






Original

Suplementación de novillas en pastoreo empleando diferentes fuentes de proteína.

Román Maza O^{1*}  Ph.D; Deilen Sotelo M²  Ph.D; Mauricio Miguel E³  Ph.D;
Libardo Maza A⁴  M.Sc; Mário Fonseca P⁵  Ph.D.

¹Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Zootecnia, Grupo de Investigación de Ganadería y Agricultura Sostenible (GIAS), Pamplona, Colombia.

²Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Medicina Veterinaria, Grupo de Investigación de Ganadería y Agricultura Sostenible (GIAS) Pamplona, Colombia.

³Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Economía, Administración y Desarrollo Rural, Ciudad de México, México.

⁴Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Pecuarias, Grupo de Investigación en Producción Animal Tropical (GIPAT), Montería, Colombia.

⁵Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrarias. Departamento de Zootecnia, Viçosa, Brasil.

*Correspondence: rmaza777@hotmail.es

Recibido: Mayo 2020; Aceptado: Diciembre 2020; Publicado: March 2020.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar el efecto de la suplementación con diferentes fuentes de proteína (torta de soya y salvado de trigo con urea) sobre el desempeño productivo, consumo, digestibilidad, síntesis de proteína microbiana y perfil metabólico de novillas en pastoreo. **Materiales y métodos.** Fueron utilizadas 20 novillas Nelore de 8.5±0.06 meses edad y peso corporal inicial promedio de 241.5±4.71 kg. Los animales fueron distribuidos en delineamiento completamente al azar, con dos tratamientos y diez repeticiones. Fueron evaluadas dos fuentes de proteína en los suplementos: 1) Torta de soya (TS) y 2) Torta de soya + salvado de trigo + Urea (TS+ST+U). **Resultados.** El consumo de proteína bruta (PB) y materia orgánica (MO) fue mayor ($p<0.05$) para novillas del tratamiento TS comparado con novillas TS+ST+U. La digestibilidad de la PB fue incrementada ($p<0.05$) con la suplementación con TS. Las concentraciones medias de glucosa, colesterol, nitrógeno ureico en la sangre y proteínas totales no fueron afectadas ($p>0.10$) por las fuentes de proteína suplementadas. De igual modo, la ganancia de peso diario y peso corporal final no fueron influenciados ($p>0.10$) por las fuentes de proteína. **Conclusiones.** La suplementación con torta de soya o salvado de trigo con urea en asociación a la torta soya en suplementos múltiples para bovinos en pastoreo, proporcionan similar desempeño productivo y nutricional y perfil metabólico de los animales.

Palabras clave: Nelore; compuestos nitrogenados; consumo de nutrientes; nutrición de rumiantes; pasturas tropicales (*Fuente: USDA*).

ABSTRACT

Objective. Evaluate the effects of supplementation with different protein sources (soybean meal and wheat bran with urea) on the productive performance, intake, digestibility, microbial protein synthesis, and metabolic profile of grazing beef heifers. **Materials and methods.** Were used twenty Nelore heifers at 8.5±0.06 months of age, with an initial average body weight of 241.5±4.71 kg. The animals

Como citar (Vancouver).

Maza OR, Sotelo MD, Estrada MM, Maza AL, Fonseca PM. Suplementación de novillas en pastoreo empleando diferentes fuentes de proteína. Rev MVZ Córdoba. 2021; 26(2):e2027. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2027>



©El (los) autor (es), Revista MVZ Córdoba 2021. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

were distributed in a completely randomized design with two treatments and ten replicates. Two protein sources in the supplements were evaluated: 1) Soybean meal (SBM), and 2) Soybean meal + Wheat bran + Urea (SBM+WB+U). **Results.** Crude protein (CP) and organic matter intakes were higher ($p<0.05$) for heifers from SBM compared with SBM+WB+U. The CP digestibility was increased ($p<0.05$) with SBM supplementation. Mean blood concentrations of glucose, cholesterol, serum urea nitrogen, and total proteins were not affected ($p>0.10$) by protein sources. In the same way, daily weight gain and final body weight were not influenced ($p>0.10$) by protein sources. **Conclusions.** The supplementation with soybean meal or wheat bran with urea in association with soybean meal in multiple supplements for grazing cattle provides similar productive and nutritional performance and metabolic profile in beef heifers.

Keywords: Nelore; nitrogen compounds; nutrient intake; ruminant nutrition; tropical pasture (Source: USDA).

INTRODUCCIÓN

Los pastos tropicales representan el principal recurso nutricional para la producción de bovinos en la región montañosa de Brasil. Sin embargo, rara vez pueden ser considerados para representar una dieta balanceada para la producción animal, ya que poseen varias limitaciones nutricionales, como la proteína, la energía y los minerales que son observados durante todo el año (1). Durante la época seca, el contenido de proteína bruta (PB) de los pastos tropicales bajo pastoreo suele ser menor a 70g de PB kg^{-1} de la materia seca (MS). Durante la época de lluvias, las pasturas tropicales presentan una relación energía y proteína desequilibrada, exhibiendo un exceso relativo de energía (2) y, por lo tanto, requieren una suplementación proteica para reducir las deficiencias nutricionales y metabólicas con el objetivo de mejorar el desempeño de los bovinos en pastoreo y la eficiencia del sistema de producción (2,3).

La proteína es considerada el nutriente limitante (4), principalmente para la producción de bovinos en los trópicos. Sin embargo, también es el nutriente más caro de las dietas y por lo tanto requiere más atención en las formulaciones. Además, debido al elevado costo de las principales fuentes de proteínas utilizadas en la formulación de suplementos para ganado, como la torta de soya (TS), el uso de fuentes proteicas alternativas puede optimizar los resultados, ya sea mediante la reducción de los costos de producción sin comprometer el desempeño, o mediante una mejor adecuación de los nutrientes disponibles para satisfacer las necesidades metabólicas de los animales (5). Por consiguiente, los investigadores han tenido un interés creciente en el uso de otras fuentes de alimentos, como la torta de semillas de algodón,

la torta de ricino, el salvado de trigo más urea y la urea en la dieta de bovinos (6,7,8,9).

