

EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO COMPLEXADO NA FERMENTAÇÃO E METABOLISMO RUMINAL *IN VITRO* PARA CORDEIROS

Laura Martins de Souza Carvalho¹, Thainara Tintori Falcão¹, Nicoly Leon Brun¹, Ariolino Moura de Oliveira Neto², Roberta de Lima Valença¹, Marco Túlio Costa Almeida¹.

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, S/N, Guararema – 29500-000 – Alegre, Espírito Santo, Brasil, laura.m.carvalho@edu.ufes.br, thainara.falcao@edu.ufes.br, nicoly.bru@edu.ufes.br, roberta.valenca@ufes.br, marco.t.almeida@ufes.br.

²Nutrivet Brasil Nutrição Animal, Morungaba, São Paulo, Brasil, ariolino.neto@edu.ufes.br.

Resumo

O presente estudo buscou avaliar diferentes inclusões de fósforo complexado em dietas para cordeiros confinados e compará-las à suplementação tradicional com fosfato bicálcico, observando o perfil de fermentação (pH e N-NH₃), digestibilidade da MS, PB e FDN, e a produção de gases *in vitro*. A pesquisa utilizou dois ovinos canulados como doadores de conteúdo ruminal, e as incubações foram realizadas em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos: um controle (0,55% de P proveniente de fosfato bicálcico) e seis tratamentos com fósforo complexado, nas inclusões de 0,55; 0,28; 0,22; 0,17; 0,11 e 0,06% de P. Os resultados mostraram que dietas com fósforo complexado, em especial as de menores concentrações, apresentaram desempenho igual ou superior ao fosfato bicálcico tradicional. A concentração de 0,28% de fósforo complexado foi a mais eficiente, apresentando maiores coeficientes de digestibilidade da matéria seca e nutrientes, além de desempenho superior na produção de gases. Conclui-se que o uso de fósforo complexado, mesmo em doses menores, pode substituir o fosfato bicálcico, aumentando a eficiência nutricional e reduzindo a excreção ambiental de fósforo.

Palavras-chave: Digestibilidade *in vitro*. Fósforo complexado. Nutrição animal. Ruminantes. Perfil de fermentação *in vitro*.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias. Zootecnia.

Introdução

A nutrição animal é essencial para a saúde e o desempenho dos animais de produção, envolvendo o fornecimento de nutrientes como proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais (Alves et al., 2008). Entre os minerais, o fósforo destaca-se pela abundância no organismo, sendo fundamental para a mineralização óssea e diversas funções metabólicas (Guedes et al., 2016). Entretanto, sua deficiência é frequente em pastagens tropicais, o que, aliado ao sistema extensivo predominante na ovinocultura, reforça a necessidade de suplementação mineral (Guedes et al., 2016).

Normalmente, utilizam-se fontes inorgânicas, como fosfato bicálcico e monocalcico (Milton; Ternouth, 1985; Shen et al., 2014), porém estas apresentam baixo aproveitamento e custo elevado (Milton; Ternouth, 1985). Nesse contexto, o fósforo complexado surge como alternativa de maior biodisponibilidade, capaz de atender melhor às demandas nutricionais, aumentar a absorção e reduzir a excreção no ambiente (Breves; Schröder, 1991).

Contudo, a escassez de estudos sobre diferentes níveis de fósforo complexado em dietas de ruminantes exige investigações que comprovem sua eficiência. Assim, este trabalho objetivou avaliar inclusões de fósforo complexado (0,55; 0,28; 0,22; 0,17; 0,11 e 0,06%) em dietas de cordeiros confinados, comparadas ao controle com 0,55% de fosfato bicálcico, por meio da avaliação *in vitro* do perfil de fermentação (pH e N-NH₃), da digestibilidade da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), e da produção de gases.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Metodologia

As incubações *in vitro* foram conduzidas em laboratórios pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES), utilizando líquido ruminal de dois ovinos mestiços (½ Santa Inês ½ Dorper) adultos, castrados, e canulados ruminalmente, com peso aproximado de 40kg PC, e 24 meses de idade. O uso dos animais neste experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do CCAUE/UFES, sob o protocolo nº 05/2021.

