



Desempeño productivo de ovinos alimentados con ensilaje de pasto buffel en sustitución de ensilaje de maíz



Tiara Millena Barros e Silva ^a

Gherman Garcia Leal de Araújo ^b

Tadeu Vinhas Voltolini ^b

Mário Adriano Ávila Queiroz ^a

Sandra Mari Yamamoto ^a

Fábio Nunes Lista ^a

Gláyciane Costa Gois ^{a*}

Salete Alves de Moraes ^b

Fleming Sena Campos ^b

Madriano Christilis da Rocha Santos ^a

^a Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus de Ciências Agrárias, Pernambuco, Brazil.

^b Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido), Rodovia BR-428, Km 152, s/n – Zona Rural, 56302-970, Pernambuco, Brazil.

*Autor de correspondencia: glayciane_gois@yahoo.com.br

Resumen:

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el desempeño productivo y el estado nutricional de ovinos mestizos alimentados con una dieta que contenía ensilaje de pasto buffel (EPB) en sustitución de ensilaje de maíz (EM). Treinta y dos (32) ovinos Santa Inês machos con un peso corporal promedio de 20.09 ± 2.0 kg se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (0, 33.3, 66.6 y 100 % de sustitución de ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel) y ocho animales por tratamiento. Se evaluó

la ingesta de materia seca, la digestibilidad aparente de nutrientes, el balance hídrico, el balance de nitrógeno y el desempeño productivo de los animales. Los diferentes niveles de sustitución de ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel promovieron una disminución lineal en el consumo de extracto etéreo ($P=0.001$) y carbohidratos no fibrosos ($P<0.001$), digestibilidad aparente de carbohidratos no fibrosos ($P=0.019$), ingesta de agua vía alimentos ($P<0.001$), ingesta total de agua ($P=0.008$), excreción de agua vía orina ($P=0.004$), excreción total de agua ($P=0.001$), entre los cuales los valores más altos se observaron en animales alimentados con 100 % de ensilaje de maíz. La excreción de agua vía heces ($P=0.017$) y el balance de nitrógeno ($P=0.047$) mostraron una función cuadrática, aumentando a medida que la sustitución con ensilaje de pasto buffel se incrementó de 0 a 33.3 %. No se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) en el desempeño productivo de los ovinos, con una ganancia diaria de peso promedio de 140.16 g/día. La sustitución del 66.6 % de EM por EPB proporciona resultados satisfactorios para la ingesta de materia seca y nutrientes, y la ingesta de agua, con una ganancia de peso de hasta 155 g/día para ovinos mestizos Santa Inês en los semiáridos brasileños.

Palabras clave: Nutrición animal, Ovinos en confinamiento, Santa Inês, Semiárido.

Recibido: 15/05/2019

Aceptado: 28/09/2021

Introducción

En las regiones semiáridas, la temporada seca es un obstáculo importante para la producción animal debido a la escasez de alimentos y la reducción del valor nutricional de los pastos disponibles⁽¹⁾. La caatinga es una importante fuente de alimento para los rebaños de rumiantes en las regiones semiáridas de Brasil⁽²⁾. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la vegetación nativa no es suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales, lo que resulta en un bajo desempeño animal⁽³⁾. Por lo tanto, la planificación de la producción de alimentos tiene un impacto significativo en la producción animal en estas regiones.

Los sistemas de confinamiento se utilizan para aumentar la productividad del rebaño y mejorar la calidad y el suministro de productos en temporada baja. Sin embargo, el éxito del confinamiento intensivo de rumiantes depende de la disponibilidad y el costo del alimento. Las estrategias dietéticas alternativas son necesarias para obtener resultados satisfactorios y hacer que esta actividad sea más rentable, ya que la alimentación animal es el componente más costoso de la producción y afecta la rentabilidad⁽³⁾.

El uso de plantas forrajeras adaptadas a las regiones semiáridas mediante el uso eficiente del agua combinado con la producción de ensilaje aumenta el suministro de alimentos, especialmente en la temporada seca, lo que hace que la cría de ovinos sea sostenible⁽⁴⁾. El maíz es el cultivo estándar para ensilaje en la región Nordeste de Brasil, siendo uno de los principales productos agrícolas de la región, debido a su tradición en cultivo, productividad y valor nutricional. El uso de cultivares de maíz, bien adaptados y de alta productividad, como es el caso de Caatingueiro, Gorutuba y São Francisco, es importante para aumentar la mejora del rendimiento de la actividad en el semiárido⁽⁵⁾. Sin embargo, se han propuesto cultivos alimentarios alternativos con menor costo y producción estable en condiciones climáticas adversas^(6,7).

