

## Phosphorus concentration in sheep consuming increasing dietary levels of phosphorus<sup>□</sup>

*Concentração de fósforo em fluidos de ovinos em função da variação deste mineral na dieta*

*Concentración de fósforo en fluidos de ovinos en función de la variación del mineral en la dieta*

Everton do Espírito Santo Borges<sup>1</sup>, Zoot, MSc; José C da Silva Filho<sup>2</sup>, Quim, DSc; René M Patiño Pardo<sup>1\*</sup>, Zoot, DSc.

<sup>1</sup>Tortuga Companhia Zootécnica Agrária, Av. Brigadeiro Faria Lima, CEP 01452-905 São Paulo, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia - Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras, MG, Brasil.

<sup>3</sup>Universidad de Sucre, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cr 28 N°5-267, Sincelejo, Colômbia.

(Recibido: 17 marzo, 2011; aceptado: 8 mayo, 2012)

### Summary

**Objective:** the aim of this experiment was to evaluate the effect of increasing levels of P intake on the P concentration in biological fluids of Santa Ines lambs. **Methods:** 18 animals were individually confined in metabolic cages for 35 days. Phosphorus levels in the diet were: 25% lower than the level recommended by the NRC (1985) (T1); the recommended level by the same agency (T2); and 25% higher than the recommended level (T3). The experimental design was randomized blocks following a repeat measure arrangement. Two experimental periods of five weeks were evaluated. Saliva, plasma, rumen liquor, feces and urine samples for P determinations were collected during last three weeks of each period, for four consecutive days. **Results:** for the lowest amount of P intake (1.87 g/day) corresponding to T1 ( $p < 0.05$ ), showed values of plasma P in average of 5.99 mg/100 ml, 42.91 mg of P/100 ml in saliva, 48.64 mg of P/100 ml in ruminal liquor, 0.19 mg of P/kg PV in urine and 1.27 g/day in feces. Except for urine, all values were lower ( $p < 0.05$ ) than T2 and T3. **Conclusion:** these values can be considered as adequate to maintain the levels of P in the different fluids, and normal for a satisfactory animal performance, indicating that the NRC (1985) P recommended value could be reduced.

**Key words:** lambs, mineral nutrition, phosphorus intake, ruminants.

□ Como citar este artigo: Do Espírito Santo E, Da Silva JC, Patiño RM. Concentração de fósforo em diferentes fluidos de ovinos em função da variação deste mineral na dieta. Rev Colomb Cienc Pecu 2012; 25:369-376

\* Autor para correspondência: René M Patiño Pardo. Universidad de Sucre, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cr 28 No5-267, Sincelejo, Colômbia. E-mail: rene.patino@unisucra.edu.co

### Resumo

**Objetivo:** o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do incremento na ingestão de P sobre a concentração do mineral em diferentes fluidos em cordeiros Santa Inês. **Métodos:** 18 animais foram mantidos em gaiolas de estudo de metabolismo por 35 dias. Os níveis de P nas dietas foram: 25% menos P que o recomendado pelo NRC (1985) (T1); quantidade recomendada pelo NRC (T2) e 25% a mais que o recomendado (T3). O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema de medidas repetidas. Foram avaliados dois períodos experimentais de cinco semanas cada. As amostras de saliva, plasma, conteúdo ruminal, fezes e urina, para a determinação do P foram coletadas durante as três últimas semanas, em quatro dias consecutivos. **Resultados:** a menor ingestão de P ( $p < 0.05$ ) correspondeu ao T1 (1.87 g/dia). No T1, foram observados níveis médios de 5.99 mg de P/100 ml no plasma, 42.91 mg de P/100 ml na saliva, 48.64 mg de P/100 ml no fluido ruminal, 0.19 mg de P/kg PV na urina e 1.27 g/dia de P nas fezes. Estes valores, com exceção da urina, foram menores ( $p < 0.05$ ) aos observados nos T2 e T3. **Conclusões:** estes valores podem ser suficientes para manter os níveis de P nos diferentes fluidos dentro de faixas consideradas normais para um bom desempenho animal, indicando que os valores de P recomendado pelo NRC (1985) poderiam ser reduzidos.

