOAC International, Arlington, VA, 1990.

BERNIER, J.N.; UNDI, M.; OMINSKI, K.H.; DONOHOE, G.; TENUTA, M.; FLATEN, D.; PLAIZIER, J.C.; WITTENBERG, K.M. Nitrogen and phosphorus utilization and excretion by beef cows fed a low quality forage diet supplemented with dried distillers grains with solubles under termal neutral and prolonged cold conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 193, p.9-20, 2014.

CALL, J.W.; BUTCHER, J.E.; BLAKE, J.T.; SMART, R.A.; SHUPE, J.L. Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.47, p.216-225, 1978.

COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; GALYEAN, M. L. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1476-1483, 1986.

COLLE, N.A.; TODD, R.W. Nitrogen and Phosphorus Balance of Beef Cattle Feedyards. In: **Proceedings of the Texas Animal Manure Management Issues Conference**, Round Rock, Texas, p. 17-24, 2009.

ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, C.T.; BRINK, D.; ORTH, M.W.; WHITTET, K.M. Phosphorus requirement of finishing feedlot calves. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1690-1695, 2002.

ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, C.T.; HANSON, D.; CALKINS, C. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status, and carcass maturity. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 2832-2836, 1999.

ETHERIDGE, R.D.; PESTI, G.M.; FOSTER, E.H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, v.73, p.21-28, 1998.

FERREIRA, P.M; CARVALHO, A.U.; FILHO, E.J.F.; COELHO, S.G.; BORGES, A.L.C.; FERREIRA, M.G.; FERREIRA, R.G. In: _____. (Ed.). **Doenças carenciais e suplementação mineral**. (UFMG publishing, Brazil), 2005. 44p.

GEISERT. B.G.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; LUEBBE, M.K. Effects of Dietary Phosphorus Level in Beef Finishing Diets on Phosphorus Excretion Characteristics. **Nebraska Beef Cattle Reports** (University of Nebraska–Lincoln: Lincoln, NE), p. 50–53, 2005.

GEISERT, B.G.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MACKEN, C.N.; LUEBBE, M.K.; MACDONALD, J.C. Phosphorus requirement and excretion of finishing beef cattle fed different concentrations of phosphorus. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2393-2402, 2010.

GREINER, S.P.; ROUSE, G.H.; WILSON, D.E.; CUNDIFF, L.V.; WHEELER, T.L. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 676 -682, 2003.

HUBBERT, M.K. Nuclear Energy and Fossil Fuels. **Proceedings American Petroleum Institute Drilling and Production Practices**, pp. 7–25, Spring Meeting, San Antonio, Texas, p. 7-25, 1956.

HÜNERBERG, M.; LITTLE, S.M.; BEAUCHEMIN, K.A.; MCGINN, S.M.; O'CONNOR, D.; OKINE, E.K.; HARSTAD, O.M.; KRÖBEL, R.; MCALLISTER, T.A. Feeding high concentrations of corn dried distiller's grains decreases methane, but increases nitrous oxide emissions from beef cattle production. **Agricultural Systems**, v.127, p.19-27, 2014.

LEMONS, G.C.; COSTA, R.M.; NETO, M.G.; MALAFAIA, P. Desempenho ponderal de bovinos nelore suplementados com fontes alternativas de fósforo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, p.188-192, 2013.

LENG, R.A. Decline in available world resources; implications for livestock production systems in Asia. **Livestock Research for Rural Development**, v.20, paper 8, p. 1-20, 2008.

MALAFAIA, P.; MAGNOLI COSTA, R.; BRITO, M.F.; PEIXOTO, P.V.; BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J. Equívocos arraigados no meio pecuário sobre deficiências e suplementação minerais em bovinos no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.34, p.244-249, 2014.

NICODEMO, M.L.F.; MORAES, S.S.; THIAGO, L.R.L.S.; CAXIAS, E.L.; MACEDO, M.C.M.; PIRES, P.P.; MADRUGA, C.R.; VAZ, E.C.; BARROCAS, G.E. Metabolismo ósseo de vacas jovens Nelore em Pastos de *Brachiaria brizantha* suplementadas ou não durante a seca com fósforo/cálcio e concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 316-326, 2005.

NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**, n. 7. rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C. 2000.

OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v.197, p. 64-75, 2014.

OLIVEIRA, I.M.; PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; GOMIDE, L.A.M.; DUARTE, M.S.D.; COUTO, V.R.M. Carcass traits of Nellore, F1 Simmental x Nellore and F1 Angus x Nellore steers fed at maintenance or *ad libitum* with two concentrate levels in the diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p. 2938-2946, 2011.

PEIXOTO, P.V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.25, p.195-200, 2005.

PFEFFER, E.; BEEDE, D.K.; VALK, H. Phosphorus Metabolism in Ruminants and Requirements of Cattle. In: PFEFFER, E.; HRISTOV, A.N. **Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle: Reducing the Environmental Impact of Cattle Operations**. (Eds E. Pfeffer and A. Hristov), Cambridge, MA: CABI Publishing, 2005. p. 195-224.

PRADOS, L.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SANTOS, S.A.; ZANETTI, D.; NUNES, A.N.; COSTA, D.R.; MARIZ, L.D.S.; DETMANN, E.; AMARAL, P. M.; RODRIGUES, F. C.; VALADARES, R.F.D. Reducing calcium and phosphorus in crossbred beef cattle diets: impacts on productive performance during the growing and finishing phase. **Animal Production Science**, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1071/AN14781>

SALAZAR, J.A.E.; FERGUSON, J.D.; BEEGLE, D.B.; REMSBURG, D.W.; WU, Z. Body phosphorus mobilization and deposition during lactation in dairy cows. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.97, p.502-514, 2013.

SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, v.70, p.449-459, 2005.

SILVA, L.F.C.; VALADARES FILHO S.C.; CHIZZOTTI, M.L., ROTTA, P.P., PRADOS, L.F., VALADARES, R.F. D., ZANETTI, D.; BRAGA, J.M.S. Creatinine

excretion and relationship with body weight of Nellore cattle. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.41, p.807- 810, 2012.

SOUZA, J.C. **Formação do preço do suplemento mineral**. CNPGC Informa, Campo Grande, v.2, p.1-2, 1985.

TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European production. **Livestock Production Science**, v.84, p.101-111, 2003.

TOKARNIA, C.H., PEIXOTO, P.V., BARBOSA J.D., BRITO M.F., DÖBEREINER, J. **Deficiências Minerais em Animais de Produção**. Ed. Helianthus, Rio de Janeiro, 2010. p. 5.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. Phosphorus. In: _____. (Ed.). **The Mineral Nutrition of Livestock**, 3rd edition, Publ. CABI International, Wallingford, Oxford, 1999. p.105-148.

VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES FILHO, S.C.; GOMES, D.I.; FIGUEIRAS, J.F. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2565-2573, 2011.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583–3597, 1991.

VASCONCELOS, J.T.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; GALYEAN, M.L.; GREENE, L.W. Review: Feeding nitrogen and phosphorus in beef cattle feedlot production to mitigate environmental impacts. **The Professional Animal Scientist**, v.23, p.8-17, 2007.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for meat tenderness measurement (Online). Available URL: http://192.133.74.26/MRU_WWW/protocol/WBS.html. 1995. Acesso em: 06/11/2015.

WU, Z.; SATTER, L.D.; SOJO, R. Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1028–1041, 2000.

WU, Z. Utilization of phosphorus in lactating cows fed varying amounts of phosphorus and sources of fiber. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.2850-2859, 2005.