En este sentido, el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) supera a otros cultivares por su fácil adaptación a condiciones climáticas adversas, buena producción de ensilaje y mantenimiento de la capacidad productiva incluso después de largos períodos de sequía⁽⁸⁾. Sin embargo, el pasto buffel rara vez se explota para la producción de ensilaje a pesar de la presencia de grandes áreas cultivadas; por lo tanto, se necesitan más estudios sobre el uso de este pasto como alimento para rumiantes⁽⁹⁾.

El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño productivo y el estado nutricional de ovinos mestizos alimentados con una dieta que contenía ensilaje de pasto buffel (EPB) en sustitución de ensilaje de maíz (EM) en una región semiárida de Brasil.

Material y métodos

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Caatinga, en la Unidad de Metabolismo Animal de Embrapa Semiárido, ubicada en Petrolina, estado de Pernambuco, Brasil. La precipitación media anual local es de 433 mm, y los promedios de las temperaturas máximas y mínimas anuales son de 33.46 y 26.96 °C, respectivamente. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación y Deontología de la Universidad Federal de Vale do São Francisco (UNIVASF), bajo el Protocolo Núm. 0007/131014.

Animales, tratamientos y dietas experimentales

Treinta y dos (32) ovinos Santa Inês machos no castrados (6 meses de edad y 20.09 ± 2.0 kg de peso corporal) se distribuyeron en corrales individuales (1.2×0.8 m) equipados con comederos y bebederos para el suministro de las dietas y el agua. El diseño experimental fue un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y ocho animales por tratamiento. El peso corporal inicial se utilizó para definir los bloques.

El experimento duró 71 días, comprendiendo 10 días de adaptación del animal a la dieta experimental y los tratamientos. Al comienzo del período de adaptación, los animales fueron identificados, pesados, tratados contra endoparásitos y ectoparásitos, y asignados aleatoriamente a los corrales previamente identificados según el tratamiento.

Los ensilajes de maíz (*Zea mays*; variedad Caatingueiro, alrededor de 90 días de madurez) y pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.; variedad Biloela, alrededor de 120 días de rebrote) se elaboraron en silos barril con capacidad de 200 kg y presentaron una densidad promedio de 113.94 kg y 65.97 kg, respectivamente. El material forrajero se procesó mediante una cosechadora de forraje PP-35 a un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 2.0 cm y luego se ensiló.

Se formularon cuatro dietas sustituyendo el ensilaje de maíz (EM) por ensilaje de pasto buffel (EPB) en niveles crecientes: 1) 100 % de EM y 0 % de EPB, 2) 66.6 % de EM y 33.3 % de EPB, 3) 33.3 % de EM y 66.6 % de EPB, y 4) 0 % de EM y 100 % de EPB. Estas dietas fueron formuladas con una relación de forraje: concentrado de 60:40 con base en materia seca y compuestas por ensilaje de maíz, ensilaje de pasto buffel, maíz molido, harina de soya, piedra caliza, sal común y suplemento mineral (Cuadros 1, 2), equilibrándose para permitir una ganancia de peso promedio de 200 g/día, según las recomendaciones del National Research Council⁽¹⁰⁾.

Cuadro 1: Composición química de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales (g/kg MS)

Ítem	Ingredientes							
	EM	EPB	Maíz molido	Harina de soya	C1	C2	C3	C4
Materia seca ^a	225.6	506.4	893.7	908.5	889.7	889.4	890.2	892.9
Materia orgánica	857.8	844.7	975.3	919.9	946.1	946.4	946.3	942.4
Materia mineral	142.2	155.3	24.7	80.1	53.9	53.6	53.7	57.6
Extracto etéreo	19.0	15.3	64.2	17.9	38.6	38.4	34.0	34.0
Proteína cruda	60.7	53.0	99.3	498.9	290.9	310.0	320.8	352.5
FDN	533.6	688.1	213.9	186.1	216.3	218.9	219.0	221.8
FDA	292.3	419.9	37.9	135.8	96.1	100.2	103.2	111.3
CNF	248.2	84.6	597.3	217.0	400.3	379.1	372.5	334.1
NDT	621.7	531.9	800.8	731.9	759.8	757.0	754.8	749.1

EM= ensilaje de maíz; EPB= ensilaje de pasto buffel; C1, C2, C3 y C4= concentrado de las dietas.

