

**IMPRESSÃO 3D E
ENRIQUECIMENTO
AMBIENTAL PARA
CABRITOS E CORDEIROS:
IMPACTOS
COMPORTAMENTAIS E
PRODUTIVOS**

**3D PRINTING AND ENVIRONMENTAL ENRICHMENT FOR KIDS AND
LAMBS: BEHAVIORAL AND PRODUCTIVE IMPACTS**

Ciências Agrárias • 05/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791152473](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791152473)

Emerson da Silva Feitosa¹

David de Souza Araujo²

João Vitor Pereira Barbosa³

Ramon Vieira Souza⁴

Ana Júlia Rodrigues Dantas⁵

Fabiana Rodrigues Dantas⁶

Cristina Akemi Mogami⁷

Neiton Silva Machado⁸

Marcelo Iran de Souza Coelho⁹

Maria Cláudia Soares Cruz Coelho¹⁰

RESUMO

O estudo desenvolveu e avaliou brinquedos enriquecedores produzidos por modelagem e impressão 3D para cabritos e cordeiros, comparando animais mantidos em baias com e sem enriquecimento ambiental. Foram realizados dois experimentos independentes, com cinco animais por tratamento em cada espécie. Cinco modelos de dispositivos foram desenvolvidos e instalados, e o comportamento foi registrado por amostragem por varredura durante sessões de uma hora, além da avaliação da interação com os brinquedos, temperatura corporal superficial, frequência respiratória e desempenho produtivo. Nos grupos enriquecidos, a interação com os dispositivos ocorreu em 93,3% das varreduras. Em cabritos, o enriquecimento aumentou a exploração e reduziu comportamentos indesejados, enquanto nos cordeiros também foram observadas mudanças em exploração, manutenção e socialização. O ganho de peso dos cabritos foi superior no grupo enriquecido; nos cordeiros, houve diferença numérica favorável, mas sem significância estatística. Os resultados indicam elevada utilização dos dispositivos e efeitos comportamentais compatíveis com maior exploração do ambiente, embora a ausência de replicação de baias limite a inferência causal. A impressão 3D mostrou-se tecnicamente viável para a produção padronizada dos recursos.

Palavras-chave: bem-estar animal; enriquecimento ambiental; impressão 3D; caprinos; ovinos.

ABSTRACT

The study developed and evaluated 3D-printed enrichment toys for kids and lambs, comparing animals housed in pens with and without environmental enrichment. Two independent experiments were conducted, with five animals per treatment for each species.

Five device models were developed and installed, and behavior was recorded by scan sampling during one-hour sessions, together with toy interaction, superficial body temperature, respiratory rate, and productive performance. In enriched groups, interaction with the devices occurred in 93.3% of scans. In kids, enrichment increased exploration and reduced undesirable behaviors, while lambs also showed changes in exploration, maintenance, and socialization. Weight gain was higher in enriched kids; in lambs, the numerical difference favored enrichment but was not statistically significant. The results indicate high use of the devices and behavioral responses compatible with greater environmental exploration, although the lack of pen-level replication limits causal inference. 3D printing proved technically feasible for producing standardized enrichment resources.

Keywords: animal welfare; environmental enrichment; 3D printing; goats; sheep.

INTRODUÇÃO

A ovinocaprinocultura apresenta expressiva importância econômica e social no Brasil, com destaque para Bahia e Pernambuco na produção nacional (IBGE, 2024). O bem-estar é relevante nos sistemas de criação: a limitação de espaço e estímulos pode restringir comportamentos naturais. Caprinos são ativos, curiosos e exploradores, podendo manifestar estereotípias como lambedura excessiva e mordedura de estruturas quando privados de estímulos (Broom; Fraser, 2010; Ricci et al., 2017). Ovinos apresentam forte comportamento gregário e cautela diante do desconhecido (Broom; Fraser, 2010); pastoreio coletivo e descanso em grupo relacionam-se ao conforto desses animais, podendo surgir apatia em ambientes pouco estimulantes (Furtado; Dorigan, 2021).

O enriquecimento ambiental amplia a complexidade do ambiente com estímulos físicos, sensoriais, cognitivos e sociais; sua ausência pode comprometer o bem-estar e associar-se a estereotípias e apatia (Gomes et al., 2018). Silva (2023) relatou aumento da atividade exploratória em cabritos enriquecidos, e Oliveira et al. (2015) observaram redução de comportamentos agonísticos em cabras enriquecidas. No Modelo dos Cinco Domínios, Nutrição, Ambiente Físico, Saúde e Interações Comportamentais convergem para o Estado Mental (Mellor et al., 2020), de modo que um objeto não é, por si só, evidência de bem-estar; é preciso demonstrar uso e resposta favorável (Proudfoot et al., 2025; Taylor et al., 2023), distinção já apontada por Newberry (1995): "brinquedos" sem relevância funcional podem não representar enriquecimento verdadeiro. As categorias — físico, alimentar, sensorial, social e cognitivo — se sobrepõem (Veissier et al., 2024; Caldara; Buchini; Garcia, 2025), e a efetividade diminui com a habituação, como observaram Bøe, Ehrlenbruch e Andersen (2012) em cabras expostas a ramos. Estereotípias — padrões repetitivos sem função aparente (Mason et al., 2007) — devem ser avaliadas junto a indicadores produtivos, distinguindo intervenções funcionais de "pseudo-enriquecimento" (Taylor et al., 2023).