O delineamento experimental para as incubações *in vitro* foi o inteiramente casualizado, contendo sete tratamentos. Os tratamentos consistiram em diferentes inclusões de fósforo complexado (controle com 0,55% de fosfato bicálcico e as inclusões de 0,55, 0,28, 0,22, 0,17, 0,11 e 0,06% de fósforo complexado) em dietas para cordeiros confinados em comparação a dieta tradicional com uso de fosfato bicálcico. O produto utilizado para fornecer o fósforo complexado foi o Tricinophós® (Nutrivet).

As dietas foram formuladas para cordeiros de 20 kg PV visando 250 g/dia de ganho, segundo NRC (2007), diferindo apenas nos níveis de P (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção dos ingredientes (% na matéria seca-MS) das dietas experimentais para cada tratamento (TR1 a TR7). A fonte de fósforo variou conforme o tratamento, mantendo os demais ingredientes constantes.

Ingredientes	% na MS						
	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7
Silagem de milho	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Milho grão	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42
Farelo de soja	27,38	27,38	27,38	27,38	27,38	27,38	27,38
Calcário calcítico	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Fonte de fósforo	0,55	0,55	0,28	0,22	0,17	0,11	0,06

TR1: Dieta com 0,55% de fósforo proveniente de fosfato bicálcico (controle). TR2: Dieta com 0,55% de fósforo complexado.

TR3: Dieta com 0,28% de fósforo complexado. TR4: Dieta com 0,22% de fósforo complexado. TR5: Dieta com 0,17% de fósforo complexado. TR6: Dieta com 0,11% de fósforo complexado. TR7: Dieta com 0,06% de fósforo complexado.

Após a preparação das dietas dos diferentes tratamentos foi realizada análises para conhecimento da composição bromatológica de cada uma delas, assim como dos ingredientes utilizados nas dietas, como representado na Tabela 2.

Tabela 2. Composição nutricional da dieta experimental completa e dos ingredientes individuais (silagem de milho, milho grão e farelo de soja) expressa em porcentagem na matéria seca (%MS).

Item	Composição Nutricional			
	Dieta experimental	Silagem de milho	Milho grão	Farejo de soja
MS, %	61,32	31,97	88,75	90,48
MM, %MS	6,53	7,78	1,82	7,16
MO, %MS	93,47	92,22	98,18	92,84
PB, %MS	19,73	5,30	8,74	51,31
EE, %MS	1,81	1,67	2,45	1,89
FDN, %MS	61,32	31,97	88,75	90,48
FDA, %MS	6,53	7,78	1,82	7,16

MS: Matéria Seca. MM: Matéria Mineral. MO: Matéria Orgânica. PB: Proteína Bruta. EE: Extrato Etéreo. FDN: Fibra em Detergente Neutro. FDA: Fibra em Detergente Ácido.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Antes das coletas de líquido ruminal, os animais ficaram alojados em baias individuais (2,4m x 3m), de piso ripado e suspenso do solo por um período de 15 dias, onde receberam dieta padrão, com relação volumoso:concentrado de 50:50. As dietas foram compostas por silagem de milho, milho grão, farelo de soja, calcário calcítico, e suplemento mineral vitamínico.

Para a produção de gases, foram incubados 0,5 g MS da dieta com 10 mL de inóculo ruminal e 20 mL de solução tampão, em frascos de 50 mL expurgados com CO₂, mantidos a 39 °C e 80 rotações por minuto. As leituras ocorreram em 3, 6, 9, 12, 24, 36 e 48h, utilizando medidor de pressão.