El salvado de trigo como alimento proteico se utiliza parcial o completamente en la formulación de suplementos para bovinos, en regiones donde hay presencia de cultivos de trigo, ya que el salvado de trigo es un producto de alta disponibilidad y precio competitivo en el mercado y características nutricionales deseables: un alto porcentaje de proteínas degradables en el rumen, bajo contenido de almidón e insumos minerales, que benefician a los animales alimentados con forraje de baja calidad (10,11). Por otro lado, la urea se usa comúnmente en la dieta de los rumiantes como fuente de nitrógeno no proteico (1).

Así, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con diferentes fuentes de proteína (torta de soya y salvado de trigo con urea) sobre el desempeño productivo, consumo, digestibilidad, síntesis de proteína microbiana y perfil metabólico de novillas de carne en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aspectos éticos. Todos los procedimientos realizados en los animales fueron aprobados por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de la Universidad Federal de Viçosa (protocolo CEUAP-UFV número 10/2016).

Área experimental. Este experimento se llevó a cabo en el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Federal de Viçosa - Brasil, localizado en una región montañosa a 20°45' S 42°52' O; 657m de altitud, entre julio y noviembre de 2015, que correspondió a la época seca y comienzo de la transición de seca-lluvias. El

período experimental presentó una precipitación total de 303 mm y una temperatura promedio de 20.8°C.

Diseño experimental y dietas. En este estudio se utilizaron veinte novillas Nelore de 8.5 ± 0.06 meses de edad y un peso corporal inicial promedio de 241.5 ± 4.71 kg. El diseño experimental fue completamente al azar, con dos tratamientos y diez repeticiones. Las dos fuentes de proteínas evaluadas fueron: 1) torta de soya (TS) en el suplemento y 2) torta de soya + salvado de trigo + urea (TS+ST+U) en el suplemento. La mezcla de urea y sulfato de amonio (9:1) se utilizó para ajustar el contenido de PB del suplemento de salvado de trigo, debido a las diferencias en los niveles de PB en los alimentos proteicos utilizados. Los suplementos estaban compuestos además las fuentes de proteína de maíz molido y sal mineral y se formularon para contener 30% de PB (Tabla 1). A los animales se les suministró suplementos en cantidades de 6 g de suplemento kg^{-1} de peso corporal (PC). La cantidad de suplemento de 6 g kg^{-1} de peso corporal ($465 \text{ g de PB d}^{-1}$) correspondió aproximadamente al 70% de las exigencias nutricionales de PB para novillas cebú con un PC de 300 kg y una ganancia esperada de 0.5 kg d^{-1} (12).

Tabla 1. Ingredientes y composición química de los suplementos consumidos por las novillas durante el período experimental.

Ítem	Suplemento ²	
	TS	TS+ST+U
% de Ingredientes (base de alimentación)		
Torta de soya	54.3	30.2
Maíz molido	40.7	31.9
Salvado de trigo	-	30.0
U/SA (9:1)	-	2.9
Sal mineral ¹	5.0	5.0
Composición química (g kg^{-1} de MS)		
Materia seca	915.0	912.9
Materia orgánica	916.6	913.5
Proteína bruta	285.9	273.9
Extracto de etéreo	16.3	15.2
CNF ⁴	485.83	453.94
FDNcp	128.6	213.9
PIDN (g kg^{-1} de PB)	132.9	41.9
FDNi	15.2	37.7

¹Composición centesimal: fosfato bicálcico, 50.00; cloruro de sodio, 47.15; sulfato de zinc, 1.50; sulfato de cobre, 0.75; sulfato de cobalto, 0.05; yodato de potasio, 0.05; y sulfato de manganeso: 0.05; SA: sulfato de amonio; ²TS= torta de soya; TS+ST+U: torta de soya + salvado de trigo + urea; ³CNF: carbohidratos no fibrosos = MO - (PB + EE+ FDNcp); FDNcp: fibra en detergente neutro corregida para cenizas y proteína; PIDN: proteína insoluble en detergente neutro; FDNi: fibra en detergente neutro indigestible.

Manejo de animales. Los animales fueron sometidos a 14d de adaptación a la dieta y al área experimental. Al inicio del experimento los animales fueron pesados después de 14 h de ayuno de sólidos. Los animales fueron asignados a uno de los dos potreros de 2.5 ha cada uno (uno para cada tratamiento), uniformemente cubiertos con *Brachiaria decumbens* Stapf, y equipados con bebederos y comederos. Los suplementos se ofrecieron diariamente a las 10 de la mañana. El agua se suministró *ad libitum* durante el estudio.

Durante todo el experimento, los animales fueron pesados cada 30 d sin ayuno y siempre por la mañana, con el fin de ajustar la cantidad de suplemento que se iba a suministrar a cada grupo y para monitorear el desempeño. Los animales estaban en un sistema de pastoreo continuo, sin embargo, para minimizar los posibles efectos de los potreros sobre los tratamientos experimentales, estos fueron rotados en cada pastura cada siete días, por lo que cada grupo permaneció durante el mismo período en cada potrero.

Muestras de forraje. La composición química del forraje (Tabla 2) se evaluó mediante muestras colectadas por simulación manual (pastoreo simulado), cada 15 días. Cada 30d se colectó una segunda muestra de pasto para estimar la disponibilidad total de materia seca (MS) y de materia seca potencialmente digestible (MSpd). Cuatro submuestras fueron tomadas al azar en cada potrero, cortándolas a ras del suelo usando un cuadrado metálico ($0.5 \times 0.5 \text{ m}$). Las muestras fueron secadas en un horno a 60°C, molidas en un molino Wiley (modelo 3; Arthur H. Thomas, Filadelfia, PA) para pasar a través de un tamiz de 2 mm. Después de eso, la mitad de cada muestra molida fue molida nuevamente para pasar a través de un tamiz de 1 mm. Las muestras se agruparon con base en cada período experimental.