Em caprinos, sociais e exploradores (Miranda-De la Lama; Mattiello, 2010; Zobel; Nawroth, 2020), o enriquecimento estrutural tem resultados consistentes: Aschwanden et al. (2009) observaram menor interrupção de alimentação/repouso e melhora em conflitos com nichos elevados; Oesterwind et al. (2016) verificaram melhor desempenho cognitivo e maior curiosidade; Bøe, Ehrlenbruch e Andersen (2012) confirmaram interesse por materiais manipuláveis. No Brasil, Oliveira et al. (2015) registraram menos comportamentos agonísticos, Gomes et al. (2018) observaram maior diversidade

comportamental com pneu, escova e recipientes de alimento, e Nascimento et al. (2022), no semiárido, constataram diferenças termorregulatórias entre recursos; Silva (2023) relatou preferência por enriquecimentos físicos/alimentares em cabritos, sem prejuízo ao ganho de peso.

Ovinos utilizam a proximidade do grupo como componente de segurança, devendo sistemas sensoriais, sociais e comportamentos anormais ser avaliados conjuntamente (Manenti et al., 2026). Parrott, Houpt e Misson (1988) verificaram que painéis espelhados modificam apenas parcialmente a resposta ao isolamento, e Vandenheede e Bouissou (1998) mostraram que o ambiente enriquecido altera respostas de medo. Em cordeiros, Aguayo-Ulloa et al. (2014) observaram menos estereotípias e maior ganho diário com plataformas/rampas e palha; Aguayo-Ulloa et al. (2015) verificaram repertório mais variado e menos agressões com tela e palha. Cowie (2026) constatou maior ganho diário na primeira semana de criação artificial com objetos alternados.

O bem-estar não deve ser inferido apenas pelo ganho de peso, que também decorre de ingestão, saúde e hierarquia social (Mellor et al., 2020). Os resultados produtivos são heterogêneos: alguns estudos com cordeiros associam enriquecimento a maior ganho (Aguayo-Ulloa et al., 2014; Cowie, 2026), mas Caldara, Buchini e Garcia (2025) concluem que as evidências produtivas em caprinos e ovinos leiteiros ainda são dispersas; Nascimento et al. (2022) encontraram diferenças fisiológicas entre tratamentos em cabras no semiárido. Enriquecimentos efetivos exigem relevância para a espécie e distribuição que evite competição (Aschwanden et al., 2009; Proudfoot et al., 2025), além de escolha e equilíbrio entre

previsibilidade e novidade (Bøe; Ehrlenbruch; Andersen, 2012; Veissier et al., 2024).

A impressão 3D permite controlar geometria e reproduzir protótipos idênticos, mas a literatura sobre objetos impressos como enriquecimento para cabritos e cordeiros ainda é escassa; Brum, Aguirre e Silva (2026) usaram esferas perfuradas em PLA como estímulo para lhamas, viabilidade técnica não diretamente extrapolável a caprinos e ovinos. A tecnologia é meio de fabricar o recurso, cabendo à resposta animal demonstrar o enriquecimento (Newberry, 1995; Taylor et al., 2023). O Quadro 1 sintetiza as evidências que fundamentam o presente estudo.

Quadro 1. Síntese de evidências selecionadas sobre enriquecimento ambiental em pequenos ruminantes.

Estudo / espécie	Tipo de enriquecimento	Principais respostas observadas	Contribuição para o projeto
Aschwanden et al. (2009) - cabras	Partições, nichos e níveis elevados	Menos interrupções de alimentação/repouso e alterações favoráveis em conflitos	Mostra a importância da estrutura física e da hierarquia social.
Bøe et al. (2012) - cabras leiteiras	Área externa e ramos	Uso do espaço e interesse pelos ramos; exploração diminuiu com o tempo	Evidencia atratividade e possível habituação.
Oesterwind et al. (2016) - cabras-anãs	Estrutural e cognitivo	Mudanças em aprendizagem, atividade e curiosidade	Reforça a dimensão cognitiva do enriquecimento.