Após abertura dos frascos, o pH foi medido com potenciômetro digital, e amostras foram armazenadas para análise de N-NH₃, conforme INCT-CA N-007/1 (DETMANN et al., 2012). Utilizou-se 10 mL do líquido incubado com 1 mL de ácido tricloroacético (100 g/L), em repouso por 30 min (25°C), seguido de centrifugação (1000 × g, 10 min). Do sobrenadante, 2 mL foram misturados a 10 mL de KOH 2M, destilados com coleta da amônia em 20 mL de ácido bórico (40 g/L), até 100 mL, e titulados com HCl 0,005N.

A determinação da digestibilidade *in vitro* da MS, FDN e PB das dietas experimentais foi realizada pela técnica da ANKOM®. As amostras foram moídas previamente a 1,0 mm, colocados aproximadamente 0,5g de MS das dietas experimentais em sacos de filtro F-57 e acondicionado em jarros, no aparelho DAISYII. O líquido ruminal foi coletado às 7h30, filtrado com pano de algodão e armazenado em garrafas térmicas. Os inóculos (2 L) foram homogeneizados e mantidos a 39°C até a incubação.

Cada jarro recebeu 1.332 mL de solução tampão, com ajuste de pH (6,8) e purga com CO₂. Após adição de 400 mL de líquido ruminal, os jarros foram incubados por 48 h (39°C, agitação constante). Em seguida, adicionaram-se 8 g de pepsina (1:10.000) e 40 mL de HCl 6N, incubando por mais 24 h. Após drenagem, os sacos foram secos (55°C, 72 h) e analisados para MS, FDN e PB.

Ingredientes, dietas e resíduos foram secos (55°C, 72 h), moídos (1 mm) e analisados quanto à MS (estufa 105°C, ≥4 h – AOAC 967.06), PB (micro-Kjeldahl × 6,25 – AOAC 2001.11), MM (mufla, 600°C, 4 h – AOAC 942.05), EE (Soxhlet, 4 h – AOAC 920.39) e FDN (Van Soest e Wine, 1967).

O delineamento foi inteiramente casualizado, com frascos e sacos como unidades experimentais. A normalidade e homocedasticidade foram testadas (Shapiro-Wilk e Box-Cox) e as análises estatísticas foram realizadas no PROC MIXED (SAS 9.4), com 5% de significância e 7% de tendência.

Resultados

O pH ruminal não diferiu entre os tratamentos, mantendo-se entre 5,80 e 5,85 (Tabela 4). No entanto, a concentração final de N-NH₃ variou significativamente, onde o tratamento com 0,55% de fósforo complexado apresentou o maior valor, enquanto o tratamento com 0,06% de fósforo complexado registrou o menor. A interação tempo × tratamento, ilustrada na Tabela 5, confirmou esse padrão, uma vez que os tratamentos com 0,55% e 0,17% de fósforo complexado apresentaram valores mais elevados em diferentes momentos da incubação e o tratamento com 0,06%, menores valores.

Tabela 4. Efeito de diferentes inclusões de fósforo complexado em dietas para cordeiros confinados sobre pH, concentração de N-NH₃, e produção de gases *in vitro*.

Item	Tratamentos							EPM	P-valor	
	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7		TR	TP*TR
pH inicial	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71	-	-	-
N-NH ₃ inicial	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	-	-	-
pH final	5,83	5,85	5,85	5,83	5,83	5,80	5,80	0,0145	0,5741	0,3598
N-NH ₃ final	31,72b	35,24a	30,63b	32,90b	32,59b	31,61b	27,71c	1,4215	0,0002	<.0001
VT_mL/gd	122,14	129,98	132,24	113,02	126,19	120,92	118,61	2,22	0,0542	0,0001

TR1: Dieta com 0,55% de fósforo proveniente de fosfato bicálcico (controle). TR2: Dieta com 0,55% de fósforo complexado.

TR3: Dieta com 0,28% de fósforo complexado. TR4: Dieta com 0,22% de fósforo complexado. TR5: Dieta com 0,17% de fósforo complexado. TR6: Dieta com 0,11% de fósforo complexado. TR7: Dieta com 0,06% de fósforo complexado.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Tabela 5. Desdobramento da interação entre tempo vs tratamento (TP*TR) para as concentrações de N-NH₃ (mg/dL) em diferentes tratamentos ao longo do tempo, para os tratamentos contendo diferentes inclusões de fósforo complexado em dietas para cordeiros confinados.