**Palavras chave:** consumo de fósforo, cordeiros, nutrição mineral, ruminantes.

### Resumen

**Objetivo:** se evaluó el efecto del incremento en la ingestión de P sobre la concentración del mineral en diferentes fluidos de corderos Santa Inés. **Métodos:** 18 animales fueron mantenidos en jaulas de estudio metabólico por 35 días. Los niveles de P en las dietas fueron: 25% menos que lo recomendado el NRC (1985) (T1); cantidad recomendada por el NRC (T2) y 25% más de lo recomendado por el NRC (T3). El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con medidas repetidas. Se evaluaron dos periodos experimentales de cinco semanas cada uno. Las muestras de saliva, plasma, contenido ruminal, heces y orina, para la determinación de P se tomaron durante las tres últimas semanas, en cuatro días consecutivos. **Resultados:** la menor ingestión de P ( $p < 0.05$ ) correspondió al T1 (1.87 g/día). En el T1 se observaron niveles medios de 5.99 mg de P/100 ml en plasma, 42.91 mg de P/100 ml en la saliva, 48.64 mg de P/100 ml en el fluido ruminal, 0.19 mg de P/kg PV en la orina y 1.27 g/día de P en las heces. Estos valores, con excepción de la orina, fueron menores ( $p < 0.05$ ) a los observados en T2 y T3. **Conclusiones:** los niveles observados pueden ser suficientes para mantener el P en los diferentes fluidos dentro de los rangos normales para un buen desempeño animal, indicando que los valores de P recomendados por el NRC (1985) podrían ser reducidos.

**Palabras clave:** consumo de fósforo, corderos, nutrición mineral, ruminantes.

## Introdução

O fósforo (P) é um macroelemento importante na nutrição animal por desempenhar inúmeras funções: constituinte de ossos e dentes, manutenção do equilíbrio ácido-base e pressão osmótica, e participante do metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos. Tem, ainda, importância significativa na atividade dos microorganismos do rúmen. Devido a essas funções tem sido um dos nutrientes mais pesquisados, porém ainda existem controvérsias sobre as exigências de P para as diferentes espécies animais, que segundo Knowlton *et al.* (2004), devem ser melhor interpretadas.

Em ruminantes, as fezes são a principal rota de excreção (Patiño *et al.*, 2011), sendo que se

verifica uma relação positiva entre o P consumido e o excretado (Bravo *et al.*, 2003a). Lima *et al.* (1999) relatam que o P excretado por ruminantes é proveniente de três vias: o P da dieta, que estava na forma inorgânica e não foi absorvido, o P endógeno proveniente do metabolismo e lise celular e o P na forma de ácido fítico, presente nos alimentos, que não foi disponibilizado no trato gastrintestinal. O P excretado pelas fezes pode contaminar os meios aquáticos pela lixiviação. No ambiente, o P que estava na forma de fitato é disponibilizado pela microbiota presente no solo. Assim, o mesmo pode contaminar meios aquáticos e causar o crescimento exacerbado de algas. O P é um dos nutrientes mais poluentes, principalmente em criações intensivas (Tamminga, 2003) e a principal estratégia para reduzir a excreção de P nos ruminantes é a manipulação da dieta (Kebreab *et al.*, 2008).

A saliva de ovinos, normalmente, contém entre 20 e 60 mg de P/100 ml (Thompson, 1978), valor semelhante ao do conteúdo ruminal (Witt e Owens, 1983), onde é necessário o mineral para um bom desenvolvimento dos microorganismos. Porém, esses valores de P na saliva e no rúmen podem variar dependendo das concentrações de P no plasma, que segundo Thompson (1978) varia entre 4.0 e 9.0 mg/100 ml, e está, diretamente, correlacionado com o P na dieta (Bravo *et al.*, 2003b). O NRC (1985) estabelece 4.0 mg/100 ml como limiar de carência do mineral no organismo.

Teve-se como objetivo no presente trabalho avaliar o efeito do incremento na ingestão de P sobre a concentração do mineral em diferentes fluidos em cordeiros Santa Inês. A hipótese considerada foi que uma redução em 25% das exigências preconizadas de P pelo NRC (1985) em cordeiros não afeta os níveis considerados normais no plasma e demais fluidos.