^aEn g/kg de materia fresca.

FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; CNF= carbohidratos no fibrosos; NDT= nutrientes digestibles totales.

Cuadro 2: Proporción de ingredientes y composición química de las dietas experimentales en base materia seca

Proporción de ingredientes en las dietas (%)	Sustitución de ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel (%)			
	0	33.3	66.6	100
Ensilaje de maíz	60.00	39.99	19.99	0.00
Ensilaje de pasto buffel	0.00	19.99	39.99	60.00
Maíz molido	24.00	22.40	20.90	19.40
Harina de soya	15.90	17.50	19.00	20.50
Piedra caliza	0.03	0.03	0.03	0.03
Sal común	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla mineral ¹	0.02	0.02	0.02	0.02
	Composición química (% materia seca)			
Materia seca, % materia fresca	49.12	54.72	60.37	66.10
Materia orgánica	89.31	89.04	88.78	88.38
Materia mineral	10.69	10.94	11.20	11.62
Extracto etéreo	2.46	2.53	2.43	2.50
Proteína cruda	15.28	15.89	15.16	15.28
Fibra detergente neutro	40.67	43.85	46.94	50.16
Fibra detergente ácido	21.38	24.09	26.76	29.65
Carbohidratos no fibrosos	30.90	26.78	23.24	18.44
Nutrientes digestibles totales	67.70	65.77	63.89	61.88
Energía metabolizable, MJ/kg	10.245	9.856	11.794	11.422

¹Premezcla mineral: fósforo – 45 g; calcio – 90 g; cloro-240 g; sodio-156 g; azufre – 10 g; magnesio – 8 g; zinc-2,800 mg; hierro-1,300 mg; manganeso – 2,300 mg; cobre -150 mg; yodo – 40 mg; cobalto – 35 mg; selenio – 15 mg y flúor – 450 mg.

La comida se ofreció diariamente a las 0830 y 1530 h. La cantidad de alimento ofrecido se calculó en función del consumo del día anterior, no permitiendo sobras superiores al 10 % de la cantidad ofrecida. Se recogieron muestras semanales de los alimentos ofrecidos y las sobras para análisis químicos.

Ingesta y digestibilidad de nutrientes

La ingesta diaria de materia seca (IMS) se obtuvo por la diferencia entre la MS total de la dieta consumida y la MS total presente en las sobras. La ingesta de nutrientes se determinó como la diferencia entre los nutrientes totales presentes en la dieta consumida y los nutrientes totales presentes en las sobras, en una base de MS total.

Se realizó una prueba de digestibilidad en el tercio final del período experimental, con una duración de 10 días, 5 días de adaptación seguidos de 5 días para la recolección. Los animales se distribuyeron en jaulas de metabolismo provistas de comederos y bebederos. Las heces se muestrearon utilizando bolsas de recolección fijadas a los animales, que se sujetaron a los animales antes del período de muestreo. Las bolsas se pesaron y vaciaron dos veces al día y se recogió una submuestra del 10 % de la cantidad total para su posterior análisis.

Balance de nitrógeno

La orina se recogió y pesó utilizando cubos de plástico que contenían 100 ml de ácido clorhídrico 2 N para evitar la volatilización del nitrógeno y se tomaron muestras para determinar el contenido de nitrógeno. El balance de nitrógeno (BN) fue determinado según el método descrito por Silva y Leão⁽¹¹⁾.

Balance hídrico

La ingesta de agua se evaluó diariamente. El agua se suministró en cubos y se pesó antes de ser suministrada y de nuevo 24 h después. Se colocaron tres recipientes llenos de agua cerca de las jaulas para medir la evaporación diaria. El balance hídrico se evaluó utilizando las siguientes ecuaciones: ingesta total de agua = (agua suministrada – agua evaporada) + agua dietética; excreción total de agua = agua excretada en la orina + agua excretada en las heces; balance hídrico = ingesta total de agua – excreción total de agua⁽¹²⁾.

Desempeño productivo

Los animales fueron pesados cada 15 días después de un período de privación de alimento sólido de 12 h (con acceso a agua) para obtener el peso corporal inicial, el peso corporal final, la ganancia de peso total (GPT= peso corporal final en ayunas - peso corporal inicial en ayunas) y la ganancia diaria de peso (GDP= ganancia de peso total/período experimental). Al final del período experimental, la conversión alimenticia (CA) se calculó mediante la siguiente ecuación: CA= ingesta de materia seca/ganancia diaria media.