Tempo	Tratamentos							Média	P-valor
	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7		
6h	14,23c	20,59ab	20,74ab	16,20bc	21,80a	19,53b	19,23b	18,90	<.0001
12h	23,62a	24,98a	20,75ab	24,68a	27,86a	18,77b	19,53b	22,88	<.0001
24h	36,94a	39,22a	33,31ab	37,70a	32,25ab	31,19b	32,86ab	34,78	<.0001
48h	52,09b	56,18a	47,70bc	53,00b	48,45bc	56,93a	39,22c	50,51	<.0001
Média	31,72	35,24	30,63	32,90	32,59	31,61	27,71	-	-
P-valor	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	-	-

TR1: Dieta com 0,55% de fósforo proveniente de fosfato bicálcico (controle). TR2: Dieta com 0,55% de fósforo complexado. TR3: Dieta com 0,28% de fósforo complexado. TR4: Dieta com 0,22% de fósforo complexado. TR5: Dieta com 0,17% de fósforo complexado. TR6: Dieta com 0,11% de fósforo complexado. TR7: Dieta com 0,06% de fósforo complexado.

Em relação a produção de gases *in vitro*, a média geral não diferiu entre tratamentos (Tabela 4). Entretanto, a interação tempo × tratamento revelou diferenças pontuais (Tabela 6). Após 3 h de incubação, o tratamento com 0,55% de fósforo complexado apresentou maior produção, enquanto o controle registrou o menor valor. Em 48 h, os tratamentos com 0,55%, 0,28% e 0,22% de fósforo complexado apresentaram maiores volumes acumulados, enquanto os tratamentos com 0,11% e 0,06% de fósforo complexado permaneceram com os menores valores.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre tempo vs tratamento (TP*TR) para a produção total de gases (mL/gd) em diferentes tratamentos ao longo do tempo, para os tratamentos contendo diferentes inclusões de fósforo complexado em dietas para cordeiros confinados.

Tempo	Tratamentos							Média	P-valor
	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7		
3h	49,98b	64,97a	64,59a	63,22a	62,64a	62,69a	60,47 ^a	61,22	<.0001
6h	86,18	90,85	94,03	92,08	93,98	91,81	88,26	91,03	0,7138
9h	102,34	102,1	115,89	111,93	117,14	111,72	110,08	95,89	0,0953
12h	120,02	108,66	122,67	124,84	130,18	123,68	120,86	121,56	0,4551
24h	151,99	153,16	153,49	143,09	150,15	147,22	143,07	150,23	0,6507
36h	166,62	174,93	174,87	166,94	159,6	151,51	152,46	162,50	0,2494
48h	177,82bc	215,22a	200,13ab	189,02b	169,65bc	157,83c	155,06c	180,68	<.0001
Média	122,14	129,98	132,24	113,02	126,19	120,92	118,61	-	-
P-valor	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	-	-

TR1: Dieta com 0,55% de fósforo proveniente de fosfato bicálcico (controle). TR2: Dieta com 0,55% de fósforo complexado. TR3: Dieta com 0,28% de fósforo complexado. TR4: Dieta com 0,22% de fósforo complexado. TR5: Dieta com 0,17% de fósforo complexado. TR6: Dieta com 0,11% de fósforo complexado. TR7: Dieta com 0,06% de fósforo complexado.

As inclusões de fósforo complexado também influenciaram a digestibilidade *in vitro* da MS, PB e FDN (Tabela 7). Observa-se na tabela que, os tratamentos com 0,28% e 0,22% de fósforo complexado apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade, seguidos do controle (0,55% de fosfato bicálcico). Os demais tratamentos, com menores inclusões de fósforo, apresentaram valores inferiores para todos os nutrientes avaliados.