### Materiais e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG. Foram utilizados 18 cordeiros da raça Santa Inês, machos inteiros, com média de peso de  $27.18 \pm 1.56$  kg e de cinco meses de idade, alojados em gaiolas de estudo de metabolismo.

Por disponibilidade de gaiolas, o ensaio foi dividido em dois períodos de cinco semanas cada. O período foi considerado o critério de blocagem no delineamento experimental. As primeiras duas semanas corresponderam ao período pré-experimental e as três restantes ao período de coletas. Em cada semana foram realizados quatro dias consecutivos de coletas com três dias de intervalo para a outra coleta, sendo este procedimento realizado nas três semanas.

O experimento foi conduzido utilizando-se um delineamento em blocos casualizados em esquema de medidas repetidas. Cada período (bloco) foi constituído por nove animais. Dentro do bloco, cada tratamento foi aplicado em três animais, para um total de seis repetições por tratamento, incluindo os dois blocos. O fator semana (tempo)

foi considerado como o fator *intra*-sujeito (medida repetida no tempo), com três níveis. Cada animal foi considerado como uma unidade experimental.

As dietas foram isocalóricas e isonitrogenadas, variando apenas os níveis de P (Tabela 1). Os tratamentos consistiram em três diferentes teores de P na dieta, para que o valor intermédio permitisse um consumo aproximado por animal de 2.7 g/dia do mineral, valor correspondente à exigência preconizada pelo NRC (1985) para cordeiros nessa etapa, e os valores extremos permitissem um consumo 25% inferior (% de P inferior) ou 25% superior (% de P superior) à exigência. No primeiro tratamento (T1) o teor de P na dieta foi de 0.22%, no segundo tratamento (T2) de 0.30% e no terceiro tratamento (T3) de 0.38%.

**Tabela 1.** Proporção dos ingredientes (% da ração oferecida) e composição química (% matéria seca) das dietas experimentais.

	Tratamentos <sup>1</sup>		
	T1	T2	T3
<b>Ingredientes</b>			
Feno	44.98	44.61	44.17
Milho	28.12	27.88	27.61
Polpa cítrica	22.62	22.43	22.21
Farelo de soja	3.07	3.04	3.01
Uréia	0.60	0.60	0.60
Calcário calcítico	0	0.46	0.98
Fosfato bicálcico	0	0.38	0.82
Mistura mineral <sup>2</sup>	0.61	0.60	0.60
<b>Composição química<sup>3</sup></b>			
Matéria seca	86.57	86.74	86.92
Nutrientes digestíveis totais <sup>4</sup>	82.82	81.50	80.07
Proteína bruta	14.67	14.43	14.18
Extrato etéreo	4.45	4.38	4.30
Fibra detergente neutro	17.66	17.38	17.07
Cinzas	5.22	6.73	8.37
Cálcio	0.97	1.36	1.82
Fósforo	0.22	0.30	0.38

<sup>1</sup>T1: Fósforo (%) na dieta 25% inferior ao recomendado pelo NRC (1985); T2: Fósforo (%) na dieta correspondente ao recomendado pelo referido órgão e T3: Fósforo na dieta 25% a mais que o recomendado pelo NRC (1985); <sup>2</sup>CuSO<sub>4</sub>: 0.09 g; CoSO<sub>4</sub>: 0.0008 g; MnSO<sub>4</sub>: 0.148 g; KI: 0.009 g; ZnSO<sub>4</sub>: 0.32 g; FeSO<sub>4</sub>: 0.457 g; NaCl: 3.4 g; MgO: 1.61 g; S: 4.0 g e Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>:0.001; <sup>3</sup>% da matéria seca; <sup>4</sup>Calculado segundo NRC (1985).

A dieta experimental foi composta por 600 g de feno de capim *Coast-Cross* picado, 40 g de farelo de soja, 375 g milho moído, 300 g de polpa cítrica, 7 g de uréia, 10 g de mistura mineral e 500 UI/animal/dia de vitamina D. Nas dietas dos

tratamentos T2 e T3 foram incluídos 5.06 e 10.92 g de fosfato bicalcico, respectivamente, e 6.13 e 13.05 g de calcário calcítico, para obter os níveis de P desejados e manter uma relação Ca:P semelhante entre tratamentos. A dieta foi calculada para permitir sobras de 20% do total oferecido.