Pruebas de laboratorio

Las muestras de alimento, sobras y heces se secaron previamente en un horno de ventilación forzada a 55 °C durante 72 h y se molieron a partículas de 1 mm (Wiley Mill, Marconi, MA-580, Piracicaba, Brasil). Los análisis de laboratorio se realizaron utilizando los métodos descritos por la Association of Official Analytical Chemists⁽¹³⁾ para materia seca (MS; Método Núm. 967.03), materia mineral (MM; Método Núm. 942.05), proteína cruda (PC, Método Núm. 981.10) y extracto etéreo (EE, Método Núm. 920.29). La fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA) se determinaron según lo descrito por Van Soest *et al*⁽¹⁴⁾. Los carbohidratos totales (CT) se midieron utilizando la ecuación propuesta por Sniffen *et al*⁽¹⁵⁾, de la siguiente manera: CT (% MS) = 100 – (PC + EE + ceniza). El contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) se midió según lo propuesto por Hall⁽¹⁶⁾: CNF = %CT – %FDN.

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de los nutrientes se calculó según lo descrito por Silva y Leão⁽¹¹⁾: CDA = {[Ingesta de nutrientes (kg) – nutrientes excretados

en las heces (kg)]/ingesta de nutrientes (kg)} * 100. Los nutrientes digestibles totales (NDT) se midieron utilizando la ecuación de Harlan *et al*⁽¹⁷⁾, de la siguiente manera: $82.75 - (0.704 \times \text{FDA})$. La ingesta de NDT se estimó utilizando la siguiente fórmula: $\% \text{NDT} = (\text{ingesta de NDT} / \text{ingesta de MS}) * 100$. Los NDT de la dieta se convirtieron en energía metabolizable (EM) utilizando la siguiente ecuación propuesta por el NRC⁽¹⁸⁾: $\text{Energía digestible (ED)} = (\text{NDT} / 100) \times 4.409$, $\text{energía metabolizable} = \text{ED} \times 0.82$.

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene para verificar la normalidad de los residuos y la homogeneidad de las varianzas, respectivamente. Una vez que se cumplieron los supuestos, los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el PROC GLM (Modelos Lineales Generalizados). Los análisis de regresión lineal y cuadrática se realizaron utilizando el PROC REG. Los valores de probabilidad inferiores a 0.05 ($P < 0.05$) se consideraron estadísticamente significativos. El análisis estadístico se realizó utilizando SAS versión 9.0 (SAS Institute, Cary, NC, EE. UU.). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij},$$

Donde:

Y_{ij}= valor observado para la variable de estudio referente al i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición;

μ= constante general;

T_i= efecto del nivel de sustitución de ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel en la dieta;

β_j= efecto del bloque ($i = 1, 2, 3, 4$);

E_{ij}= error aleatorio asociado con la observación E_{ij}.

Resultados

Las ingestas de EE ($P=0.001$) y CNF ($P < 0.001$) disminuyeron linealmente debido a los niveles de sustitución de EM por EPB. Sin embargo, no se encontró ningún efecto de las dietas en la ingesta (en gramos/día) de MS ($P=0.180$), PC ($P=0.111$), FDN ($P=0.078$), FDA ($P=0.221$), CT ($P=0.220$) y NDT ($P=0.267$) (Cuadro 2). El coeficiente de digestibilidad de CNF ($P=0.019$) fue influenciado por las dietas, con un efecto lineal decreciente según los niveles de inclusión de EPB. No se observaron diferencias significativas en los coeficientes de digestibilidad de MS ($P=0.425$), MO ($P=0.637$), PC ($P=0.715$), EE ($P=0.065$), FDN ($P=0.536$) y CT ($P=0.112$) entre los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3: Ingesta diaria de componentes nutricionales y digestibilidad aparente de nutrientes en ovinos alimentados con ensilaje de pasto buffel en sustitución de ensilaje de maíz