Tabela 7. Efeito de diferentes inclusões de fósforo complexado em dietas para cordeiros confinados sobre a digestibilidade *in vitro* da MS e nutrientes.

Item	Tratamentos							EPM	P-valor
	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7		

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

DIVMS	73,79b	76,65a	78,56a	67,75c	69,06c	66,98c	66,53c	0,5488	<.0001
DIVPB	80,82b	81,89b	85,08a	68,96c	70,32c	70,19c	68,15c	0,7523	<.0001
DIVFDN	67,81b	70,61a	72,13a	63,54c	63,52c	62,06c	62,12c	0,4532	<.0001

TR1: Dieta com 0,55% de fósforo proveniente de fosfato bicálcico (controle). TR2: Dieta com 0,55% de fósforo complexado. TR3: Dieta com 0,28% de fósforo complexado. TR4: Dieta com 0,22% de fósforo complexado. TR5: Dieta com 0,17% de fósforo complexado. TR6: Dieta com 0,11% de fósforo complexado. TR7: Dieta com 0,06% de fósforo complexado.

Discussão

Os maiores valores observados na produção de $N-NH_3$, conforme maiores inclusões de fósforo, sugerem que o fósforo pode ter um papel importante na digestão e no metabolismo do nitrogênio. O $N-NH_3$ é um produto da digestão de proteínas e sua concentração pode ser um indicativo da eficiência da digestão proteica. Níveis elevados de $N-NH_3$ podem resultar de uma maior digestão de proteínas. Essa maior digestão pode ser devido ao fósforo fornecer mais substratos para os microrganismos, favorecendo um maior sincronismo entre energia e proteína, melhorando a fermentação de proteína da dieta. Este fato se comprova ao observar a menor dosagem de fósforo (0,06%), a qual apresentou menor produção de $N-NH_3$, assim como também demonstrou menor digestibilidade da proteína. Ademais, quando analisado o desdobramento da interação tempo*tratamento para produção de $N-NH_3$ nos diferentes horários analisados, nota-se que o mesmo comportamento foi observado, independente do tempo, onde as maiores dosagens de fósforo produziram maiores quantidades de $N-NH_3$. O resultado encontrado neste estudo está de acordo com Bach *et al.* (2005), que apresentam que, quanto maior o sincronismo entre energia e proteína, maior a degradação dos nutrientes.

Em relação aos valores de pH final, não foi observado diferença nos tratamentos entre si, bem como entre os tratamentos e o controle. Contudo, houve uma redução do pH no geral, consequência do processo de fermentação, que resulta na formação de ácidos graxos voláteis (Ørskov, 1988). Apesar dos valores encontrados serem baixos, estes se justificam pois não houve fluxo constante de alimento, ou seja, não houve inclusão de tamponantes e/ou absorção dos ácidos graxos produzidos, o que manteve o pH baixo.

As maiores produções de gases observadas nos tratamentos com 0,55%, 0,28% e 0,22% de fósforo complexado podem ser explicadas pela maior digestibilidade dos nutrientes, sendo conivente com Moss *et al.* (2000), que pontuam que a produção de gases, incluindo o metano, é uma consequência inevitável da fermentação ruminal de carboidratos e outros nutrientes. Além disso, observa-se que as maiores dosagens de fósforo resultaram em maiores produções de gases, independentemente do tempo. Dessa forma, a relação entre a digestibilidade encontrada neste estudo corrobora com os resultados obtidos para a produção de gases, reforçando a conexão entre o aumento da digestibilidade e a elevação da fermentação ruminal.

As menores digestibilidades da matéria seca e nutrientes, encontradas nos tratamentos com menores inclusões de fósforo (0,06% e 0,11%), sugerem que a insuficiência de fósforo compromete a atividade microbiana, reduzindo a fermentação e a digestibilidade dos nutrientes. Como Breves & Schroder (1991) apontaram, concentrações insuficientes de fósforo no rúmen, abaixo de 3 mM, prejudicam a digestibilidade da matéria orgânica e a síntese de proteínas microbianas. No presente estudo, menores concentrações de fósforo complexado foram associadas a menores taxas de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro, confirmando que a insuficiência de fósforo afeta negativamente a eficiência digestiva.