CAPÍTULO 3 – PARÂMETROS SANGUÍNEOS E QUALIDADE ÓSSEA DE BOVINOS NELORES SUBMETIDOS OU NÃO À SUPLEMENTAÇÃO FOSFÓRICA DURANTE O PERÍODO DE CONFINAMENTO

RESUMO - Este estudo avaliou o efeito da suplementação fosfórica (SP) sobre os parâmetros sanguíneos e de qualidade óssea de bovinos Nelores, durante o período de confinamento. Para tanto, utilizou-se 42 novilhos com peso médio inicial de 296 ± 25 kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 14 repetições. A dieta utilizada, na base da MS, era formada por bagaço de cana (200 g/kg) e concentrado (800 g/kg). Os tratamentos dietéticos foram: sem a adição de fósforo (P) suplementar (T_1), núcleo mineral comercial (T_2) e fosfato bicálcico (T_3). Os teores percentuais de P na MS foi 0,24; 0,42 e 0,50, respectivamente. Foram avaliadas a composição química óssea, densidade mineral óssea (DMO) e densidade em água (DA), bem como os valores séricos de cálcio (Ca), P, magnésio (Mg), paratormônio (PTH), fosfatase alcalina (FA) e a concentração de P na saliva e no líquido ruminal. Os animais submetidos ou não à suplementação fosfórica, tiveram teores de Ca, relação Ca:P e DMO da 12^a costela semelhantes ($P > 0,05$). No entanto, os animais dos tratamentos T_1 e T_3 tiveram redução dos teores de magnésio ao longo do estudo ($P < 0,05$). Os animais do tratamento sem P suplementar tiveram menor espessura da cortical dos metacarpos ($P < 0,05$), sem comprometer a sua resistência e rigidez ($P > 0,05$). Durante todo o período experimental, nenhum animal foi positivo ao teste da agulha realizado nos processos transversos das vértebras lombares. Não houve efeito da suplementação fosfórica sobre a concentração de Ca e P no soro dos animais ($P > 0,05$). Porém, a inclusão de núcleo mineral no tratamento T_2 resultou em maior concentração de Mg no soro ($P > 0,05$). A suplementação fosfórica alterou de forma significativa os níveis de paratormônio (PTH) e fosfatase alcalina (FA) no soro ($P < 0,05$) e os animais do tratamento T_1 tiveram as menores concentrações circulantes destes hormônios. A suplementação com P para bovinos Nelores recebendo altas proporções de alimentos concentrados durante o período de confinamento não traz benefícios às propriedades químicas e físicas dos ossos desses animais. O teor de 0,24% de P na MS

utilizado no tratamento controle, foi suficiente para garantir uma qualidade óssea satisfatória nos animais.

Palavras-chaves: confinamento, fósforo, metacarpo, Nelore, suplementação

1. Introdução

As deficiências e a suplementação mineral exercem notória importância na sanidade, produtividade e economicidade da suplementação pecuária. No entanto, algumas práticas amplamente aceitas e aplicadas de forma rotineira no Brasil precisam ser questionadas e revistas (MALAFAIA et al. 2014). Salazar et al. (2013) relataram que a mobilização das reservas cálcio no pré-parto é reconhecida e utilizada para a prevenção da hipocalcemia da parturiente. Não obstante, os sistemas de exigências nutricionais não consideram a mobilização de P dos ossos ao longo da vida produtiva dos bovinos de corte. Esta pode ser a explicação para a ausência de efeito no desempenho dos animais quando submetidos, por curtos períodos, a dietas formuladas com teores de P abaixo das exigências preconizadas por tais sistemas (GEISERT et al. 2010; LEMOS et al. 2013; PRADOS et al. 2015).

A tendência de intensificação da produção pecuária exige cada vez mais dos animais, de forma que o desenvolvimento ósseo e sua resistência são componentes essenciais para o satisfatório desempenho animal (WILLIAMS et al. 1991). Há que se levar em consideração que animais confinados podem ter menor resistência óssea quando comparados a animais mantidos em pastagens, devido à menor intensidade de exercícios físicos a qual estão submetidos (HINEY et al. 2004). Por outro lado, animais mantidos em confinamento no Brasil ingerem maior quantidade de minerais sob a forma de alimentos concentrados, volumosos e suplementos minerais, o que pode aumentar a deposição de P nos ossos, conforme relatado por Salazar et al. (2013), o que pode aumentar a resistência à compressão, devido ao incremento na densidade mineral óssea (RAVAGLIOLI et al. 1996). No entanto, o P ingerido em excesso pode aumentar a excreção através das fezes, além de

aumentar os custos da dieta, o que torna inviável essa prática do ponto de vista econômico e ambiental.

Na literatura consultada, não foi possível encontrar estudos que avaliaram o efeito da suplementação fosfórica sobre as propriedades físicas e químicas dos ossos de bovinos durante o período de confinamento nas condições brasileiras e com animais zebuínos. A hipótese deste estudo é que animais não suplementados com P e ingerindo alimentos concentrados ou seus subprodutos, em alta proporção na dieta, não sofrem alterações macroscópicas, químicas e bioquímicas que possam comprometer a qualidade óssea.

O entendimento das alterações do tecido ósseo na fase de terminação de bovinos em confinamento submetidos ou não à suplementação fosfórica poderá reduzir a excreção de P para o meio ambiente sem comprometer o aparelho locomotor dos animais. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da suplementação fosfórica sobre os parâmetros químicos, físicos e hormonais do tecido ósseo de novilhos Nelores durante a fase de confinamento.

2. Materiais e Métodos

2.1. Local, animais, manejo e duração do experimento

O experimento foi aprovado no conselho de ética da UNESP, Campus Jaboticabal, sob protocolo 7741/14.

O estudo foi conduzido na UNESP, Campus Jaboticabal. Foram utilizados 50 animais inteiros e puros da raça Nelore, com idade média de 30 meses. Durante 49 dias (de 8/6/14 até 28/7/14) todos os animais ficaram em uma área de pasto de *Urochloa brizantha* com baixa oferta de forragem na estação seca. Nesse período os animais foram suplementados apenas com cloreto de sódio (NaCl), com o propósito de minimizar os efeitos da ingestão de P, via suplementação mineral comercial que estavam recebendo na fazenda onde foram comprados. Após esse período de restrição fosfórica, oito animais foram abatidos para se obter os dados de referência dos animais (coleta dos metacarpos e das 12^a costelas). Os 42 animais restantes, com peso médio inicial de 296 ± 25 kg, foram alocados em baias individuais (9 m²), cobertas, com piso cimentado que possuíam área de cocho coberto e um bebedouro. Os lotes

foram formados de forma a minimizar os desvios-padrões das médias dos pesos iniciais, após jejum completo de 16 horas.

O experimento teve duração de 116 dias, sendo 21 dias destinados a adaptação dos animais às dietas experimentais.

Duas vezes por dia, cada animal foi observado atenciosamente em relação a quaisquer sinais que poderiam caracterizar um determinado problema (ex. Postura atípica, diarreica, não visitar o cocho, desidratados, etc.). Nesses casos, o veterinário era informado para proceder o exame clínico.

2.2. Delineamento e tratamentos experimentais

O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 4 períodos de coleta de dados e amostras ao longo de 116 dias. A dieta, na base da MS, consistiu de 20 % de bagaço de cana e 80 % de concentrado e foram formuladas de acordo com o AFRC (1993), para terem em média 13 % PB (% MS) e atender um ganho médio diário (GMD) de 1,25 kg. O concentrado foi composto de milho moído, farelo de soja, polpa cítrica e ureia. A composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais com base na matéria seca.