Características nutricionales. En el día 75 del experimento, se realizó un ensayo de diez días para evaluar las características nutricionales. Los primeros seis días del ensayo se utilizaron para la adaptación de los animales a los marcadores (estabilización de la excreción de los marcadores). Se utilizó óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador externo para estimar la excreción fecal, la cual se empacó en cartuchos de papel en una cantidad de 10 g por animal y se administró por vía esofágica con auxilio de una sonda metálica una vez al día, a las 10 de la mañana.

Tabla 2. Composición química del forraje consumido por las novillas durante el período experimental.

Ítem	<i>B. decumbens</i> ^{2,4}	<i>B. decumbens</i> ^{3,4}
Composición química (g kg ⁻¹ de MS)		
Materia seca	887.9 ± 1.36	885.8 ± 0.05
Materia orgánica	919.24 ± 0.57	799.9 ± 0.44
Proteína bruta	100.9 ± 7.79	91.3 ± 0.64
Extracto de etéreo	19.8 ± 0.70	-
CNF ¹	200.3 ± 1.45	-
FDNcp	598.1 ± 3.09	621.6 ± 4.05
PIDN (g kg ⁻¹ de PB)	354.6 ± 0.39	329.6 ± 0.19
FDNi	154.9 ± 0.163	157.7 ± 0.35

¹CNF: carbohidratos no fibrosos = MO - [(PB - PBU + U) + EE + FDNcp; FDNcp: fibra en detergente neutro corregida para cenizas y proteína; PIDN: proteína insoluble en detergente neutro; FDNi: fibra en detergente neutro indigestible. ²Valores medios de las muestras colectadas por simulación manual en el ensayo de digestión; ³Valores medios de las muestras colectadas por simulación manual a lo largo del período experimental; ⁴ ± error estándar de la media.

Se usó dióxido de titanio (TiO₂) para estimar el consumo individual del suplemento, mezclado en el suplemento en una proporción de 10 g Kg⁻¹ de suplemento. Para estimar el consumo de MS de forraje, se usó la fibra en detergente neutro indigestible (FDNi) como marcador interno. En los últimos cuatro días del ensayo, se colectaron muestras de heces inmediatamente después de la defecación o directamente del recto de los animales (en cantidades aproximadas de 200 g), en diferentes tiempos según el siguiente esquema: Día 6 - 18 h, Día 7 - 14 h, Día 8 - 10 h y Día 9 - 06 h. Las muestras fecales de identificaron, se secaron en el horno a 60°C y se molieron como se describió anteriormente. Después de eso, las muestras fueron agrupadas de acuerdo a cada animal.

Para evaluar la producción de proteína microbiana y la excreción de nitrógeno ureico urinario (NUU) por parte de los animales, el décimo día del ensayo se colectó una muestra spot de orina durante la micción espontánea, cuatro horas después del suministro del suplemento. Después de la recolección, 10 mL de orina se diluyeron en 40 mL de H₂SO₄ (0.036 N) y se congelaron a -20°C para su posterior análisis.

Colectas de sangre. En los días 45, 90 y 135 del experimento, se colectaron muestras de sangre para cuantificar la concentración de glucosa, colesterol, nitrógeno ureico sérico (NUS),

proteínas totales y albúmina. Las muestras se colectaron a las 7h00, mediante venopunción yugular en tubos de vacío que contenían gel separador y acelerador de coagulación (BD Vacutainer® SST II Advance, Phymouth, Reino Unido) y tubos de vacío que contenían fluoruro de sodio y EDTA (BD Vacutainer® Fluoreto/EDTA, Sao Paulo, Brasil) como inhibidor glucolítico y anticoagulante, respectivamente, para el análisis de la glucosa. Las muestras colectadas con el gel separador y el acelerador de coagulación fueron centrifugadas inmediatamente (3600 × g durante 20 min) y, las muestras colectadas con el inhibidor glucolítico fueron centrifugadas inmediatamente (2600 × g durante 10 min), el plasma se congeló a -20°C para su posterior análisis.

Desempeño productivo. Para evaluar la ganancia diaria de peso (GDP) y el peso corporal final (PCF), los animales fueron pesados al inicio y al final del experimento después de 14h de ayuno de sólidos.

Procedimientos analíticos. Las muestras de forraje, heces y suplemento (procesadas para pasar a través de tamices de 1 mm) se analizaron para MS (secado durante una noche a 105°C; método INCT-CA número G-003/1), las cenizas (combustión completa en un horno de mufla a 600°C durante 4h; método INCT-CA número M-001/1), PB (procedimiento Kjeldahl; método INCT-CA número N-001/1), extracto etéreo (procedimiento Randall; método INCT-CA número G-005/1), FDN corregida para cenizas y proteína (utilizando α-amilasa termoestable, omitiendo el sulfito de sodio y haciendo la corrección para las cenizas y la proteína residuales; método INCT-CA número F-002/1) según Detmann et al (13). El contenido de FDNi en las muestras de heces, forraje y suplemento (procesadas para pasar a través de tamices de 2 mm) se estimó utilizando el procedimiento de incubación ruminal *in situ* durante 288 h (método INCT-CA número F-008/1) (14).

Asimismo, las muestras de heces fueron analizadas para determinar la concentración de cromo usando digestión nitroperclórica y espectrofotometría de absorción atómica (13) y de dióxido de titanio por colorimetría (15,16).

La MS_{pd} fue estimada según lo describe Detmann et al (17), usando la siguiente ecuación:

$$MS_{pd} = 0.98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi)$$

La excreción de MS fecal se estimó utilizando el marcador de óxido crómico, basado en la relación entre la cantidad de cromo suministrada y su concentración en las heces. El consumo individual de suplemento (CS) se estimó mediante la relación de excreción de TiO_2 en las heces y la concentración del marcador en el suplemento.

El consumo de materia seca (CMS) se estimó utilizando la FDNi como marcador interno y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CMS = [(EF \times FDNi \text{ heces} - FDNi \text{ suplemento}) / FDNi \text{ forraje}] + CS$$

Donde EF = excreción fecal (kg por día), FNDi heces = concentración de FDNi en las heces (kg por kg), FDNi suplemento = concentración de FDNi en el suplemento (kg por kg), FDNi forraje = concentración de FDNi en el forraje (kg por kg) y SI = consumo de suplemento.