Do total das fezes coletadas e pesadas cada dia, 10% foram retiradas, colocadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas (-20 °C), para, posteriormente, serem secas em estufa de ventilação forçada à 55 °C por 72 horas, após, as amostras foram moídas, em peneira de um milímetro. A determinação da matéria seca foi feita a 105 °C. Para as determinações de P usaram-se cinco gramas de cada amostra que foram colocadas em cadinhos de porcelana, incineradas a 550 °C. As cinzas foram digeridas com HCl concentrado e em seguida filtradas em papel de filtro e transferidas para balões volumétricos de 100 ml, onde os volumes foram completados com água destilada.

As amostras das dietas, bem como das sobras, passaram pelos mesmos procedimentos das fezes para as determinações de P. A determinação de P inorgânico nas dietas, nas sobras e nas fezes foi feita por colorimetria, pelo método vanadato-molibdato (Sarruge y Haag, 1974).

As amostras de sangue foram coletadas da veia jugular de cada animal, em tubos contendo anticoagulante. Em seguida foram centrifugadas a 1800 g por 15 min para a separação do plasma, sendo mantido congelado (-20 °C) até a análise. Amostras de saliva foram coletadas com o auxílio de uma pinça e uma esponja, diretamente na boca dos animais. As amostras de líquido ruminal foram coletadas com auxílio de sonda esofagiana de um centímetro de diâmetro que era introduzida na boca, seguindo pelo esôfago até chegar ao rúmen e então o líquido era aspirado com uma seringa de 50 ml. Em seguida o material era filtrado com gaze.

A urina foi coletada em recipientes plásticos colocados diretamente em baixo das gaiolas e providos de telas de arame para separação de fezes e urina. Foram feitas amostras compostas de plasma, saliva, líquido ruminal e urina para as

determinações de P, das coletas dos quatro dias de cada semana por cada animal.

Das amostras (plasma, saliva, líquido do rúmen e urina) retirava-se 0.5 ml que eram misturados com 4.5 ml de ácido tricloroacético a 10% para precipitação da proteína. Após dez minutos, o material era centrifugado a 1800 g por 15 minutos. As determinações de P inorgânico foram feitas por colorimetria conforme metodologia de Fiske y Subarrow (1925).

A análise estatística dos dados obtidos foi realizada usando a versão 2.13.1 do programa R (2010) e a versão 2011 e do programa InfoStat (Di Renzo *et al.*, 2011), aproveitando a interface com a plataforma R, para a estimação dos modelos lineares gerais e mistos a traves dos procedimentos *gls* e *lme* da livreria *nlme*. O modelo estatístico correspondeu ao de blocos casualizados em arranjo de medidas repetidas, sendo que os fatores bloco (período) e tratamento (nível de P na dieta) corresponderam a fatores *inter*-sujeitos e a semana de coleta correspondeu ao fator *intra*-sujeito. Dessa forma o modelo geral incluiu os efeitos do bloco (dois períodos), do tratamento (três níveis), da semana (três níveis) e da interação entre semana e tratamento, com seus respectivos erros. Na análise de variância, a soma de quadrados do fator tratamento foi dividida para testar o efeito linear e quadrático, com um grau de liberdade para cada contraste. O valor de significância estabelecido como significativo foi  $p < 0.05$ . Para cada variável foi escolhida a estrutura de covariância mais recomendável para ajustar o modelo, seguindo as indicações de Di Renzo *et al.* (2011).

## Resultados

Não foi observada interação ( $p > 0.05$ ) entre os níveis de P e a semana de coleta nas variáveis avaliadas. A ingestão de matéria seca não foi afetada ( $p < 0.05$ ) pelos tratamentos, porém a ingestão de P incrementou-se linearmente ( $p > 0.05$ ) em função da maior proporção de P na dieta (Tabela 2), que era o desejado.