Ingrediente	MS %	% na MS					
		MM	PB	FDN	Ca	P	Mg
Bagaço de cana	54,6	5,95	3,82	90,1	0,08	0,16	0,02
Milho moído	88,2	1,47	10,8	17,1	0,06	0,22	0,23
Farelo de soja	90,0	6,54	45,0	19,7	0,36	0,47	0,28
Polpa Cítrica	87,3	6,37	7,54	23,2	1,84	0,12	0,06
Ureia	99,0	1,00	282,0	-	-	-	-
Núcleo mineral	99,0	ND	-	-	13,1	3,72	8,85
Fosfato Bicálcico	99,0	ND	-	-	22,8	18,4	1,67
Calcário	95,0	ND	-	-	38,7	-	2,97

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, FDN = fibra insolúvel em detergente neutro, FDA= fibra insolúvel em detergente ácido, Ca: cálcio, P: fósforo, Mg: magnésio, ND = não determinado.

Os tratamentos dietéticos (T) consistiram de 3 concentrações de P, sendo 0,24; 0,42 ou 0,50 % na MS. As três concentrações de P foram obtidas usando-se uma dieta basal sem suplemento mineral (T₁, 0,24 % P) e os maiores teores de P foram conseguidos via adição de núcleo mineral comercial (T₂) ou fosfato bicálcico (T₃).

Foram utilizados 14 animais (repetições) por tratamento, formulados para terem similares quantidades de proteína, energia metabolizável e relação Ca:P (Tabela 2).

Tabela 2. Composição das dietas experimentais (g.kg⁻¹ na MS).

Ingredientes (g.kg ⁻¹)	Dietas ¹		
	T ₁	T ₂	T ₃
Bagaço de cana	200	200	200
Milho	480	464	480
Farelo de soja	88	88	88
Polpa cítrica	224	208	218
Ureia	8	8	8
Núcleo mineral ²	0	32	0
Fosfato bicálcico	0	0	8
Calcário	0	0	6,4
	Composição bromatológica		
	T ₁	T ₂	T ₃
MS (g.kg ⁻¹)	888,8	895,4	891,0
PB (g.kg ⁻¹ MS)	136,6	124,4	128,0
FDN (g.kg ⁻¹ MS)	304,8	292,3	305,7
EE (g.kg ⁻¹ MS)	46,6	32,2	40,2
Ca (g.kg ⁻¹ MS)	5,7	12,1	11,8
P (g.kg ⁻¹ MS)	2,4	4,2	5,0
Mg (g.kg ⁻¹ MS)	2,2	2,5	2,9
Relação Ca:P	2,38	2,88	2,36
EMet (Mcal.kg ⁻¹ MS) ³	2,92	2,79	2,86

Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Extrato etéreo (EE) Energia Metabolizável (Emet). ¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24% P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42% P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50% P).

²Composição (por kg) 130 g Ca, 40 g P, 111 g Na, 20 g S, 94 g Mg, 60 mg Co, 650 mg Cu, 40 mg I, 1960 mg Zn, 9 mg Se, 520 mg Mn, 1120 mg Fe, 400 mg monensina e 550 mg virginiamicina.

³Valor calculado com base no NRC (2000).

O T₂ foi formulado de acordo com as recomendações de algumas indústrias brasileiras de suplementos minerais para bovinos de corte em

confinamento, que sugere a adição, no concentrado, de 4 % de um núcleo mineral específico para bovinos confinados. O suplemento mineral usado no T₂ forneceu 12,8 mg de monensina.kg⁻¹ de MS e 17,6 mg de virginiamicina.kg⁻¹ de MS da dieta.

O T₃ foi proposto para ter concentração de P similar ao T₂, porém sem os demais aditivos inseridos do núcleo mineral (vitaminas, ionóforos, leveduras, quelatos, etc.). No T₃ foi utilizado 0,64 % de calcário para adequar a relação Ca:P da dieta e 0,68 % de fosfato bicálcico para se ter teor de P similar ao T₂. A relação Ca:P variou de 2,36:1 a 2,88:1 entre os tratamentos. As dietas foram fornecidas duas vezes por dia, às 06:00 e 16:00h. A quantidade ofertada foi suficiente para permitir sobras diárias de 5 %.

2.3. Coleta de amostras e análises laboratoriais

As análises químico-bromatológicas foram realizadas de acordo com a AOAC (1990), para determinação dos teores de MS (método 934.01), extrato etéreo (EE) (método 954.02). O nitrogênio total foi analisado pelo método de DUMAS utilizando o equipamento Leco-FP 528 LC (2013 LECO Corporation, St. Joseph, MI, USA), de acordo com o protocolo descrito por Etheridge et al. (1998) e convertido para PB utilizando-se o fator de 6,25. A FDN foi determinada utilizando-se α -amilase e sem adição de sulfito de sódio de acordo com Van Soest et al. (1991) e adaptado para o analisador de fibra ANKOM 200 (ANKOM Technology, Fairport, NY).

A digestão das amostras das amostras de dietas e ingredientes foi realizada em ácido nítrico e perclórico para o preparo da solução mineral foi feita seguindo-se o método 935.13 da AOAC (1990). Os teores de Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1990; método 935.13). Os teores de P foram determinados por espectrofotometria colorimétrica (AOAC, 1990; método 965.17).

Nos dias 1, 30, 60, 90 e 115 foram coletadas amostras de sangue (3 a 4 mL), por venopunção da jugular de cada animal e foram colocadas em tubos sem anticoagulante. Em seguida, foram centrifugadas (3000 rpm por 10 minutos) para separação do soro e, após a centrifugação, foram acondicionadas em micro-tubos do tipo eppendorf e congeladas a -20 °C até o

momento das análises de Ca, P, Mg, paratormônio (PTH) e fosfatase alcalina (FA).

O Ca, P e Mg séricos foram determinados por espectrofotometria colorimétrica utilizando-se kits comerciais (LABTEST) no espectrofotômetro (Modelo Bio 2000, LABQTEST, São Paulo, Brasil).

Para a mensuração do PTH foi utilizado o kit comercial PTH-EASIA (DIAsource ImmunoAssays S.A., *Louvain-la Neuve Bélgica*). Além dos reagentes do kit foram adicionados 200 µL de soro para análise de PTH. A leitura das micro-placas foi efetuada em um leitor de ELISA (Multiscan MS Labsystem, *Tiilitie, Vantaa, Finland*) em filtro de 450 e 650 nm. O cálculo da concentração hormonal teve como referência a densidade ótica das amostras e das 6 concentrações da curva padrão do kit: 0, 22, 70, 224, 666, e 1400 pg/mL obtidos nos comprimentos de onda 450 e 650nm. Os coeficientes de variação intra e inter-ensaio das amostras analisadas foram de 5,2 % e 7,5 %, respectivamente.

Para a mensuração da FA foi utilizado o kit comercial Fosfatase Alcalina Liquiform (Labtest, Lagoa Santa, Brasil). Além dos reagentes do kit foram usados 20 µL de soro. Neste caso, a hidrólise da FA num meio alcalino produz p-nitrofenol que tem elevada absorbância, sendo a densidade ótica da amostra proporcional a atividade enzimática da FA na amostra. A leitura das amostras foi efetuada em um leitor de ELISA (Multiscan MS Labsystem, *Tiilitie, Vantaa, Finland*) em filtro de 405 nm. Os coeficientes de variação intra e inter-ensaio das amostras analisadas foram de 2,1 % e 5,4 %, respectivamente.