El volumen urinario diario se calculó utilizando la relación entre la excreción diaria de creatinina (EC), tomando como referencia la ecuación propuesta por Costa e Silva et al (18), y su concentración en las muestras Spot:

$$EC(g/d) = 0.0345 \times PC^{0.9491}$$

Dónde: PC = peso corporal

La excreción de los derivados de purina en la orina se calculó mediante la suma de las excreciones de alantoína y ácido úrico, que se obtuvo por el producto entre sus concentraciones en la orina por el volumen urinario diario. Las purinas absorbidas fueron calculadas a partir de la excreción de los derivados de purinas según Chen y Gomes (19).

$$PA = X - 0.301 \times PC^{0.75} / 0.80$$

Donde:

PA = purinas absorbidas (mmol/d),
X = excreción de derivados de purina (mmol d^{-1}),
0.8 = purinas absorbidas recuperadas.
El valor $0.301 \times PC^{0.75}$ = excreción endógena de derivados de purinas.

La síntesis ruminal de los compuestos de nitrógeno se calculó en función de las purinas absorbidas utilizando la ecuación descrita por Barbosa et al (20).

$$NMIC = 70 \times PA / 0.93 \times 0.137 \times 1000$$

donde:

NMIC = síntesis ruminal de compuestos de nitrógeno (g d^{-1}),
PA = purinas absorbidas (mmol d^{-1}),
70 = contenido de N de la purinas (mg mol^{-1}),
0.93 = digestibilidad de purina y
0.137 = relación N purina: N total de microorganismos.

La eficiencia de la síntesis microbiana de proteínas (ESM) se estimó dividiendo la producción microbiana de proteínas por el consumo de MOD.

Las concentraciones de glucosa en la sangre (Ref. Número K082-2, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) y de colesterol (Ref. Número K083-2, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) fueron cuantificadas mediante una prueba enzimática-colorimétrica. La concentración de urea en sangre y orina usando la prueba cinética enzimática (Ref. Número K056-1, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) y, albúmina (Ref. Número K040-1, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) y las proteínas totales (Ref. Número K031-1, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) mediante una prueba colorimétrica. La creatinina urinaria mediante una prueba cinética colorimétrica (Ref. Número K067-1, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) y el ácido úrico urinario mediante una prueba enzimática-colorimétrica (Ref. Número K139-1, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil). El nitrógeno ureico sérico (NUS) se estimó como el 46.67% del total de la urea en suero. Estos metabolitos fueron analizados de acuerdo con un analizador bioquímico automático (Mindray BS200E, Shenzhen, China).

Análisis estadístico. El experimento se analizó según un diseño completamente al azar. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron utilizando el procedimiento MIXED del SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). El consumo, digestibilidad, producción de proteína microbiana, ganancia diaria de peso (GDP) y peso corporal final (PCF) se sometieron al análisis de varianza, adoptando el peso corporal inicial como covariable. Las concentraciones sanguíneas de glucosa, colesterol, NUS, albúmina y proteínas totales se analizaron utilizando el procedimiento de medidas repetidas. La elección de la estructura de covarianza más adecuada se basó en el menor valor del criterio de información de Akaike corregido. La significancia estadística

se consideró en $p \leq 0.05$, y las tendencias se consideraron en $0.05 < p \leq 0.10$. En ausencia de interacción tratamiento y colecta, se informan los principales efectos.

Por lo tanto, el experimento fue analizado de acuerdo con el modelo:

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

Dónde:

Y_{ij} = observación promedio entre los individuos tomados en la unidad experimental j sometida al tratamiento i;

μ = constante general;

T_i = efecto fijo del tratamiento i;

$e_{(ij)}$ = error aleatorio, no observable asociado a cada unidad experimental, supuesto NID (0, σ^2).

RESULTADOS

Muestras de forraje. La disponibilidad media de MS total de forraje y MSpd durante el experimento fue de 4.7 ± 0.37 y 3.2 ± 0.28 t ha⁻¹, respectivamente. El concepto de MSpd abarca la cantidad y calidad del forraje disponible para ser transformado en producto animal (1). Las muestras de forraje obtenidas por el método de simulación manual presentaron un contenido promedio de PB de 91.3 g kg⁻¹ de MS (Tabla 2).

Características nutricionales. No se detectó ningún efecto de los tratamientos ($p > 0.10$) sobre los consumos voluntarios (kg día⁻¹) de MS, suplemento, FDNcp, materia orgánica digerida (MOD), FDNcp digerida (Tabla 3). Sin embargo, el consumo de PB y MO fue mayor ($p < 0.01$) para los animales del tratamiento de TS (Tabla 3). Además, se observó una tendencia de aumento ($p = 0.087$) en el consumo de materia seca de forraje (MSF) para las novillas del tratamiento TS (Tabla 3).

El consumo (g kg⁻¹ de PC) de MS, MSF, MO, FDNcp y FDNi no fue influenciado ($p > 0.10$) por las fuentes de proteína (Tabla 3).

No se observó ningún efecto de los tratamientos ($p < 0.10$) sobre los coeficientes de digestibilidad de MS, MO y FDNcp (Tabla 4). Sin embargo, la digestibilidad de PB fue mayor ($p < 0.05$) para los animales que consumieron TS en comparación con los que consumieron TS+ST+U (Tabla 4). Similarmente, la suplementación con TS aumentó ($p < 0.01$) el contenido dietético de MOD (Tabla 4).

Tabla 3. Consumo voluntario de novillas en pastoreo suplementadas con diferentes fuentes de proteína.