Variables	Sustitución de ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel (%)				EE ¹	Valor P
	0	33.3	66.6	100		
	Ingesta (g/d)					
Materia seca	768.04	878.06	835.61	701.02	50.88	0.180
Proteína cruda	168.52	195.30	184.83	161.75	10.25	0.111
Extracto etéreo ²	26.30	25.27	21.77	18.53	1.35	0.001
Fibra detergente neutro	236.99	305.93	311.44	284.06	20.85	0.078
Fibra detergente ácido	144.10	161.29	177.29	171.81	11.60	0.221
Carbohidratos totales	529.59	604.47	601.26	437.65	31.91	0.220
Carbohidratos no fibrosos ³	314.75	273.98	216.30	154.66	11.44	<0.001
Nutrientes digestibles totales	649.68	724.64	740.58	538.92	56.81	0.267
	Digestibilidad (%)					
Materia seca	71.39	73.74	73.95	68.41	1.80	0.425
Materia orgánica	72.04	74.92	75.33	69.03	1.73	0.637
Proteína cruda	65.43	72.06	72.47	71.25	1.99	0.715
Extracto etéreo	72.23	76.65	73.34	65.37	2.07	0.065
Fibra detergente neutro	57.10	61.87	61.93	59.85	2.63	0.536
Carbohidratos totales	74.19	75.35	75.92	68.38	1.70	0.112
Carbohidratos no fibrosos ⁴	93.43	91.67	88.17	87.35	1.08	0.019

¹EE= error estándar de la media; Ecuaciones: ² $\hat{Y}=29.66-2.68x$ (EED=0.60, $R^2=0.26$, $P=0.0001$);

³ $\hat{Y}^3=374.41-53.79x$ (EED=5.12, $R^2=0.99$, $P<0.001$); ⁴ $\hat{Y}=77.67-1.68x$ (EED=0.76, $R^2=0.95$; $P=0.038$).

Significativo al nivel de probabilidad del 5 %.

A medida que el EPB aumentó en la dieta, se observó un efecto lineal decreciente en la ingesta de agua vía alimentos ($P<0.001$), la ingesta total de agua ($P=0.008$), la excreción de agua vía orina ($P=0.004$), la excreción total de agua ($P=0.001$). Mientras que la excreción de agua vía heces mostró una respuesta cuadrática ($P=0.017$) a medida que los niveles de sustitución aumentaron de 0 a 33.3 %, y luego disminuyó, con los valores más bajos en las dietas con 100 % de EPB (Cuadro 3). No se encontró ningún efecto significativo de la sustitución de EM por EPB en la ingesta de agua vía bebedero ($P=0.266$) y el balance hídrico ($P=0.900$) (Cuadro 4).

Cuadro 4: Balance hídrico y balance de nitrógeno en ovinos alimentados con ensilaje de pasto buffel en sustitución de ensilaje de maíz (g/día)

Variables	Sustitución de ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel (%)				EE ¹	Valor P
	0	33.3	66.6	100		
Ingesta de agua vía bebedero	3078	2748	2716	2587	153.51	0.266
Ingesta de agua vía alimentos ²	951	726	548	359	0.07	<0.001
Ingesta total de agua ³	4029	3474	3264	2946	177.95	0.008
Excreción de agua vía orina ⁴	2054	974	921	849	258.25	0.004
Excreción de agua vía heces ⁵	487	510	420	335	47.36	0.017
Excreción total de agua ⁶	2542	1484	1341	1184	138.79	0.001
Balance hídrico	1811	2227	2072	1808	196.67	0.900
Nitrógeno ingerido	27.51	32.13	29.57	25.96	2.91	0.385
Nitrógeno excretado vía heces	6.27	5.47	5.67	6.77	0.32	0.529
Nitrógeno excretado vía orina	6.87	7.34	8.20	8.57	0.66	0.360
Balance de nitrógeno ⁷	14.36	19.31	15.68	10.62	2.98	0.047

¹EE- Error estándar de la media; Ecuaciones: ² $\hat{Y}=1.58-0.29x$ (EED=0.032, $R^2=0.99$, $P<0.001$);

³ $\hat{Y}=6.35-0.78x$ (EED=0.206, $R^2=0.84$, $P=0.001$); ⁴ $\hat{Y}=2028.62-331.35x$ (EED=115.49, $R^2=0.56$, $P=0.009$); ⁵ $\hat{Y}=440.96+80.11x-26.96x^2$ (EED=23.68, $R^2=0.96$, $P=0.018$); ⁶ $\hat{Y}=2.60-0.39x$ (EED=0.123, $R^2=0.67$, $P=0.005$); ⁷ $\hat{Y}=-2.50x^2+11.03x+6.19$ (EED=1.22, $R^2=0.93$, $P=0.008$). Significativo al nivel de probabilidad del 5 %.