Nos dias 1 e 115 foram realizadas as coletas de saliva diretamente na boca dos animais, com o auxílio de uma pinça e gase. As amostras foram acondicionadas em micro-tubos do tipo eppendorf e congeladas para posterior análise da concentração de fósforo salivar. A concentração de P na saliva foi determinada por espectrofotometria colorimétrica utilizando-se Kits comerciais (LABTEST).

Para a coleta de líquido ruminal foram utilizados 3 novilhos Nelores canulados no rúmen. Cada animal foi submetido a um tratamento experimental por 21 dias. Em seguida, foram realizadas 3 coletas de amostras nos tempos 0, 6 e 12 horas após a alimentação matinal. A digesta foi coletada diretamente do rúmen, filtrada e centrifugada (3000 rpm por 10 minutos). O sobrenadante foi

acondicionado em eppendorf e congelado a -20 °C. A concentração de P no líquido ruminal foi determinada por espectrofotometria colorimétrica utilizando-se Kits comerciais (LABTEST).

2.4. Parâmetros de qualidade óssea

Durante a fase experimental foram coletados fragmentos ósseos, nos dias 30, 60 e 90 através de biópsias da 12^a costela dos animais, conforme metodologia descrita por Bom Jardim et al. (2015). Em cada período de coleta foram realizadas biópsias em 3 animais por tratamento. Durante o abate (aos 116 dias) também foram amostrados fragmentos das 12^a costelas de todos os animais. Todos os fragmentos foram imediatamente lavados sob jato forte de água para a remoção de tecidos moles e congelados a -20 °C para futuras análises.

No dia da pesagem inicial e nos mesmos dias das biópsias, todos os animais foram submetidos ao denominado teste da agulha, proposto por Barbosa e citado por Tokarnia et al. (2010). Esse teste permite averiguar de forma rápida e direta a resistência óssea, onde uma agulha 40x12 é inserida através da pele, atravessa o subcutâneo e a muscular, atingindo o processo transversal da vértebra lombar (L₂ ou L₃). Uma vez posicionada aproximadamente na metade do processo transversal, o operador faz força sobre o canhão da agulha e tenta penetrar a agulha na base óssea do processo transversal. Esse teste permite, subjetivamente, estabelecer três padrões de resistência óssea: a) ossos que são impenetráveis e que entortam o corpo da agulha (animais sadios); b) ossos que oferecem certa resistência à penetração da agulha (animais com algum grau de deficiência de P, geralmente subclínica) e c) ossos cuja resistência à penetração é mínima (animais com deficiência clínica de P).

A densidade óssea em água (DA) foi obtida seguindo-se o princípio de Arquimedes. Inicialmente a amostra óssea das costelas foi devidamente descongelada, limpa e seca com papel toalha e pesada em balança de precisão com 4 casas decimais. Em seguida, adicionou-se 50 mL de água destilada em um béquer de 100 mL e colocou-se gentilmente a amostra óssea. A altura da coluna de água deslocada foi medida com o auxílio de um paquímetro digital. O volume de água deslocado foi calculado pela fórmula:

$$\text{Volume} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Em que: $\pi = 3,14$; r = raio interno do b quer utilizado (mm); h = altura da coluna de  gua deslocada (mm).

A densidade  ssea em  gua (DA , em g/cm^3) foi estimada pela raz o entre a massa e o volume da amostra  ssea.

Para a avalia  o da densidade mineral  ssea (DMO), as amostras das costelas foram submetidas   an lise de densitometria  ssea radiogr fica no Laborat rio de Radiologia do Instituto de Veterin ria da UFRRJ. Inicialmente, as pe as  sseas foram colocadas sob filme fotogr fico, todas na posi  o antero-posterior, e radiografadas ao lado de uma r gua de densidade (penetr metro) de alum nio de 25 degraus, cujas alturas (espessuras) s o de 0,25 mm entre os degraus 1 e 22 e de 1 mm entre o degrau 23 at  o 25. Foi utilizado um aparelho de raios X digital, modelo OEC 9900 Elite Series GE OEC Medical Systems, calibrado, com dist ncia foco-filme de 90 cm, ajustado para 60 kVp, 10mA e tempo de exposi  o de 0,1 segundo.

Em seguida, as radiografias digitais foram salvas em formato JPEG. A leitura das radiografias, para determina  o da densidade mineral  ssea foi realizada utilizando-se a ferramenta histograma do software Corel Photo Paint X4. Para as leituras densitom tricas foram tomados dois pontos, um na regi o central e outro na perif rica das imagens radiogr ficas e em cada degrau da escada de alum nio. As tonalidades de cinza das amostras  sseas foram convertidas em valores relativos   espessura de cada degrau da escada de alum nio (mmAL), para aferi  o da densidade mineral  ssea. Quanto maior o valor obtido, maiores eram as radiopacidades e, conseq entemente, a densidade mineral  ssea.

Ap s o abate, os metacarpos direitos de todos os animais foram removidos dos tecidos moles adjacentes. Depois, foram inicialmente secos com papel toalha, pesados e serrados ao meio. A amostra serrada foi medida em seu plano transversal, nos v rios di metros interno e externo, com o uso de um paqu metro eletr nico digital (capacidade de 0 a 150 mm e precis o de 0,01 mm), conforme demonstrado na Figura 1, proposta por Hiney et al. (2004). A densidade em  gua das amostras dos metacarpos tamb m foi estimada, de forma id ntica ao procedimento feito para as amostras de costelas.

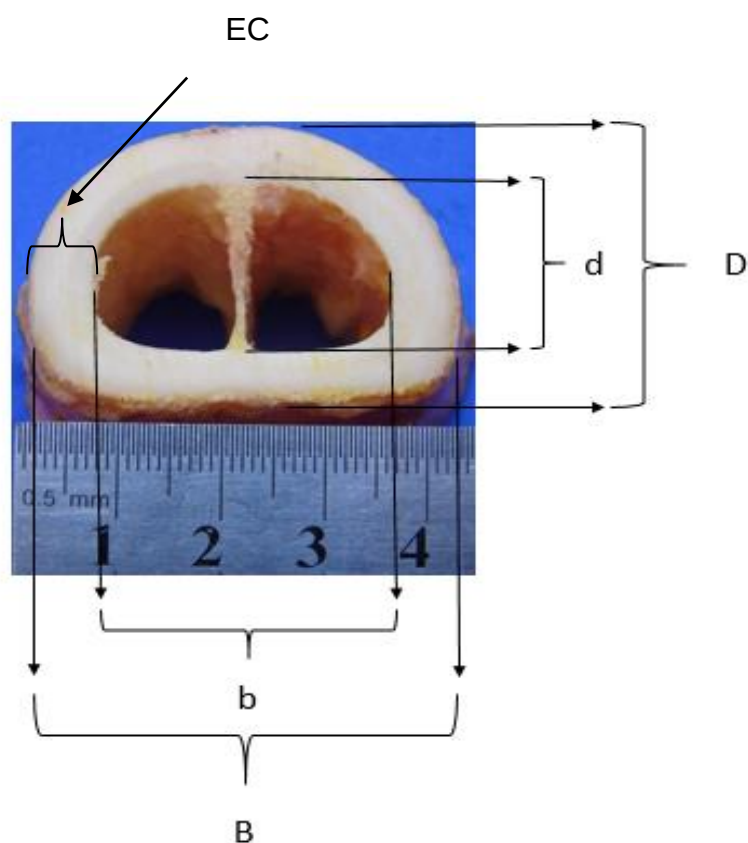


Figura 1. Esquema da seção do metacarpo bovino demonstrando o maior diâmetro externo (B; diâmetro lateromedial do osso), maior diâmetro interno (b; diâmetro da cavidade medular lateromedial), menor diâmetro externo (D; diâmetro dorsopalmar do osso), menor diâmetro interno (d; diâmetro da cavidade medular dorsopalmar) e a espessura da cortical (EC).