Ítem	Suplemento ¹		EEM	Valor-P
	TS	TS+ST+U		
kg día ⁻¹				
MS	6.82	6.47	0.185	0.210
MSF	5.30	4.99	0.120	0.087
MSS	1.52	1.47	0.088	0.679
MO	6.27	5.94	0.110	0.049
PB	1.01	0.87	0.012	0.003
FDNcp	3.38	3.29	0.071	0.351
FDNi	0.84	0.83	0.019	0.607
MOD	4.12	3.96	0.073	0.147
FDND	2.03	2.01	0.048	0.769
g kg ⁻¹ de PC				
MS	23.6	23.0	0.70	0.547
MSF	18.3	17.7	0.51	0.383
MO	21.7	21.1	0.51	0.439
FDNcp	11.7	11.7	0.30	0.896
FDNi	2.9	2.9	0.20	0.818

MS: materia seca; MSF: materia seca de forraje; MSS: materia seca de suplemento; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FDNcp: fibra detergente neutro corregida para cenizas y proteína; FDNi: fibra detergente neutro indigestible; MOD: materia orgánica digerida; FDND: fibra en detergente neutro digerida; ¹TS: torta de soya; TS+ST+U: torta de soya + salvado de trigo + urea; EEM: error estándar de la media.

Tabla 4. Coeficientes de digestibilidad y niveles de nitrógeno de novillas en pastoreo suplementadas con diferentes fuentes de proteína.

Ítem	Suplemento ¹		EEM	Valor-P
	TS	TS+ST+U		
Materia seca (g g ⁻¹)	0.632	0.634	0.0054	0.806
Materia orgánica (g g ⁻¹)	0.658	0.668	0.0045	0.125
Proteína bruta (g g ⁻¹)	0.739	0.720	0.0063	0.049
FDNcp (g g ⁻¹)	0.598	0.601	0.0090	0.163
MOD (g kg ⁻¹ de MS)	777.1	616.2	9.21	<0.001
NMIC (g día ⁻¹)	72.8	66.5	4.80	0.368
NMICR (g g ⁻¹ N)	0.447	0.491	0.0379	0.420
ESM (g PB kg ⁻¹ MOD)	110.5	109.7	9.41	0.948
NUU (g día ⁻¹)	66.4	74.3	4.05	0.182

FDNcp: fibra en detergente neutro corregida para cenizas y proteína; NMIC: producción de compuestos de nitrógeno microbiano; NMICR: nitrógeno microbiano relativo; ESM: eficiencia de síntesis de proteína microbiana; NUU: excreción de nitrógeno ureico urinario; ¹TS: torta de soya; TS+ST+U: torta de soya + salvado de trigo + urea; EEM: error estándar de la media.

La producción de nitrógeno microbiano (NMIC), nitrógeno microbiano en relación al nitrógeno ingerido (NMICR) y la eficiencia de síntesis de proteína microbiana (ESM) no fueron afectadas

por las fuentes de proteína ($p>0.10$) (Tabla 4). Además, no hubo ningún efecto de los tratamientos ($p>0.10$) sobre la excreción de nitrógeno ureico urinario (NUU) (Tabla 4).

Perfil metabólico. En general, no se observó ninguna interacción ($p>0.10$) entre las fuentes de proteína y los días de colectas en las variables evaluadas asociadas al perfil metabólico (Tabla 5). Sólo se observó un efecto de interacción ($p<0.01$) entre las fuentes de proteína y los días de colectas sobre el NUS (Tabla 5); el estudio de este efecto mostró que ambos tratamientos presentaron un aumento de la concentración de NUS desde la primera colecta, observándose la máxima concentración en la segunda colecta (Figura 1).

Tabla 5. Perfil metabólico de las novillas en pastoreo suplementadas con diferentes fuentes de proteínas.

Ítem	Suplemento ¹		EEM	Valor-P ²		
	TS	TS+ST+U		Trat	Col	TratCol
Glucosa (mg dL ⁻¹)	75.0	76.1	1.37	0.583	<0.001	0.694
Colesterol (mg dL ⁻¹)	89.6	88.5	4.40	0.859	0.073	0.642
SUN (mg dL ⁻¹)	15.2	16.4	0.51	0.122	<0.001	<0.001
Proteínas totales (g dL ⁻¹)	6.19	6.10	0.163	0.719	0.026	0.163
Albumina (g dL ⁻¹)	3.41	3.27	0.050	0.059	0.004	0.175

¹SBM: torta de soya; TS+ST+U: torta de soya + salvado de trigo + urea; ²Trat.: efectos de los tratamientos; Col.: efectos del día de colecta; EEM: error estándar de la media; TratCol.: interacción entre el tratamiento y colecta.

No se observó ningún efecto de los tratamientos ($p>0.10$) sobre las concentraciones sanguíneas de glucosa, colesterol, NUS y proteínas totales (Tabla 5). Sin embargo, se evidenció una tendencia de aumento en la concentración de albumina ($p=0.059$) en novillas que consumieron TS (Tabla 5).

En cuanto a los días de colectas de las muestras, se observó un efecto ($p<0.01$) sobre la concentración de glucosa en plasma, cuyo valor más bajo se evidenció en la tercera colecta de muestras (Figura 2). Además, se observó una tendencia de disminución ($p=0.073$) en la concentración de colesterol a partir de la primera colecta (Tabla 5). La concentración de proteínas totales tuvo su valor máximo ($p<0.01$) en la

última colecta (Figura 3). Por último, se observó un efecto ($p<0.01$) sobre la concentración de albumina (Tabla 5), cuyo valor máximo se detectó en la última colecta (Figura 4).

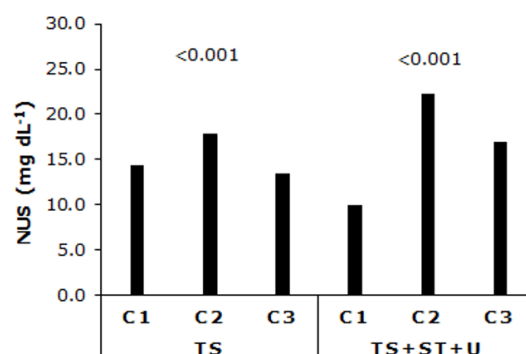


Figura 1. Concentración de nitrógeno ureico sérico (NUS) de los diferentes tratamientos según la colecta uno (C1), colecta dos (C2) y colecta tres (C3) durante el período experimental.