Na tabela 2 pode-se observar que alguns valores de ingestão de P podem não serem coincidentes com a ingestão de matéria seca e o teor de P da dieta de cada tratamento, devido a que o feno foi oferecido em cochos separados do concentrado, e as fontes de P e Ca foram incluídas no concentrado. Porém, a relação entre volumoso e concentrado oscilou entre 31 e 34% de feno e 66 e 69% de concentrado. Os valores médios de consumo de P diário por animal foram de 1.86, 2.54 e 3.24 g, para os tratamentos com concentração de P na dieta de 0.22 (T1), 0.30 (T2) e 0.38% (T3), respectivamente. Para esta variável houve significância ( $p < 0.05$ ) do fator semana, porém devida à variação do peso dos animais, variável que também foi afetada significativamente pelo fator *intra*-sujeito semana. Os valores para esta variável também aparecem em miligramas por quilo de peso vivo, mas a tendência foi idêntica aos valores em gramas por dia. Para as demais variáveis expressas com estas unidades aconteceu a mesma situação, devido à mínima variação do peso vivo dos animais.

O incremento na ingestão de P ocasionou um incremento linear ( $p < 0.05$ ) da concentração do mineral no plasma (Tabela 2). Os valores médios observados para os tratamentos foram de 5.98, 7.29 y 7.62 mg/100 ml, para T1, T2 e T3, respectivamente. Apesar da tendência linear, o incremento percentual entre os valores do T2 e T3 foi inferior ao observado entre os valores de T1 e T2.

O teor de P na saliva foi influenciado quadraticamente ( $p < 0.01$ ) pelo incremento na ingestão de P (Tabela 2). Os valores médios foram de 42.91, 62.82 e 69.79 mg /100 ml para T1, T2 e T3, respectivamente. Efeito semelhante foi observado na concentração de P no fluido ruminal, que foi afetado também de maneira quadrática pelo incremento no consumo de P, apresentando valores médios de 48.64, 70.48 e 75.41 mg/100 ml, para T1, T2 e T3, respectivamente. No caso do teor de P na saliva, o incremento total entre os níveis 0.22 e 0.38% de P da dieta foi de 62.6%, já no caso do fluido de rúmen foi de 55%.

**Tabela 2.** Peso vivo, consumo de matéria seca e fósforo, e parâmetros relacionados com o estado nutricional do fósforo em cordeiros alimentados com diferentes níveis desse mineral na dieta.

Parâmetro	Semana 1 <sup>1</sup>			Semana 2 <sup>1</sup>			Semana 3 <sup>1</sup>			T <sup>2</sup>		S <sup>3</sup>	S*T <sup>3</sup>	EPM <sup>4</sup>
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	L	Q			
Peso vivo (kg)	25.76	26.64	26.42	26.67	27.5	28.42	27.23	26.42	28.65	ns	ns	0.01*	ns	0.278
Consumo de MS (g/kg PV)	33.87	33.66	33.74	34.30	33.40	31.79	34.59	38.05	32.63	ns	ns	ns	ns	0.392
Consumo de MS (g/dia)	872.5	896.6	891.4	914.7	918.4	903.6	941.8	1005.4	934.9	ns	ns	ns	ns	14.55
P consumido (mg/kg PV)	70.11	89.61	115.5	70.13	91.38	118.1	70.76	96.16	119.5	0.01*	ns	0.03	ns	0.886
P consumido (g/dia)	1.80	2.38	3.05	1.87	2.51	3.23	1.92	2.73	3.43	0.01*	ns	0.01	ns	0.030
P fecal (mg/kg PV)	48.0	58.89	82.57	47.58	64.20	79.21	48.03	61.70	78.29	0.01*	ns	ns	ns	0.624
P fecal (g/dia) <sup>1</sup>	1.24	1.57	2.18	1.27	1.77	2.17	1.31	1.75	2.24	0.01*	ns	ns	ns	0.020
P urina (mg/kg PV)	0.22	0.24	0.32	0.22	0.27	0.39	0.14	0.20	0.23	0.01	ns	0.01*	ns	0.017
P plasma (mg/100 ml)	6.37	7.13	7.79	5.92	7.31	7.46	5.67	7.42	7.51	0.01*	0.11	ns	ns	0.138
P líquido ruminal (mg/100 ml)	46.30	69.89	74.21	51.11	70.42	76.97	48.51	71.13	75.06	0.01*	0.01*	ns	ns	0.669
P saliva (mg/100 ml)	43.30	63.75	66.83	41.33	61.02	70.49	44.12	63.69	72.04	0.01*	0.01*	ns	ns	0.985

<sup>1</sup>Valor de  $p < 0.001$ ; <sup>2</sup>T1=0.22% de P na dieta; T2=0.30% de P na dieta; T3=0.38% de P na dieta. <sup>3</sup>Valor de p dos contrastes linear (L) e quadrático (Q) do fator tratamento; <sup>4</sup>Valor de p do fator semana (S) e da interação semana\*tratamento (S\*T). <sup>5</sup>Erro padrão da média.