Os metacarpos esquerdos foram submetidos à análise de resistência óssea em uma máquina universal de ensaios mecânicos modelo DL 3000 no Laboratório de Bioengenharia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP. Foram avaliadas a força máxima (N) para fratura óssea e a rigidez óssea (N/mm). Os dados foram coletados por um computador acoplado diretamente à máquina, com uso do programa computacional Tesc. As peças ósseas foram

posicionadas em apoios da região das epífises com vão livre de 18 cm para todos os metacarpos. A velocidade de descida da sonda para a aplicação da força foi de (5 mm/min) para todas as amostras, de modo que a força aplicada foi mensurada no momento anterior à fratura do osso.

2.5. Análises estatísticas

Os resultados foram avaliados quanto à homocedasticidade das variâncias e normalidade dos dados, atendidas as premissas foi efetuada a análise de variância a 5%. Os resultados foram comparados pelo teste de Tukey. As análises de variância foram realizadas por meio do procedimento MIXED do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System), versão 9.4 para Windows, específico para casos de medidas repetidas no tempo e em que o tempo é um fator a ser estudado como causa de variação. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, foi realizada por meio do teste de Tukey com nível de probabilidade de 5 %. O intervalo de confiança de 95% (IC 95 %) foi estimado e apresentado como sendo: $\mu_x \pm (upper - lower)/2$; Onde μ é a média de uma variável, x ; e *upper* e *lower* são os limites superiores e inferiores do intervalo de confiança de 95 %, respectivamente.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_{j(i)} + t_k + st_{ik} + e_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = valor observado no i-ésimo tratamento e j-ésima repetição;

μ = constante inerente ao modelo (média geral);

t_i = efeito do tratamento i;

$r_{j(i)}$ = repetição j do tratamento i;

t_k = efeito do k-ésimo tempo de suplementação;

st_{ik} = efeito da interação;

e_{ijk} = erro aleatório

3. Resultados

Na Tabela 3 podem ser observados a composição mineral, DA e DMO da 12ª costela dos animais submetidos aos diferentes tratamentos. Os animais, submetidos ou não a suplementação fosfórica, tiveram teores de Ca na 12ª costela semelhantes ($P>0,05$). Não houve efeito da SP sobre o teor de P, relação Ca:P, DA e DMO nos fragmentos de costelas ($P>0,05$). Os tratamentos T₁ e T₃ tiveram redução dos teores de magnésio presente nas costelas nos tratamentos ao longo deste estudo ($p<0,05$).

Tabela 3. Médias e intervalo de confiança (IC 95 %) da composição mineral, DA e DMO da 12ª costela de novilhos Nelores submetidos ou não a suplementação fosfórica.

Variável	Tratamentos ¹			P-valor
	T ₁	T ₂	T ₃	
Ca,% MS	24,4 ± 1,28	25,5 ± 1,41	25,5 ± 1,66	0,349
P,% MS	11,0 ± 0,39	10,9 ± 0,44	11,0 ± 0,45	0,833
Ca:P	2,22 ± 0,24	2,36 ± 0,27	2,32 ± 0,37	0,278
Mg,% MS	1,27 ± 0,25 ^b	1,85 ± 0,25 ^a	1,40 ± 0,23 ^b	0,005
DA ²	1,52 ± 0,07	1,54 ± 0,05	1,53 ± 0,11	0,290
DMO ³	4,71 ± 0,99	5,04 ± 0,98	5,13 ± 1,37	0,07

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si ($p\leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24% P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42% P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50% P). ²DA: Densidade óssea em água; ³DMO: Densidade mineral óssea.

As medidas dos metacarpos dos animais submetidos ou não a suplementação com P estão apresentadas na Tabela 4. A suplementação fosfórica não influenciou as medidas ósseas avaliadas na região medial do metacarpo dos animais durante a fase de confinamento ($P>0,05$). Os animais suplementados com P tiveram aumento da espessura da cortical ($P<0,05$). Não houve efeito da suplementação fosfórica sobre a densidade em água dos metacarpos dos animais submetidos ou não a suplementação com P ($P>0,05$).

Tabela 4. Médias e intervalo de confiança (IC 95 %) dos parâmetros ósseos da região medial do metacarpo de novilhos Nelores submetidos ou não suplementação fosfórica durante o período de confinamento.

Variável	Tratamentos ¹			P-valor
	T ₁	T ₂	T ₃	
Maior d.e. ²	37,6 ± 1,63	37,7 ± 1,07	37,9 ± 1,25	0,931
Maior d.i. ³	20,6 ± 1,44	19,7 ± 0,88	20,1 ± 1,44	0,448
Menor d.e.	25,6 ± 0,81	26,2 ± 0,73	26,5 ± 0,93	0,299
Menor d.i.	13,2 ± 1,05	12,6 ± 0,63	13,4 ± 0,79	0,258
EC ⁴	7,98 ± 0,31 ^b	8,76 ± 0,41 ^a	8,65 ± 0,41 ^a	0,005
DA ⁵	2,21 ± 0,11	2,15 ± 0,13	2,25 ± 0,31	0,638

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24% P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42% P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50% P).

²d.e: diâmetro externo; ³d.i: diâmetro interno. ⁴Espessura da camada cortical; ⁵Densidade em água.

No início do experimento, apenas três animais foram positivos, porém de forma subclínica, ao teste da agulha (Tabela 5). Esses animais foram distribuídos de forma a ter um em cada tratamento experimental. Depois de iniciado o fornecimento das dietas experimentais, nenhum animal teve resultado positivo, o que caracteriza a ausência da deficiência de P nos animais submetidos aos diferentes tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados (em número de casos positivos) do teste da agulha em bovinos suplementados ou não com fósforo durante o período de confinamento¹.

Tratamentos ²	1º dia	30 dias	60 dias	90 dias	116 dias
Controle (T ₁)	1	0	0	0	0
Núcleo comercial (T ₂)	1	0	0	0	0
Fosfato bicálcico (T ₃)	1	0	0	0	0

¹Análise descritiva. ²T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24 % P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42 % P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50 % P).

Não houve efeito da suplementação fosfórica sobre a resistência e rigidez dos metacarpos dos animais ($P > 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Médias e intervalo de confiança (IC 95 %) para a resistência óssea (RO) e rigidez (RG) dos metacarpos de novilhos Nelores submetidos ou não suplementação fosfórica durante o período de confinamento.

Variável	Tratamentos ¹			<i>P</i> -valor
	T ₁	T ₂	T ₃	
RO (N)	10798,4 ± 905,2	11918,6 ± 1467,0	10934,7 ± 618,4	0,1534
RG (N/mm)	1807,6 ± 148,6	1956,8 ± 242,5	1854,6 ± 110,2	0,3534

¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24% P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42% P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50% P).

Em função da ausência de interação entre tratamentos e períodos de coletas, com exceção do PTH, optou-se por apresentar somente as médias gerais dos parâmetros avaliados no soro dos animais.