El balance de nitrógeno mostró una respuesta cuadrática ($P=0.047$) a medida que los niveles de sustitución aumentaron de 0 a 33.3 % de EPB y luego disminuyó, con los valores más bajos en las dietas con 100 % de EPB (Cuadro 3). Las cantidades de nitrógeno ingerido ($P=0.568$), nitrógeno excretado vía heces ($P=0.529$) o vía orina ($P=0.360$) no fueron afectadas por los niveles de sustitución de EPB en la dieta (Cuadro 4).

No se encontraron diferencias significativas en el peso final ($P=0.206$), la ganancia diaria de peso ($P=0.513$), la ganancia de peso total ($P=0.513$) y la conversión alimenticia ($P=0.605$) de ovinos Santa Inês alimentados con diferentes niveles de EPB, y la ganancia diaria de peso promedio fue de 140.16 g/d (Cuadro 5).

Cuadro 5: Desempeño productivo de ovinos alimentados con ensilaje de pasto buffel en sustitución de ensilaje de maíz

Variables	Sustitución de ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel (%)				EE	Valor P
	0	33.3	66.6	100		
Peso inicial, kg	20.54	21.29	20.64	18.09	0.62	0.179
Peso final, kg	28.69	29.95	29.94	25.62	0.95	0.206
Ganancia diaria de peso, g/d	135.83	144.40	155.00	125.42	8.66	0.513
Ganancia de peso total, kg	8.15	8.66	9.30	7.53	0.52	0.513
Conversión alimenticia	5.93	6.27	5.47	5.73	0.24	0.605

EE= error estándar de la media; Significativo al nivel de probabilidad del 5 %.

Discusión

Uno de los principales factores que influyen en la eficiencia productiva de los animales es la ingesta de nutrientes. La IMS media observada fue de 795.68 g/animal/día, que fue inferior a lo recomendado (1 kg/animal/día) por el NRC⁽¹⁰⁾ para animales de 20 kg de peso corporal. La baja ingesta de materia seca afectó directamente la ganancia diaria. Los animales mostraron, en promedio, una ganancia de 140.16 g/día, alcanzando el 70.1 % de la ganancia diaria esperada, según las recomendaciones del NRC⁽¹⁰⁾. Un mayor control de la IMS y menores valores de ganancia de peso encontrados en el tratamiento con 100 % de EPB, en relación con las otras dietas probadas, parecen estar relacionados con la mayor cantidad de FDA presente en esta dieta. Mertens⁽¹⁹⁾ reporta que la IMS está controlada por factores fisiológicos, físicos y psicógenos. Cuando se ofrecen dietas de alta calidad, el animal consume para satisfacer su demanda nutricional, este consumo está limitado por su potencial genético para utilizar los nutrientes absorbidos. Sin embargo, cuando se ofrecen dietas de baja calidad (alto contenido de fibra y bajo contenido de carbohidratos solubles), la ingesta de alimento ocurre hasta alcanzar el nivel máximo de capacidad gastrointestinal⁽¹⁹⁾.

La disminución en las ingestas de EE y CNF y en el coeficiente de digestibilidad de CNF puede explicarse por la menor concentración de estos componentes asociada con una alta concentración de FDN y FDA en el EPB en comparación con el EM (Cuadro 1). La mayor concentración de fracciones fibrosas proporcionó una menor concentración de energía a las dietas con niveles crecientes de EPB. Según Allen⁽²⁰⁾, el uso de alimentos ricos en fibra limita la IMS, como consecuencia de la cantidad de material no digerible que ocupa espacio dentro del rumen, causando distensión física del rumen. Los microorganismos ruminales dependen de fuentes de energía fermentable y nitrógeno para su actividad metabólica, influyendo fuertemente en la digestibilidad ruminal y el flujo de nutrientes⁽²¹⁾. La sincronización entre energía y proteína es esencial para maximizar la eficiencia microbiana, promoviendo una mejora en la digestibilidad de la materia seca⁽²²⁾.

El aumento en los niveles de EPB en las dietas no tuvo un efecto significativo en la ingesta de NDT. Incluso el valor medio fue superior al recomendado por el NRC⁽¹⁰⁾, que es de 0.55 kg de NDT/d para un animal que gana 200 g/día. Este hallazgo puede explicarse por la ausencia de diferencias significativas en la IMS y la ingesta de FDN, dentro de los estándares recomendados, manteniendo la ingestión de NDT y cumpliendo con los requerimientos de los animales (Cuadro 2).