A excreção de P nas fezes incrementou-se linearmente ( $p < 0.01$ ) na medida em que aumentou a ingestão do mineral (Tabela 2). Os valores médios obtidos para T1, T2 e T3 foram de 1.27, 1.7 e 2.2 g/dia por animal. Restando esses valores à quantidade ingerida pode-se obter uma aproximação bem real do balanço do mineral, devido a que a quantidade excretada na urina foi mínima. Nesse caso o balanço foi positivo em todos os níveis de ingestão de P avaliados, com valores crescentes de 0.59, 0.84 e 1.04 g/dia por animal, para T1, T2 e T3, respectivamente.

A quantidade de P excretado na urina foi baixa se comparada com a perda fecal. A excreção na urina representou entre 12 e 13% do total excretado do mineral. Também foi influenciada linearmente ( $p < 0.01$ ), como nas fezes, pelos níveis de ingestão avaliados (Tabela 2), apresentando valores médios de 0.19, 0.24 e 0.33 mg/100 ml, para T1, T2 e T3, respectivamente. A diferença dos demais fluidos avaliados, o teor de P na urina foi a única variável que variou ( $p < 0.05$ ) entre semana. Os teores de P na urina foram de 0.26, 0.29 e 0.19 mg/100 ml, nas semanas 1, 2 e 3, respectivamente. O acontecido na semana 3 poderia explicar o efeito do fator semana, porém deve-se ressaltar que não houve interação entre os fatores tratamento e semana.

## Discussão

O consumo de MS não diferiu ( $p > 0.05$ ) entre os tratamentos, concordando com Bueno e Vitti (1999) e Patiño (2009) que observaram consumos constantes de MS em dietas com diferentes níveis de P. Porém deve-se considerar que deficiências de P poderiam afetar a ingestão de matéria seca se for constante e por períodos superiores a 60 dias (Ternouth e Sevilla, 1990), o que não aconteceu neste estudo.

A menor ingestão de P (1.86 g/dia), que correspondeu ao T1, está acima das exigências recomendadas por Geraseev (1998) e Baião (2003), que foram de 1.49 e 1.56 g/dia, respectivamente. Já, a ingestão de P do T2 ficou próxima ao recomendado pelo NRC (1985) que é de 2.7 g/dia, e do NRC (2007) com 2.5 g/dia. Estes consumos

foram estimados considerando uma eficiência de absorção de 66%. A ingestão de P do T3 (3.24 g/dia) ficou próxima à recomendada por Gonzaga Neto (2003) de 3.72 g/dia, para animais dessa idade e condição fisiológica.

Os valores observados da concentração de P no plasma em todos os tratamentos situaram-se dentro da faixa de 4 a 9 mg/100 ml, considerada normal por Thompson (1978) e pelo NRC (1985), não caracterizando deficiência de P. No presente trabalho os níveis plasmáticos de P aumentaram consideravelmente entre os níveis de ingestão de T1 e T2, logo, a partir da ingestão de 2.5 g/dia a tendência de aumento foi menos notória a pesar do comportamento linear da variável, indicando a presença dos mecanismos homeostáticos do metabolismo do P no organismo, como mencionado por Patiño *et al.* (2011). Contudo o valor médio de P plasmático observado no presente estudo foi superior ao observado por Dove e Charmley (2004) que encontraram valores entre 3.23 e 4.32 mg/100 ml em ovinos suplementados com níveis de 0 até 5 g/dia de P, mas que, também, refletiram o aumento na ingestão de P, e o aumento na excreção.

Todos os valores de P na saliva situaram-se na faixa de 20 a 60 mg de P/100 ml, considerada como normal por Thompson (1978), mantendo níveis adequados de P na saliva o que pode indicar que as necessidades dos animais sejam menores.