Os resultados dos parâmetros bioquímicos no soro, bem como o P salivar e ruminal dos animais, submetidos ou não a suplementação fosfórica, estão demonstrados na Tabela 7. Não houve efeito da suplementação fosfórica sobre a concentração sérica de Ca e P ($P > 0,05$). No entanto, a inclusão do núcleo mineral no T₂ resultou em maior concentração de Mg no soro ($P > 0,05$). A suplementação fosfórica alterou de forma significativa os valores de PTH e FA no soro ($P < 0,05$). Os animais do tratamento controle tiveram as menores concentrações circulantes destes hormônios. Os níveis de PTH aumentaram de forma significativa após 30 dias de confinamento (Figura 2). A concentração de fósforo presente na saliva e líquido ruminal não foram influenciados pela suplementação fosfórica ($p > 0,05$).

Tabela 7. Médias e intervalos de confiança (IC 95 %) de parâmetros bioquímicos no soro, saliva e líquido ruminal de bovinos Nelores submetidos ou não a suplementação fosfórica durante o período de confinamento.

Soro ²	Tratamentos ¹			P-valor	
	T ₁	T ₂	T ₃	Trat	Trat*Per
Ca (mg/dL)	8,94 ± 0,24	8,70 ± 0,22	8,84 ± 0,22	0,333	0,1622
P (mg/dL)	6,97 ± 0,31	6,96 ± 0,26	6,95 ± 0,24	0,996	0,3194
Mg (mg/dL)	1,83 ± 0,08 ^b	2,18 ± 0,11 ^a	1,84 ± 0,06 ^b	0,0001	0,357
PTH (pg/dL)	254,7 ± 23,7 ^b	310,7 ± 28,4 ^a	311,2 ± 33,2 ^a	0,003	0,003
FA (U/L)	40,8 ± 2,89 ^b	51,5 ± 5,37 ^a	49,3 ± 4,73 ^a	0,0004	0,412
P salivar (mg/dL)	1,66 ± 0,89	1,78 ± 1,34	1,62 ± 0,75	0,975	-
P ruminal (mg/dL)	52,0 ± 23,7	50,3 ± 15,0	43,8 ± 23,3	0,736	-

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

¹T₁: tratamento controle sem P suplementar (0,24% P), T₂: tratamento com núcleo mineral comercial (0,42 % P) e T₃: tratamento com fosfato bicálcico (0,50 % P).

²As médias apresentadas dos tratamentos são provenientes de 4 coletas realizadas nos dias: 1, 30, 60 e 90.

4. Discussão

Em bovinos de corte na fase de terminação, a mobilização de P para atender às exigências de manutenção e produção é pouco estudada e deveria ser considerada, a fim de aumentar a confiabilidade nas estimativas das exigências nutricionais de P, o que pode contribuir para a redução dos teores de P nas dietas de confinamento e no aumento da eficiência de utilização do P, o que é bastante interessante na perspectiva econômica e ambiental na pecuária de corte. Neste estudo, os animais submetidos ou não à suplementação fosfórica, tiveram teores similares de P na MS do osso desengordurado, o que indica que o tratamento controle (T₁) tinha P suficiente para atender as exigências para o GMD proposto, sem que a mobilização de P comprometesse as características químicas e físicas do tecido ósseo. Segundo Riet-Correa & Timm (2007) e Radostits et al. (2007) o conteúdo de fósforo nas cinzas ósseas ainda é considerado o mais acurado indicador do *status* fosfórico dos bovinos. Os resultados obtidos neste estudo são muito próximos aos encontrados por Wu et al. (2001) em vacas de leite ingerindo dietas com 0,31; 0,39 e 0,47 % de P;

esses autores não encontraram diferenças significativas no teor de P nos ossos desses animais.

A suplementação com P não influenciou a concentração de cálcio na 12^a costela dos animais, ao longo do período de confinamento ($p>0,05$). Os resultados obtidos estão dentro da faixa esperada para bovinos clinicamente saudáveis, conforme sugerido por Beighle et al. (1994) que obtiveram valores variando entre 19,4 a 34,5% em bovinos saudáveis em diferentes idades. É importante lembrar que os teores de cálcio nos ossos são influenciados pela idade do animal, estágio fisiológico e status nutricional.

Embora tenham sido observadas diferenças nos teores de magnésio encontrados nos ossos dos animais deste experimento, a dieta no tratamento T₁ continha Mg suficiente para atender as exigências recomendadas pelo NRC (2000) para bovinos confinados em fase de terminação que é de 0,10 % na MS.

A relação Ca:P presente no ossos não foi afetada pela suplementação com P; provavelmente isso se deveu ao equilíbrio entre esses minerais nas dietas fornecidas aos animais.

Os animais submetidos à suplementação fosfórica não exibiram alterações na densidade óssea em água, densidade mineral óssea, resistência e rigidez óssea. Quando interpretados por meio do intervalo de confiança, pode-se perceber que as médias das DA e DMO pertencem à mesma população amostral. Ainda não existem na literatura valores de referência dos parâmetros: DMO, diâmetros internos e externos (maiores e menores) da secção mediana do metacarpo, RO e RG de bovinos Nelores com peso entre 300 e 440 kg, tais como os obtidos nesse estudo.

No Brasil, os problemas relacionados à baixa ingestão de P, por longos períodos, tais como a fragilidade óssea, alterações posturais e fraturas já foram descritos há décadas (TOKARNIA et al. 2010). Apesar de exibirem moderada resistência à penetração da agulha 40x12, em três animais foi possível transpassar a vértebra lombar L₂ no primeiro dia do experimento (Tabela 5). Muito provavelmente, esses animais apresentavam naquele momento uma deficiência subclínica de P, devido ao fato de não receberem, de forma proposital, P suplementar por 49 dias antes do início do experimento. No

entanto, nas avaliações seguintes (30, 60, 90 e 116 dias) em nenhum dos animais foi possível transpassar a vértebra lombar com a agulha.

A suplementação com fósforo nas condições experimentais não trouxe benefício ao desempenho, além de ter aumentado a excreção de P através das fezes e os custos da dieta (dados não publicados).

Trabalhos que relacionam o nível de suplementação fosfórica da dieta com as medidas ósseas de bovinos são escassos na literatura. O efeito da suplementação fosfórica sobre a espessura da cortical do metacarpo de bovinos foi demonstrado por Willians et al. (1991) que, após um período de restrição ao P de 210 dias, avaliaram bovinos recebendo dietas com 0,12 ou 0,20 % de P por 245 dias e relataram diferenças significativas na espessura da cortical entre os grupos suplementados ou não com P. Os resultados encontrados por esses autores foram similares aos obtidos neste estudo. Desta forma, observou-se que bovinos, na fase de confinamento, suplementados com maiores teores de P aumentam a espessura da cortical sem alterar a resistência óssea, a densidade mineral óssea, densidade óssea em água, diâmetros maior e menor (internos e externos) da região medial dos metacarpos, demonstrados esquematicamente na Figura 1.