La respuesta lineal decreciente de la ingesta de agua vía alimentos y la ingesta total de agua en este estudio probablemente se deba al aumento del contenido de materia seca de acuerdo con el aumento de los niveles de EPB en las dietas (Cuadro 2) combinado con la baja IMS que presentaron los animales. Por lo tanto, la baja IMS redujo la ingesta de agua vía alimentos y la excreción de agua vía heces; por lo que los animales buscaron hidratarse a través de la ingesta de agua vía bebedero, aumentando así la excreción de agua vía orina. Esto sugiere que los animales trataron de mantener un cierto nivel de flujo de agua para las funciones metabólicas para equilibrar la menor demanda fisiológica de agua causada por una menor ingesta dietética⁽²³⁾. Souza *et al*⁽²⁴⁾, en un estudio con ensilajes de pasto buffel Biloela ofrecidos a ovinos en la región semiárida brasileña, encontraron que los animales tenían una menor IMS y esto influyó en la reducción de la ingesta de agua vía alimentos y la excreción de agua vía heces. La reducción en la IMS y la ingesta de agua vía alimentos también fue observada por Carvalho *et al*⁽⁸⁾ al ofrecer ensilaje de pasto buffel en dietas para ovinos en la región semiárida brasileña. Estos resultados corroboran nuestros hallazgos.

El aumento del BN fue mayor en la sustitución de ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel al nivel de 33.3 % (19.31 g/d) y 66 % (15.68 g/día) en las dietas de los ovinos, lo que indica que los animales retuvieron proteínas dietéticas, logrando el objetivo principal de la planificación nutricional. Según Tosto *et al*⁽²⁵⁾, este resultado puede explicarse por el eficiente reciclaje de N realizado por los rumiantes, en condiciones de baja disponibilidad de proteínas en la dieta.

Según Lindberg⁽²⁶⁾, los niveles de N excretados vía orina deben ser en promedio de hasta el 45 % del N ingerido. En el presente estudio, no se eliminaron grandes cantidades de N urinario, lo que demuestra que el uso de N por los microorganismos ruminales fue eficiente, convirtiéndose en proteína microbiana digerible⁽²⁷⁾, lo que puede observarse en los valores de digestibilidad de PC (Cuadro 3) de las dietas formuladas. Así, los resultados del BN obtenidos demuestran que existe sincronismo entre el aporte de proteína y energía en dietas que posiblemente utilizaron amoníaco, promoviendo una mayor síntesis de proteína microbiana y un mayor uso del N suministrado⁽²⁵⁾.

Conclusiones e implicaciones

En las condiciones experimentales, la sustitución del 66.6 % del ensilaje de maíz por ensilaje de pasto buffel proporciona resultados satisfactorios para la ingesta de materia seca y nutrientes, y la ingesta de agua, con una ganancia de peso de hasta 155 g/día para ovinos mestizos Santa Inês en el semiárido brasileño.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq - Convocatoria Pública. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovaciones y Comunicaciones - MCTIC/ CNPq – Núm. 14/2012 - Universal) por el apoyo financiero otorgado al proyecto “Ensilajes de variedades de pasto buffel como nuevas alternativas de graneles para dietas de ovinos en confinamiento en el semiárido brasileño”.

Literatura citada:

1. Mudzengi CP, Dahwa E, Kapembeza CS. Livestock feeds and feeding in Semi-Arid areas of Southern Africa, 6. In: Abubakar M editor. Livestock health and farming. 1st ed. London: IntechOpen; 2020:1–13.
2. Araújo AR, Rodriguez NM, Rogério MCP, Borges I, Saliba EOS, Santos SA, *et al.* Nutritional evaluation and productivity of supplemented sheep grazing in semiarid rangeland of northeastern Brazil. *Trop Anim Health Prod* 2019;51(4):957–966. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1781-6>.
3. Silva, MJS, Silva, DKA, Magalhães, ALR, Pereira, KP, Silva, ECL, Cordeiro, FSB, *et al.* Influence of the period of year on the chemical composition and digestibility of pasture and fodder selected by goats in caatinga. *Rev Bras Saúde Prod Anim* 2017;18(3):402-416. <https://doi.org/10.1590/s1519-99402017000300001>.
4. Campos FS, Carvalho GGP, Santos EM, Araújo GGL, Gois GC, Rebouças RA, *et al.* Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. *Meat Sci* 2017;124(1):61-68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.011>.
5. Santos RD, Pereira LGR, Neves ALA, Azevêdo JAG, Moraes SA, Costa CTF. Agronomic characteristics of maize varieties for silage production in the submédio São Francisco River valley. *Acta Scient Anim Sci* 2010;32(4):367-373. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i4.9299>.
6. Kumar D, Kalita P. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods* 2017;6(1):1-22. <https://doi.org/10.3390/foods6010008>.