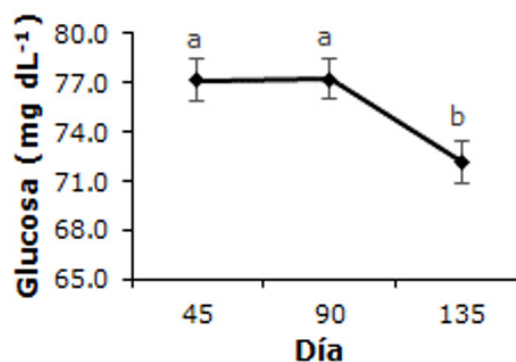


Figura 2. Concentración de glucosa en sangre durante el período experimental. ¹Las medias en la fila seguidas por diferentes letras difieren ($p<0.05$).

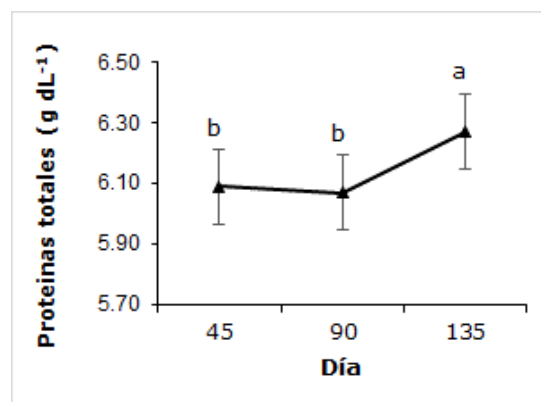


Figura 3. Concentración de proteínas totales en sangre durante el período experimental. ¹Las medias en la fila seguidas por diferentes letras difieren ($p<0.05$).

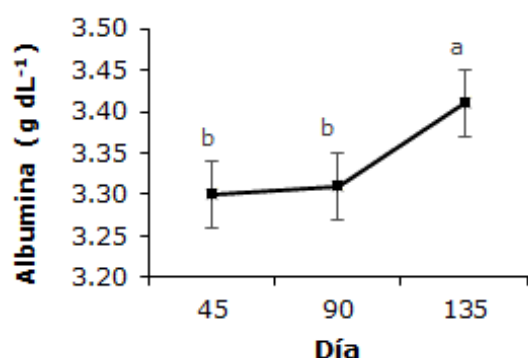


Figura 4. Concentración de albúmina en sangre durante el período experimental. ¹Las medias en la fila seguidas por diferentes letras difieren ($p < 0,05$).

Desempeño productivo. La GDP y el PCF de los animales no se vieron afectados ($p > 0,10$) por las fuentes de proteína (Tabla 6).

Tabla 6. Desempeño productivo de las novillas en pastoreo complementado con diferentes fuentes de proteína.

Ítem ¹	Suplemento ²		EEM	Valor-P
	TS	TS+ST+U		
PCF (kg)	314.2	308.7	2.95	0.188
GDP (kg día ⁻¹)	0.486	0.449	0.0190	0.183

¹PCF: peso corporal final; GDP: ganancia diaria de peso. ¹TS: torta de soya; TS+ST+U: torta de soya + salvado de trigo + urea; EEM: error estándar de la media.

DISCUSIÓN

La suplementación con compuestos nitrogenados para bovinos favorece el crecimiento de bacterias fibrolíticas, lo cual aumenta la degradación ruminal de la fibra y el consumo de forraje (2,21). Así, la tendencia de aumento en el consumo de MSF en novillas que consumieron TS (Tabla 3) puede ser explicado por el mayor consumo de PB de estos animales en relación a las novillas que consumieron TS+ST+U (Tabla 3), lo que confirma el efecto positivo de la suplementación nitrogenada en el consumo de forraje. Sin embargo, este patrón no fue observado en el consumo de FDNcp (Tabla 3).

El mayor consumo de PB para novillas del tratamiento TS en comparación con TS+ST+U (Tabla 3) puede ser atribuido al mayor contenido de PB en el suplemento TS. Aunque los suplementos fueron formulados para ser

isoproteicos, presentaron diferentes contenidos de PB (Tabla 1). Los mayores consumos de MO y MOD para los animales que consumieron TS en comparación con los que consumieron TS+ST+U sólo puede ser atribuido al mayor consumo de PB (Tabla 3), porque no hubo diferencias en los consumos de FDNcp o FDND, respectivamente.

El mayor coeficiente de digestibilidad de PB para las novillas que consumieron TS en comparación con las que consumieron TS+ST+U puede ser justificado por el mayor consumo de proteína (Tabla 3). Un mayor consumo de compuestos de nitrógeno conduce a una menor participación de la proteína endógena y reduce la representatividad de la fracción metabólica fecal de los componentes nitrogenados (22). La mayor digestibilidad de la PB elevó el contenido dietético de MOD.

Al evaluar el valor nutricional de la dieta, el contenido de PB fue de 148.5 y 134.1 g kg⁻¹ MS para los tratamientos con TS y TS+ST+U, respectivamente. Esto demuestra que no hubo deficiencia de compuestos nitrogenados para el crecimiento de microorganismos fibrolíticos, lo que puede explicar la digestibilidad de FDNcp similar entre los tratamientos (Tabla 4). Resultados similares fueron reportados por otros autores al suplementar bovinos en condiciones tropicales con diferentes tipos y cantidades de suplementos (9,22,23,24).

Las estimaciones similares de NMIC y ESM entre los tratamientos (Tabla 4) evidencian que no hubo deficiencias de sustratos esenciales (energía y compuestos nitrogenados) para el crecimiento de microorganismos ruminales a partir de las dietas. El valor medio de ESM en los tratamientos fue de 110.1 g de PB kg⁻¹ de MOD, valor ligeramente inferior a los 120 g de PB kg⁻¹ de MOD recomendados por Valadares Filho et al (12) para bovinos manejado en condiciones tropicales.

Aunque el consumo de PB fue mayor para las novillas del tratamiento TS en comparación con las del tratamiento TS+ST+U (Tabla 3), éste no fue suficiente para afectar el NMICR entre los tratamientos. Estos resultados indican que no hubo deficiencias de compuestos nitrogenados en el rumen.