No presente estudo os animais sem P suplementar tiveram valores plasmáticos satisfatórios deste mineral e que não caracterizam quadros carenciais subclínicos. Underwood & Suttle, (1999) relatam que valores abaixo de $4,5 \text{ mg.dL}^{-1}$ são comumente encontrados em animais com deficiência de P. Os valores de cálcio no soro mantiveram-se constantes, provavelmente em função do equilíbrio deste mineral com o fósforo nas dietas experimentais. Kincaid et al. (1981) relataram que a quantidade de magnésio absorvida pelo intestino pode ser reduzida pelo aumento das quantidades de P na dieta. No entanto, nas condições experimentais o aumento do P na dieta não teve efeito sobre a concentração de magnésio soro pela ausência de diferença nos níveis plasmáticos desse mineral entre os tratamentos T₁ e T₃. De acordo com Suttle (2010) a deficiência de Mg se manifesta quando a concentração está abaixo de $1,5 \text{ mg.dL}^{-1}$ no soro. No entanto, todos os tratamentos tiveram concentração de Mg no soro superior a esse valor.

A DMO é uma medida pontual estática e pode não refletir as alterações dinâmicas do tecido ósseo na ocasião do exame (SARAIVA & CASTRO, 2002).

Com vistas, a suprir esta limitação e melhorar a acurácia do diagnóstico da qualidade óssea, os marcadores bioquímicos tornam-se bastante úteis. O aumento da reabsorção óssea causado por aumentos na secreção de PTH é bem conhecido (ZHAO et al. 1999). Entretanto, tem sido descrito o papel anabólico do PTH sobre o tecido ósseo, com incremento na massa óssea (MACINTYRE, 1986; HIRANO et al. 1999; BURR et al. 2001). De acordo Gartner & Hiatt (2007) as membranas plasmáticas dos osteoblastos são ricas na enzima FA. Durante a formação ativa do tecido ósseo, estas células secretam altos níveis de FA, elevando os níveis desta enzima no sangue. Desta forma, os maiores níveis de PTH e FA no soro dos animais suplementados com P poderiam explicar a maior espessura da cortical observada nos tratamentos T₂ e T₃. No entanto, apesar das diferenças significativas observadas nos níveis de PTH e FA, os animais do T₁ mantiveram os parâmetros químicos e físicos normais nos ossos avaliados. Os marcadores bioquímicos são ferramentas úteis no diagnóstico da qualidade óssea, porém muitas vezes um resultado “estatisticamente significativo” pode não ser “cl clinicamente importante”, sendo necessário critério clínico na interpretação desses resultados (Paes, 1998).

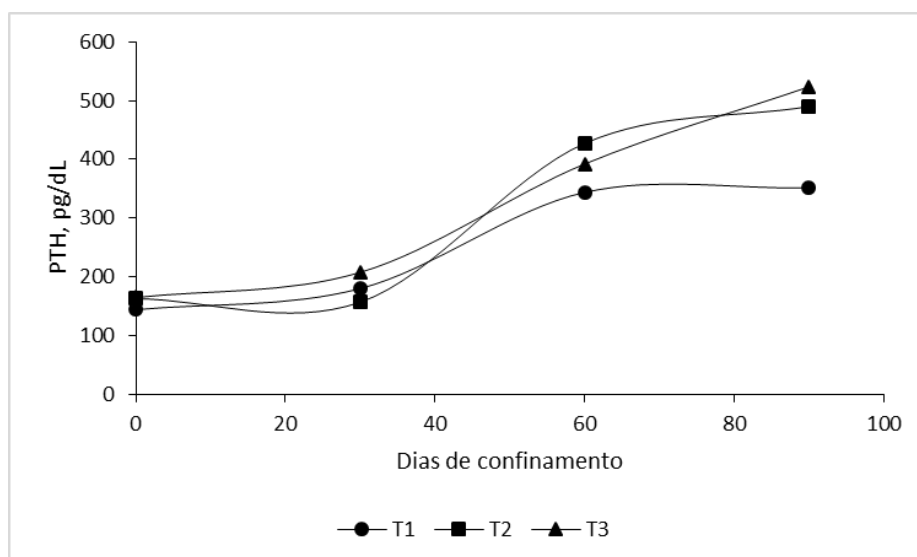


Figura 2. Níveis de PTH no soro de bovinos Nelores submetidos ou não a suplementação fosfórica durante o período de confinamento.

A relação entre a concentração de P na saliva e no plasma é bem conhecida, conforme demonstrado por Chala et al. (1989). A ausência de

diferença na concentração de P salivar entre os animais submetidos ou não a suplementação fosfórica pode ser explicada pela similaridade entre os níveis de P no soro.

De acordo com Kincaid & Rodehutsord (2005) a concentração de P presente no líquido ruminal é dependente dos teores de P presentes na dieta e da reciclagem via saliva. Apesar da menor quantidade de P, presente no tratamento controle, os resultados de fósforo no líquido ruminal não diferiram entre si, o que pode estar relacionada com a reciclagem de P via saliva. Desta forma, os microrganismos do rúmen são menos sensíveis que o ruminante à deficiência de P (NEL & MOIR, 1974)

Se bovinos, na fase de terminação, ingerindo grande quantidade de concentrados, sem suplementação fosfórica, tivessem comprometimento na qualidade óssea, essa hipótese seria confirmada neste estudo. Mesmo sendo desafiados previamente a 49 dias de pastejo, apenas com a suplementação com NaCl, e por mais 116 dias de confinamento, o grupo não suplementado com P manteve dentro da normalidade as propriedades químicas e físicas do tecido ósseo. Portanto, o teor de 0,24 % de P na MS utilizado no tratamento controle foi suficiente para garantir uma qualidade óssea satisfatória nos animais. Menores teores de P podem ser mais adequados, mas não foram testados neste estudo.

5. Conclusão

A suplementação com P para novilhos Nelores, ingerindo altas proporções de alimentos concentrados, durante o período de confinamento, não traz benefícios às propriedades químicas e físicas dos ossos desses animais.

6. Referências

AFRC – Agricultural and Food Research Council. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, 1993.159 p.

AOAC – **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. AOAC International, Arlington, VA, 1990.

BEIGHLE, D. E.; BOYAZOGLU, P. A.; HEMKEN, R. W.; SERUMAGA-ZAKE, P. A. Determination of calcium, phosphorus, and magnesium values in rib bones from clinically normal cattle. **American Journal of Veterinary Research**, v.55, p.85-89, 1994.

BOM JARDIM, H.A.; OLIVEIRA, C.M.C.; SILVEIRA, J.A.; SILVA, N.S.; DUARTE, M.D.; FAIAL, K.C.F.; BRITO, M.F.; BARBOSA, J.D. Deficiências minerais em vacas em lactação da bacia leiteira do município de Rondon do Pará, Estado do Pará. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.35, p.409-416, 2015.

BURR, D. B.; HIRANO, T.; TURNER, C. H.; HOTCHKISS, C.; BROMMAGE, R.; HOCK, J. M. Intermittently administered human parathyroid hormone (1-34) treatment increases intracortical bone turnover and porosity without reducing bone strength in the humerus of ovariectomized cynomolgus monkeys. **Journal of Bone Mineral Research**, v.16, p.157-165, 2001.

CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D.; DHANOA, M.S. Phosphorus homeostasis in growing calves. **Journal of Agricultural Science**, v.112, p.217-226, 1989.

GARTNER, L.P.; HIATT, J.L. **Tratado de Histologia em Cores**. Rio de Janeiro: 3ªed Guanabara Koogan, 2007. p. 142

GEISERT, B.G.; ERICKSON, G.E.; KLOPFESTEN, T.J.; MACKEN, C.N.; LUEBBE, M.K.; MACDONALD, J.C. Phosphorus requirement and excretion of finishing beef cattle fed different concentrations of phosphorus. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2393-2402, 2010.

HINEY, K.M.; NIELSEN, B.D.; ROSENSTEIN, D.; ORTH, M.W.; MARKS, B.P. High intensity exercise of short duration alters bovine bone density and shape. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1612-1620, 2004.