Ressalta-se a limitação de uma discussão mais aprofundada com outros autores devido à escassez de pesquisas na área abordada por este estudo. Portanto, torna-se evidente a necessidade de continuidade no desenvolvimento de pesquisas científicas, a fim de verificar de maneira mais abrangente se menores dosagens de fósforo complexado na dieta de cordeiros realmente proporcionam melhores condições de fermentação ruminal e maior eficiência metabólica, contribuindo para o crescimento sustentável desses animais.

Conclusão

O uso de fósforo complexado como substituto do fosfato bicálcico em dietas para cordeiros confinados demonstrou ser uma estratégia eficaz. Os resultados indicam que mesmo em doses

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

menores, como 0,28% de fósforo complexado, foi possível obter efeitos comparáveis ou até superiores em termos de digestibilidade da matéria seca e nutrientes, quando comparado ao fosfato bicálcico tradicional (0,55%).

Com base nos resultados *in vitro*, é recomendável explorar doses menores de fósforo complexado, como 0,22% ou até 0,17%, em experimento *in situ*. Essas doses, que já mostraram potencial *in vitro*, poderiam beneficiar-se da maior eficiência metabólica do fósforo complexado no organismo dos cordeiros.

Referências

ALVES, A. A.; SALES, R. O.; AZEVÊDO, D. M. M. R.; AZEVÊDO, A. R.; ARRUDA, F. A. V. Exigências nutricionais de ruminantes em ambiente climático tropical. *Revista Brasileira de Nutrição Animal*, v. 1, n. 3, supl., p. 1-85, 2008.

BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M. D. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, v. 88, n. E. Suppl., p. E9-E21, 2005.

BARRETO, J. C.; BRANCO, A. F.; SANTOS, G. T.; MAGALHÃES, V. J. A.; CONEGLIAN, S. M.; TEIXEIRA, S. Avaliação dos efeitos de fontes de fósforo na dieta sobre parâmetros do meio ruminal e eficiência de síntese microbiana, digestibilidade dos nutrientes e fósforo plasmático em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 4, p. 760-769, 2009.

BORGES, E. E. S.; SILVA FILHO, J. C.; ROQUE, N. C. R.; PÉREZ, J. R. O.; VITTI, D. M. S. S.; PARDO, R. M. P. Dinâmica do fósforo em ovinos alimentados com dietas contendo diversos níveis deste mineral. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 9, p. 1679-1684, 2008.

BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutrition Research Reviews*, v. 4, n. 1, p. 125-140, 1991.

GUEDES, L. F.; ANDRÉ JÚNIOR, J. A.; ALVES, L. R. N.; ANDRADE, P. A. D.; VITOR, C. G.; BORGES, A. L. C. C.; BORGES, I. Metabolismo de cálcio e fósforo em ovinos. *Nucleus Animalium*, v. 8, n. 2, p. 13-28, 2016.

MILTON, J. T. B.; TERNOUTH, J. H. Phosphorus metabolism in ruminants. 2. Effects of inorganic phosphorus concentration upon food intake and digestibility. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 36, n. 4, p. 647-654, 1985.

MOSS, A. R.; JOUANY, J. P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Annales de Zootechnie*, v. 49, n. 3, p. 231-253, 2000.

ØRSKOV, E. R. *Nutrición proteica de los rumiantes*. Zaragoza: Acribia, 1988.

SHEN, X.; ZHANG, J.; ZHANG, R. Phosphorus metabolic disorder of Guizhou semi-fine wool sheep. *PLoS One*, v. 9, n. 2, p. e89472, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089472>.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Espírito Santo – UFES pelo apoio financeiro, e a todos que em algum momento colaborou para a realização deste projeto.