A pesar del mayor consumo de PB para las novillas que consumieron TS en comparación con las que consumieron TS+ST+U (Tabla 3), el NUS y el NUU fueron similares entre los

tratamientos, lo cual era de esperar, debido a la presencia de urea en el suplemento (Tabla 1). La urea aumenta el contenido de proteína degradable en el rumen (PDR), que resulta en un aumento del amoníaco ruminal; esto trae como consecuencia una mayor concentración de nitrógeno en sangre. Asimismo, el aumento del amoníaco ruminal disminuyó la eficiencia de utilización.

La concentración de NUS es asociada positivamente con el consumo de PB, PDR y la concentración de amoníaco ruminal (25). Las concentraciones óptimas de NUS en novillas en crecimiento oscilan entre 11 y 15 mg dL⁻¹ (26), lo que sugiere que los animales de este estudio no presentaron deficiencias o excesos de proteína (Tabla 5). Por otra parte, la mayor concentración de NUS en la segunda colecta puede atribuirse al aumento del contenido de PB del forraje consumido por los animales. En este sentido, el mayor consumo de proteínas conduce a un aumento de la concentración de amoníaco ruminal y consecuentemente el transporte de nitrógeno por difusión al flujo sanguíneo, lo que conlleva a un aumento de la concentración de NUS (27).

La concentración de glucosa en sangre está asociada positivamente con el consumo de MS (28). Consumos similares de MS entre tratamientos (Tabla 3) pueden explicar la falta de diferencia en las concentraciones de glucosa de los animales (Tabla 5). En los rumiantes, los requerimientos de glucosa se satisfacen principalmente a través de la gluconeogénesis hepática (28). Así pues, la disminución de la concentración de glucosa a partir del segundo tiempo de colecta (Figura 2) puede ser atribuido posiblemente a una reducción de la tasa de gluconeogénesis causada por el aumento de las concentraciones de insulina. Soportando estos resultados, la captación de los precursores de la glucosa, así como la liberación de glucosa hepática, son reducidos por la insulina (28). Da Silva et al (29) y Almeida et al (30) tampoco reportaron ninguna diferencia en las concentraciones de glucosa de novillas suplementadas en condiciones tropicales.

La concentración de colesterol en el plasma es un indicador del metabolismo energético y del estado nutricional de los animales. Por lo tanto, concentraciones similares de colesterol sérico entre los tratamientos (Tabla 5) indican que ambos suplementos proporcionaron estados energéticos similares en los animales.

Las proteínas del plasma están compuestas principalmente por albúmina, globulinas y fibrinógeno. En el hígado, su síntesis está directamente relacionada con el estado nutricional y disponibilidad de aminoácidos en el animal (31). La ausencia de diferencias en la concentración de proteínas totales entre los tratamientos (Tabla 5) indica que no hubo deficiencia de proteína en la dieta. Por el contrario, la tendencia al aumento en la concentración de albúmina sérica en las novillas que consumieron TS (Tabla 5) puede atribuirse al mayor consumo de PB de estos animales (Tabla 3). Soportando este raciocinio, la albúmina es un indicador más sensible para evaluar el estado nutricional proteico que las proteínas totales (31). Esto puede explicar el aumento de las concentraciones de albúmina y la falta de efecto en las concentraciones séricas de proteínas totales en los tratamientos (Tabla 5). Las mayores concentraciones séricas de proteínas totales y albúmina en la tercera colecta (Figura 2 y Figura 3, respectivamente) puede estar asociada con el mayor contenido de PB del forraje consumido por los animales, como se mencionó anteriormente.

La GDP y PCF similares entre los tratamientos puede ser justificado por el nivel de PB suficiente en el forraje consumido (8,27) y la falta de diferencias en el consumo de MS de los animales (Tabla 3). Adicionalmente, también se puede inferir que la diferencia en el consumo de PB y MO entre los animales fue mínima y no suficiente para impactar la GDP y, por consiguiente, en el PCF.

Los resultados de este estudio indican que la suplementación con torta de soya o salvado de trigo con urea en asociación con la torta de soya en suplementos múltiples para bovinos en pastoreo proporcionan similar desempeño productivo y nutricional y un perfil metabólico en los animales. Por lo tanto, se recomienda el uso de salvado de trigo con urea asociado a la torta de soya en suplementos múltiples para bovinos en pastoreo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en relación con el trabajo presentado en este informe.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación de Apoyo a la Investigación de Minas Gerais (FAPEMIG) por su apoyo financiero.