Oliveira et al. (2015) - cabras	Ambiente enriquecido vs. controle	Menor frequência de comportamentos agonísticos e anormais	Apoia a comparação controle × enriquecido.
Gomes et al. (2018) - cabras Saanen	Pneu, escova, recipientes/alimento e outros objetos	Maior repertório e interação com objetos	Mostra que preferência varia entre recursos.
Nascimento et al. (2022) - cabras Saanen	Música, PET com milho, pneus, troncos e combinação	Diferenças termorregulatórias e comportamentais	Relevante para condições de clima quente.
Aguayo-Ulloa et al. (2014) - cordeiros	Rampas/plataforma e palha	Menos estereotípias, melhor adaptação e maior ganho diário	Integra comportamento, fisiologia e desempenho.
Aguayo-Ulloa et al. (2015) - cordeiros	Tela com abas e palha	Mais comportamentos naturais, menos estereotípias/agressões	Mostra efeito sobre repertório e dinâmica social.
Cowie (2026) - cordeiras	Objetos físicos alternados	Maior ganho diário na primeira semana de criação artificial	Mostra que efeitos produtivos dependem do contexto.

Fonte: Autores (2026).

A literatura sustenta que o enriquecimento pode melhorar o bem-estar de caprinos e ovinos quando os recursos têm relevância funcional, embora respostas fisiológicas e produtivas variem entre estudos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver

e avaliar brinquedos enriquecedores produzidos por impressão 3D para cabritos e cordeiros, comparando animais enriquecidos e controle quanto ao comportamento (etograma), à interação com os brinquedos, a comportamentos indesejados, a indicadores fisiológicos e ao desempenho produtivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local, período e delineamento experimental

O estudo foi desenvolvido no Setor de Caprinovinocultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão-PE), Campus Petrolina Zona Rural 9°20'20.95"S 40°41'21.25"W.

O projeto foi executado no período de setembro de 2025 a agosto de 2026, com as avaliações experimentais de campo concentradas entre 6 e 24 de julho de 2026. A sequência de observação foi iniciada com os cabritos e posteriormente conduzida com os cordeiros.

Foram realizados dois experimentos independentes, um com cabritos e outro com cordeiros. Em cada espécie foram utilizados 10 animais jovens, distribuídos em duas baias com cinco animais cada. Uma baia constituiu o grupo controle, sem os brinquedos enriquecedores, e a outra o grupo experimental, com enriquecimento ambiental. O estudo foi submetido à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da instituição, conforme previsto no projeto.

No período global de 6 a 24 de julho de 2026, os registros da estação meteorológica do próprio IF Sertão-PE - Campus Petrolina Zona Rural, local onde ocorreu o experimento, indicaram temperatura

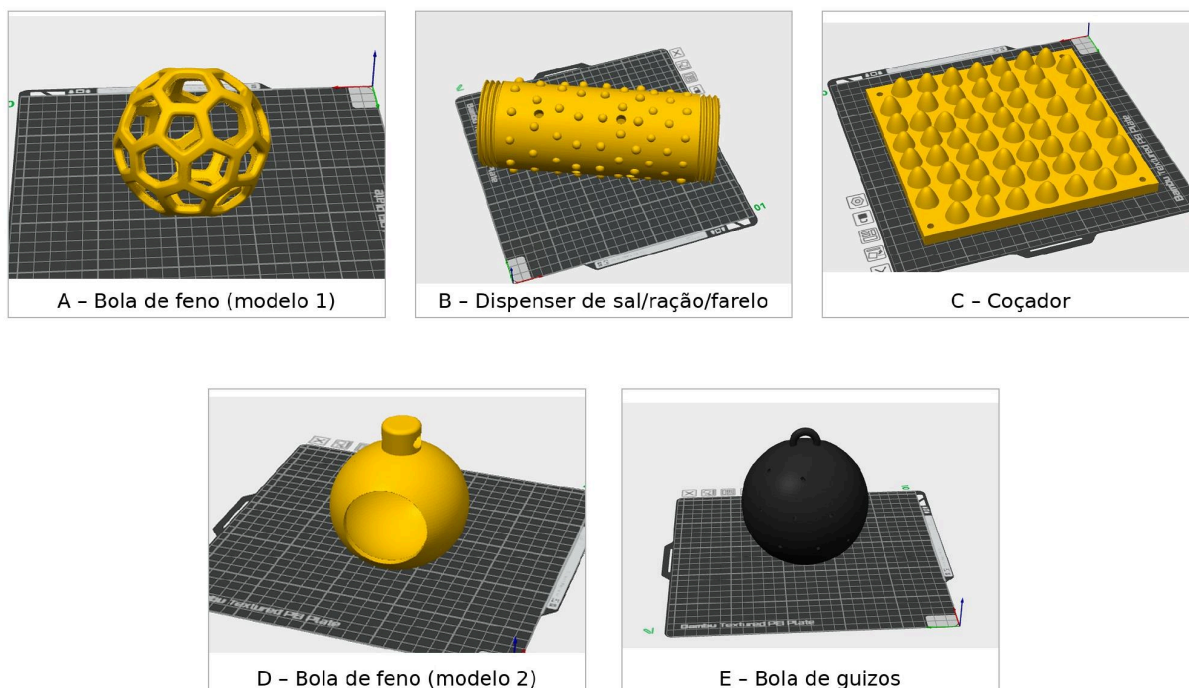
média do ar de aproximadamente 24,8 °C, com valores entre 17,1 e 35,1 °C, e umidade relativa média de aproximadamente 64,2%, variando entre 31 e 94%. Esses valores foram utilizados para caracterização geral das condições ambientais do período experimental.