HIRANO T.; BURR, D.B.; TURNER C.H.; SATO M.; CAIN R.L.; HOCK J.M. Anabolic effects of human biosynthetic parathyroid hormone fragment (1-34), LY333334, on remodeling and mechanical properties of cortical bone in rabbits. **Journal of Bone Mineral Research**, v.14, p.536-545, 1999.

KINCAID, R.L.; RODEHUTSCORD, M. Phosphorus metabolism in rumen. In: PFEFFER, E.; BEEDE, D.K.; VALK, H. **Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle – Reducing the Environmental Impact of Cattle Operations** (Eds E. Pfeffer and A. Hristov), Cambridge, MA: CABI Publishing, 2005. p.187–193.

MACINTYRE, I. The hormonal regulation of extracellular calcium. **British Medical Bulletin**, v.42, p.343-352, 1986.

MALAFIA, P.; MAGNOLI COSTA, R.; BRITO, M.F.; PEIXOTO, P.V.; BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J. Equívocos arraigados no meio pecuário sobre deficiências e suplementação minerais em bovinos no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.34, p.244-249, 2014.

NEL, J.W.; MOIR, R.J. The effect of ruminal and duodenal application of different levels of calcium and phosphorus to sheep on semi-purified diets. **South African Journal of Animal Science**, v.4, p.1–20, 1974.

PAES, A.T. Itens Essenciais em Bioestatística. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.71, p.575-580, 1998.

PRADOS, L.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SANTOS, S.A.; ZANETTI, D.; NUNES, A.N.; COSTA, D.R.; MARIZ, L.D.S.; DETMANN, E.; AMARAL, P. M.; RODRIGUES, F. C.; VALADARES, R.F.D. Reducing calcium and phosphorus in crossbred beef cattle diets: impacts on productive performance during the growing and finishing phase. **Animal Production Science**, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1071/AN14781>

RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; HINCHCLIFF, K.W.; CONSTABLE, P. D. Diseases associated with nutritional deficiencies. In: _____ (Eds). **Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats**. 10^a ed. Philadelphia: Saunders, 2007. p.1761.

RAVAGLIOLI, A.; KRAJEWSKI, A.; CELOTTI, G.C.; PIANCASTELLI, A.; BACCINI, B.; MONTANARI, L.; ZAMA, G.; PIOMBI, L. Mineral evolution of bone. **Biomaterials**, v.17, p.617-622, 1996.

RIET-CORREA, F.; TIMM, C.D. Deficiência de fósforo. In: RIET-CORREA F.; SHILD A.L.; LEMOS, R.A.A.; BORGES J.R.J. (Eds), **Doenças de Ruminantes e Eqüídeos**, vol.2. Palloti, Santa Maria, 2007. p. 248-257.

SALAZAR, J.A.E.; FERGUSON, J.D.; BEEGLE, D.B.; REMSBURG, D.W.; WU, Z. Body phosphorus mobilization and deposition during lactation in dairy cows. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.97, p. 502-514, 2013.

SARAIVA, G.L.; CASTRO, M.L. Marcadores Bioquímicos da Remodelação Óssea na Prática Clínica. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia & Metabologia**, v.46, p.72-78, 2002.

TOKARNIA, C.H.; PEIXOTO, P.V.; BARBOSA J.D.; BRITO M.F.; DÖBEREINER, J. **Deficiências Minerais em Animais de Produção**. Ed. Helianthus, Rio de Janeiro, 2010. p.19 e 42.

SUTTLE, N.F. Magnesium. In: _____. (Ed). **The Mineral Nutrition of Livestock**, 4rd edition, Publ. CABI International, Wallingford, Oxford, 2010. p.105.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. Phosphorus. In: _____. (Ed.). **The Mineral Nutrition of Livestock**, 3rd Edition, Publ. CABI International, Wallingford, Oxford, 1999. p.123.

WILLIAMS, S.N.; LAWRENCE, L.A.; MCDOWELL, L.R.; WILKINSON, N.S.; FERGUNSON, P.W.; WARNICK, A.C. Criteria to evaluate bone mineralization in cattle: I. Effect of dietary phosphorus on chemical, physical, and mechanical properties. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1232-1242, 1991.

Wu, Z.; SATTER, L.D.; BLOHOWIAK, A.J.; STAUFFACHER, R.H.; WILSON, J.H., Milk production, estimated phosphorus excretion and bone characteristics

of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.1738-1748, 2001.

ZHAO, W.; BYRNE, M.H.; BOYCE, B.F.; KRANE, S.M. Bone resorption induced by parathyroid hormone is strikingly diminished in collagenase-resistant mutant mice. **The Journal of Clinical Investigation**, v.103, p.517-524, 1999.

APÊNDICE - Implicações da utilização do fósforo em bovinos de corte confinados no Brasil

A necessidade da redução da excreção do P através das fezes e urina dos bovinos nos diferentes sistemas de produção de gado de corte no Brasil e no Mundo é assunto incontestado. Tal fato ocorre devido ao potencial de contaminação ambiental, do alto custo e da tendência de escassez das reservas de P nos próximos anos. Nesse contexto, no Brasil, há necessidade do maior enfoque das pesquisas na determinação das exigências de fósforo em animais zebuínos criados nas condições brasileiras, onde a quantificação da contribuição do P advindo da mobilização óssea para atender as exigências pode constituir-se numa importante estratégia para a sustentabilidade do uso do P na produção de bovinos de corte. Outro aspecto importante seria o questionamento de práticas de suplementação mineral, amplamente aceitas e utilizadas no Brasil.

No cenário nacional, observa-se uma relativa despreocupação por parte da maioria das indústrias de suplementos minerais com relação ao uso excessivo de diversos minerais nas formulações; muitas vezes amparada pela legislação vigente. Vale ressaltar que, de forma pouco compreensível, a adição de elementos que podem ser necessários em quantidades menores ou até mesmo desnecessários é obrigatória por normativas ministeriais. Felizmente, houve um aumento considerável no número de publicações, em periódicos de respeito internacional, de artigos que trataram da necessidade de redução do uso de minerais nas dietas para ruminantes, sobretudo o P. Assim, espera-se que nos próximos anos haja uma maior conscientização e cautela na recomendação de produtos sem o prévio diagnóstico clínico nutricional dos rebanhos bovinos no Brasil.

Por anos, práticas de suplementação mineral ensinadas em universidades e preconizadas por muitas indústrias de suplementos minerais no Brasil criaram muitos equívocos no meio pecuário sobre o uso de suplementos minerais. Nesse contexto, as universidades e os centros de pesquisas devem sempre se lembrar da sua responsabilidade social e econômica e gerarem conhecimentos úteis, críveis e que permitam ser transformados em riquezas. Essa missão soberana assegura o

desenvolvimento econômico do país, o bem-estar das pessoas ligadas à atividade pecuária e o uso racional dos recursos naturais.

Baseado nos resultados obtidos nesse estudo, indico a retirada do fósforo suplementar em dietas de alto grão ($\geq 80\%$ de concentrado na dieta) para bovinos Nelores terminados em confinamento. Tal prática não traz nenhum prejuízo ao desempenho dos animais, mas pode trazer uma grande economia ao sistema de produção, além da menor excreção de P para o meio ambiente através das fezes e urina dos animais. Sobretudo, se levarmos em consideração o número crescente de bovinos abatidos no Brasil oriundos da terminação em confinamento.