REFERENCIAS

1. Detmann E, Valente EEL, Batista ED, Huhtanen, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livest Sci.* 2014; 162:141-153. <https://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>
2. Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Huhtanen, P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. *Semina: Ciênc Agrár.* 2014; 35(4):2829-2854. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2829>
3. Delcurto T, Hess B, Huston JE, Olson KC. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. *J Anim Sci.* 2000; 77:1-16. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77E-Suppl1v>
4. Maas J. Relationship Between Nutrition and Reproduction in Beef Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Anim Pract.* 1987; 3(3):633-646. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)31135-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)31135-X)
5. Pina DS, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Campos JMS, Detmann E, Marcondes MI, et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. *Rev Bras Zootec.* 2006; 35(4):1543-1551. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000500037>
6. Barros LV, Paulino MF, Chizzotti ML, Rennó LN, Cardenas JEG, Valente EEL, et al. Suplementação de bezerras de corte lactentes em sistema de creep-feeding e parâmetros nutricionais e produtivos de vaca de corte em pastejo. *Semina: Ciênc Agrár.* 2014; 35(4):2723-2738. <https://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2723>
7. Márquez DC, Paulino MF, Marcondes MI, Rennó LN, Barros LV, Martins LS, et al. Parâmetros nutricionais e produtivos de bezerras suplementadas a pasto com diferentes fontes de alimentos protéicos. *Semina: Ciênc Agrár.* 2014; 35(5):2709-2722. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n5p2709>
8. Martins LS, Paulino MF, Marcondes MI, Rennó LN, Almeida DM, Lopes SA, et al. Cottonseed meal is a suitable replacement for soybean meal in supplements fed to Nellore heifers grazing *Brachiaria decumbens*. *Anim Product Sci.* 2016; 57(9):1893-1898. <https://doi.org/10.1071/AN15709>
9. Ortega RM, Paulino MF, Detmann E, Rennó LN, Barros LV, da Silva AG, et al. Substitution of soybean meal for cottonseed meal in multiple supplements for grazing beef heifers in the dry season. *Semina: Ciênc Agrár.* 2016; 37(1):495-506. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n1p495>
10. Leng RA. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr Res Rev.* 1990; 3(3):277-303. <https://doi.org/10.1079/NRR19900016>
11. Goes RHTB, Mancio A, Valadares Filho SC, Lana R. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados utilizados como suplementos para novilhas. *Ciênc Agrotec.* 2004; 28(1):167-173. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000100022>
12. Valadares Filho SC, Costa E Silva LF, Giombelli MP, Rotta PP, Marcondes MI, Chizzotti ML, Prados LF. BR-Corte. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados. Viçosa: Viçosa, MG, Brazil). 2016. <http://www.brcorte.com.br/bundles/junglebrcorte2/book2016/br/c3.pdf>
13. Detmann E, Souza MAS, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, et al. Métodos para análise de alimentos INCT – Ciência Animal. (E Detmann, Ed.). Suprema Gráfica: Visconde do Rio Branco, MG; 2012. <https://www.editoraufv.com.br/produto/metodos-para-analise-de-alimentos/1109316>
14. Valente TNP, Detmann E, Queiroz AC, Valadares Filho SC, Gomes DI, Figueiras JF. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. *Rev Bras Zootec.* 2011; 40(11):2565-2573. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001100039>
15. Souza NKP, Detmann E, Pina DS, Valadares Filho SC, Sampaio CB, Queiroz AC, Veloso CM. Evaluation of chromium concentration in cattle feces using different acid digestion and spectrophotometric quantification techniques. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2013; 65(5):1472-1482. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000500028>

16. Titgemeyer EC, Armendariz CK, Bindel DJ, Greenwood RH, Löest CA. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *J Anim Sci.* 2001; 79(4):1059–1063. <https://doi.org/10.2527/2001.7941059x>
17. Detmann, E., Gionbelli, M.P., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., Rennó, L.N. Considerations on research methods applied to ruminants under grazing. *Nutri time Rev Eletrôn.* 2016; 13(3):4711–4731.
18. Costa e Silva LF, Valadares Filho SC, Chizzotti ML, Rotta PP, Prados LF, Valadares RFD. Et al. Creatinine excretion and relationship with body weight of Nellore cattle. *Rev Bras Zootec.* 2012; 41:807–810. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300046>
19. Chen XB, Gomes MJ. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - An overview of the technical details. Occasional Publication. Int Rowett Research Institute: Aberdeen, UK; 1992.
20. Barbosa AM, Valadares RFD, Valadares Filho SC, Pina DS, Detmann E, Leao MI. Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. *J Anim Sci.* 2011; 89(2):510–519. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2366>
21. Souza MA, Detmann E, Paulino MF, Sampaio CB, Lazzarini I, Valadares Filho SC. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. *Trop Anim Health and Prod.* 2010; 42(5):1299–1310. <https://dx.doi.org/10.1007/s11250-010-9566-6>
22. Ortega RM, Paulino MF, Detmann E, Rennó LN, Barros LV, da Silva AG, et al. Quantities of supplements for grazing beef heifers in the dry-rainy transition season. *Semina: Ciênc Agrár.* 2016; 37(1):461–472. <https://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n1p461>
23. Franco MO, Detmann E, Valadares Filho SC, Batista ED, de Almeida LR, Medrado BM, Lopes AR. Intake, digestibility, and rumen and metabolic characteristics of cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and different levels of starch. *Asian-Austral J Anim Sci.* 2017; 30(6):797–803. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0629>
24. Ortega RM, Paulino MF, Detmann E, Rennó LN, Moreno DS, Marquez DC, et al. Nutritional strategies for heifers under grazing system: productive and nutritional performance, metabolic profile and ovarian activity. *Trop Anim Health and Prod.* 2020; 52(3):1–10. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02095-7>
25. Broderick GA, Clayton MK. A Statistical Evaluation of Animal and Nutritional Factors Influencing Concentrations of Milk Urea Nitrogen. *J Dairy Sci.* 1997; 80(11):2964–2971. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76262-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3)
26. Byers FM, Moxon AL. Protein and selenium levels for growing and finishing beef cattle. *J Anim Sci.* 1980; 50(6):1136–1144. <https://doi.org/10.2527/jas1980.5061136x>
27. Sampaio CB, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Souza MA, Lazzarini I, et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Trop. Anim. Health and Prod.* 2010; 42:1471–1479. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9581-7>
28. Huntington GB, Harmon DL, Richards CJ. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J Anim Sci.* 2006; 84(E):14–24. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supplE14x
29. da Silva AG, Paulino MF, da Silva LA, Rennó LR, Detmann E, Moura FH, et al. Performance, endocrine, metabolic, and reproductive responses of Nellore heifers submitted to different supplementation levels pre- and post-weaning. *Trop Anim Health and Prod.* 2017; 49(4):707–715. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1248-1>
30. de Almeida DM, Marcondes MI, Rennó LN, Silva LHP, Martins LS, Marquez DC, et al. Nutritional planning for Nellore heifers post-weaning to conception at 15 months of age: performance and nutritional, metabolic, and reproductive responses. *Trop Anim Health Prod.* 2019; 51(1):79–87 <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1662-z>
31. Gonzales FHD, Conceição TR, Siqueira AJS, La rosa VL. Variações sanguíneas de uréia, creatinina, albumina e fósforo em bovinos de corte no rio grande do sul. *A Hora Vet.* 2000; 20:59–65. https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/gonzalez_perfil_butia.pdf