O teor de P no conteúdo ruminal no T1 encontra-se dentro da faixa de 20 a 60 mg/100 ml, considerada normal por Witt e Owens (1983) para um bom desenvolvimento dos microorganismos do rúmen. Quando a ingestão de P foi maior de 2.54 g/dia (T2) a concentração de P no líquido ruminal chegou a valores acima da faixa considerada normal, com  $70.48 \pm 5.44$  mg/100 ml no T2 e  $75.41 \pm 16.50$  mg/100 ml no T3, o que poderia indicar que a quantidade de P aportada pelo T1 é suficiente para animais dessas características. Devido à grande variação nos valores do P no conteúdo ruminal pela não diferenciação entre P dietético e P endógeno, deve-se ter o cuidado ao fazer inferências utilizando apenas o P no rúmen como parâmetro para se avaliar o estado nutricional de P em ruminantes. Porém, se o mesmo for analisado juntamente com

outros fatores como P salivar, P excretado nas fezes e P plasmático, pode-se ter um bom indicativo nos fluidos para a regulação da homeostase de P no animal.

Considerando a excretado de P nas fezes e a ingestão, no T1, os animais mantiveram o balanço positivo de P mesmo recebendo uma menor quantidade deste mineral, indicando a possibilidade de redução dos níveis de exigência de P recomendados pelo NRC (1985) e NRC (2007). Portilho (2003) obteve dados semelhantes em experimentos com cordeiros, sendo que os maiores níveis de P nas fezes, também corresponderam aos níveis mais elevados de P na dieta. As perdas de P pelas fezes podem predizer a ingestão ou a absorção do mineral, pois a homeostase de P em ruminantes atinge quase totalmente o seu equilíbrio no trato gastrointestinal, pelo controle da secreção e reabsorção do P salivar (Bravo *et al.*, 2003b). Apesar das perdas fecais de P poderem variar entre animais, e a possibilidade de uma competição pelo P absorvido entre o mecanismo de secreção e a necessidade de produção do animal, o P nas fezes em ruminantes é o parâmetro mais confiável na determinação do teor de P presente na dieta (Bravo *et al.*, 2003c).

Em relação à concentração de P na urina, Dove e Charmley (2004) encontraram valores superiores aos observados neste estudo, em ovinos de 37.3 kg de peso vivo que receberam níveis crescentes de suplementação com P. Em animais consumindo diariamente 2.67 e 3.66 g de P os autores observaram que a excreção na urina foi de 1.6 e 5.1 mg/kg PV, respectivamente, o que confirma a variabilidade nesta via de excreção. Portilho (2003), fornecendo dietas com aporte diário de 0, 1.5, 3.0 e 4.5 g de P suplementar para cordeiros, obteve valores de P excretado na urina de 0.15; 0.18; 0.34; 0.21 mg/kg PV representando menos de 1% do P consumido, resultados mais próximos aos obtidos no presente trabalho. Vitti *et al.* (2000) fornecendo 10 g de P suplementar para bovinos utilizando diferentes suplementos, observaram que com relação à urina, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, sendo mínimo o valor de P excretado em todas as dietas. Os

valores de P na urina encontrados neste trabalho foram de menos de 0.30% do P ingerido, valores que se aproximam dos encontrados em outros trabalhos que consideram a excreção de P pela urina irrelevante (Mejía-Haro *et al.*, 2001).

Neste experimento, conclui-se que o menor valor de ingestão de P, correspondente a 25% menos que o recomendado pelo NRC (1985) e também menor ao recomendado pelo NRC (2007), não afetou adversamente o consumo de matéria seca, e foi suficiente para manter os níveis de P dentro das faixas consideradas normais na saliva, plasma, líquido ruminal, fezes e urina. Isto indica que a necessidade de P de ovinos Santa Inês pode ser menor que a preconizada por esses comitês.

Pode-se concluir também que a excreção de fósforo aumenta quando os níveis de ingestão aumentam o que deve ser considerado na formulação das dietas, para evitar excesso de fósforo dietético, o que poderia causar perdas econômicas e prejuízos no meio ambiente, por contaminação.

### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro dado a esta pesquisa; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológica (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor deste trabalho.