7. Martin NP, Russelle MP, Powell JM, Sniffen CJ, Smith SI, Tricarico JM, *et al.* Invited review: Sustainable forage and grain crop production for the US dairy industry. *J Dairy Sci* 2017;100(12):9479-9494. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13080>.
8. Carvalho GGP, Rebouças RA, Campos FS, Santos EM, Araújo GGL, Gois GC, *et al.* Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. *Anim Feed Sci Tech* 2017;228:140-148. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.006>.
9. Voltolini TV, Araújo GGL, Souza RA. Silagem de capim-buffel: Alternativa para a alimentação de ruminantes na região semiárida. Petrolina: Embrapa Semiárido, (Embrapa Semiárido. Documentos, 259). 2014;34pp. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114740/1/SDC259.pdf>.
10. NRC. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Research Council. The National Academy Press, Washington, DC. 2007.
11. Silva JFC, Leão MI. Fundamentos de nutrição de ruminantes. Livroceres: Piracicaba;1979.
12. Church DC. Digestive physiology and nutrition of ruminants: Digestive physiology, 2nd ed. O & B Books Publishing, Corvallis; 1976.
13. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. Ed., Latimer Jr., G.W. 20th ed. Washington DC; 2016.
14. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74(10):3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
15. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim Sci* 1992;70(11):3562–3577. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1459919>.
16. Hall MB. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. *J Anim Sci* 2003;81(12):3226–3232. <https://doi.org/10.2527/2003.81123226x>.
17. Harlan DW, Holter JB, Hayes HH. Detergent fiber traits to predict productive energy of forages fed free choice to non-lactating dairy cattle. *J Dairy Sci* 1991;74(4):1337-1353. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78289-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78289-1).
18. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. National Research Council. 7th ed. The National Academy Press, Washington, DC; 2001.
19. Mertens DR. Regulation of forage intake, 11. In: Fahey JR editor. Forage quality, evaluation, and utilization. 1st ed. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy 1994:450-493.

20. Allen MS. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J Dairy Sci* 2000;83(7):1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2).
21. Castillo-González AR, Burrola-Barraza ME, Domínguez-Viveros J, Chávez-Martínez A. Rumen microorganisms and fermentation microorganismos y fermentación ruminal. *Arch Med Vet* 2014;46(1):349-361. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/amv/v46n3/art03.pdf>.
22. Yang JY, Seo J, Kim HJ, Seo S, Ha JK. Nutrient synchrony: Is it a suitable strategy to improve nitrogen utilization and animal performance? *Asian-Aust J Anim Sci* 2010;23(7):972–979. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.r.04>.
23. Gordon DG. *Fundamentals of applied animal nutrition*. 1st ed. CABI, Australia; 2021.
24. Souza RA, Voltolini TV, Araújo GGL, Pereira LGR, Moraes SA, Mistura C, Belem KVJ, Moreno GMB. Consumo, digestibilidade aparente de nutrientes e balanços de nitrogênio e hídrico de ovinos alimentados com silagens de cultivares de capim-búfel. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2013;65(2):526-536. <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/89rGRdJ59SJqzzzzJVZZzSv/?lang=pt&format=pdf>
25. Tosto MSL, Araújo GGL, Pereira LGR, Carvalho GGP, Ribeiro CVM, Cirne, LGA. Intake, digestibility, nitrogen balance and performance of crossbreed Boer goats fed with diets containing saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and spineless cactus (*Opuntia ficus-indica*). *Trop Anim Health Prod* 2021;53(3):1-10. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02783-3>.
26. Lindberg JE. Nitrogen metabolism and urinary excretion of purines in goat kids. *Brit J Nut* 1989;61(2):309-321. <http://dx.doi.org/10.1079/bjn19890119>.
27. Mertens DR. Analysis of fiber and its uses in feed evaluation and ration formulation. *Proc Inter Ruminant Symp. Lavras* 1992:1–32.