### Referências

- Baião EAM. Composição corporal e exigências nutricionais de cálcio e fósforo para ganho em peso de cordeiros. *Ciência e Agrotec* 2003; 27:1370-1379.
- Bravo D, Suvant D, Bogaert C, Meschy F. A bibliographic database for quantitative analysis of phosphorus flow in ruminants. *Reprod Nutr Dev* 2003a; 43:251-269.
- Bravo D, Suvant D, Bogaert C, Meschy F. Quantitative aspects of phosphorus absorption in ruminants. *Reprod Nutr Dev* 2003b; 43:271-284.
- Bravo D, Suvant D, Bogaert C, Meschy F. Quantitative aspects of phosphorus excretion in ruminants. *Reprod Nutr Dev* 2003c; 43:271-284.

- Bueno M S, Vitti DMSS. Níveis de fósforo para caprinos: Perda endógena fecal exigência líquida para manutenção. *Pesq Agrop Bras* 1999; 34:675-681.
- Di Renzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablado M, Robledo CW. InfoStat versión 2011e; [data de acesso: agosto 8 de 2011]. URL: <http://www.infostat.com.ar>
- Dove H, Charmley E. Relationships between phosphorus intake, plasma phosphorus and faecal and urinary phosphorus excretion in young sheep. *Anim Prod in Australia* 2004; 25:37-40.
- Fiske CH, Subarrow Y. The colorimetric determination of phosphorus. *J Biol Chem* 1925; 66:375-400.
- Geraseev LC. Composição corporal e exigências nutricionais em macrominerais (Ca, P, Mg, K e Na) de cordeiros Santa Inês. Dissertação de Mestrado. Programa de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil. 1998.
- Gonzaga Neto S. Composição corporal, exigências nutricionais e características da carcaça de cordeiros Morada Nova. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil, 2003.
- Knowlton KF, Radcliffe JS, Novac CL, Emmerson DA. Animal management to reduce phosphorus losses to environment. *J Anim Sci* 2004; 82:E173-E195.
- Lima FR, Fernandes JIM, Oliveira E, Fronzaglia GC, Kahn H. Laboratory evaluations of feed-grade and agricultural-grade phosphates. *Poultry Sci* 1999; 78:1717-1728.
- Kebreab E, Odongo NE, McBrite BW, Hanigan MD, France J. Phosphorus utilization and environmental and economic implications of reducing phosphorus pollution from Ontario dairy cows. *J Dairy Sci* 2008; 91:241-246.
- Mejía-Haro I, Brink DR, Fajardo-Peña J, Ortiz-de la Rossa B. Efecto de diferentes proporciones de Ca:P en dietas de ovinos en la absorción y retención de fósforo. *Agrociencia* 2001; 35:497-502.
- National Research Council - NRC. Nutrient requirements of domestic animals: Nutrient requirements of sheep. Washington, D.C: National Academic Press; 1985.
- National Research Council - NRC. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C: National Academic Press; 2007.
- Patiño RM. Cinética do fósforo e digestibilidade em ovinos alimentados com diferentes quantidades do mineral. Tese de Doutorado. Programa de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009.
- Patiño RM, Silva TS, Silva Filho JC, Moreira JA, Vitti DMSS. Modelos matemáticos no estudo do fluxo biológico de fósforo em ovinos que receberam na dieta níveis crescentes do mineral. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2011, 63:456-464.
- Portilho FP. Exigência mínima de fósforo para cordeiros da raça Santa Inês, Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília D.F. 2003.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. 2010; [data de acesso: agosto 8 de 2011]. URL:<http://www.R-project.org>
- Sarruge JR, Haag HP. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974.
- Tamminga S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. *Livestock Prod Sci* 2003; 84:101-111.
- Ternouth JH, Sevilla CC. Dietary calcium and phosphorus depletion of lambs. *Aust J of Agric Res* 1990, 41:413-420.
- Thompson JR. Phosphorus in animal nutrition. In: Potash/Phosphate Institute. Phosphorus for agriculture a situation analysis. Atlanta: Potash/Phosphate Institute; 1978. p.126-158.
- Vitti DMSS, Kebreab E, Abdalla AL, De Carvalho FFR, De Resende KT, Crompton LA, France J. A kinetic model of phosphorus metabolism in growing goats. *J Anim Sci* 2000; 78:2706-2716.
- Witt KE, Owens FN. Phosphorus: Ruminant availability and effects on digestion. *J Anim Sci* 1983; 56:930-937.