Desenvolvimento e instalação dos dispositivos

Após a etapa de pesquisa bibliográfica e elaboração dos modelos tridimensionais, foram desenvolvidos cinco modelos de enriquecimento ambiental por impressão 3D: (1) bola de feno, com estrutura esférica vazada para inserção e retirada de material forrageiro; (2) dispenser cilíndrico para oferta de sal, ração ou farelo; (3) coçador em placa com saliências, destinado ao estímulo tátil e à fricção corporal; (4) um segundo modelo de bola de feno, com geometria distinta; e (5) bola de guizos, concebida como estímulo manipulável e sonoro. Os modelos foram projetados visando resistência, possibilidade de higienização, acesso compatível com o porte dos animais e diferentes formas de interação, incluindo cheirar, morder, empurrar, puxar alimento e contato corporal.

Os brinquedos foram posicionados em altura acessível aos animais e de modo a permitir movimentação durante o contato, aumentando a complexidade do estímulo. O posicionamento e a integridade dos dispositivos foram verificados ao longo do experimento.

Figura 1. Modelos tridimensionais dos dispositivos de enriquecimento desenvolvidos no projeto: (A) bola de feno - modelo 1; (B) dispenser de sal/ração/farelo; (C) coçador; (D) bola de feno - modelo 2; e (E) bola de guizos.



Fonte: Autores (2026)

Figura 2. Preparação, instalação e disposição dos elementos de enriquecimento ambiental.



Figura 2A - Instalação de superfície texturizada na baia experimental.



Figura 2B - Vista geral da baia com diferentes dispositivos de enriquecimento.

Fonte: Autores (2026)

Avaliação comportamental

As observações comportamentais foram realizadas por uma hora em cada sessão, com registros a cada 10 minutos, utilizando amostragem por varredura (scan sampling). Em cada varredura foi anotado o número de animais, entre os cinco presentes na baia, que apresentava cada comportamento. Os etogramas contemplaram categorias de locomoção, repouso/atividade, exploração,

alimentação no cocho, ruminação, manutenção, socialização, comportamentos indesejados e interação com os brinquedos.

Entre os comportamentos registrados estiveram andar, correr, permanecer em pé ou deitado, cheirar e morder objetos, consumo de alimento, ruminação, coçar, lambear, sacudir, urinar, defecar, beber água, vocalizar, cheirar outro animal, montar, morder a grade, subir/entrar no cocho, brigar, empurrar, pânico e interação com os brinquedos. A subida ou entrada no cocho/estrutura de alimentação foi classificada operacionalmente no etograma como comportamento indesejado e potencialmente estereotipado para fins de acompanhamento do experimento.

Quadro 2. Modelo de etograma utilizado nas observações comportamentais, com registros aos 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos e campos para temperatura corporal superficial e frequência respiratória.

ETOGRAMA																												Data: __/__/__				Cabrito () Cordeiro ()			
Temperatura Corporal (°C) - Início: _____														Frequência Respiratória (res/min) - Início: _____																					
Quantidade de animais																																			
Tempo	Locomoção		Parado Ativo		Exploração			Cocho		Ruminação		Manutenção					Socialização			Indesejado				Interação											
	Andando	Correndo	Em pé	Deitado A/F	Cheirando	Mord. objeto	Apoiado	Apoelhado	Cabeça cocho	Cons. alim.	Em pé	Deitado	Copando	Lambendo	Sacudindo	Urinando	Defecando	Bebendo água	Vocalizando	Cheirando	Montando	Mord. grade	Sub. cocho	Brigando	Empurrando	Pânico	Brinquedos								
10m																																			
20m																																			
30m																																			
40m																																			
50m																																			
60m																																			

Fonte: Autores (2026)

Figura 3. Procedimentos de avaliação comportamental e produtiva.



Figura 3A - Registro da avaliação comportamental por etograma durante a observação dos cabritos.

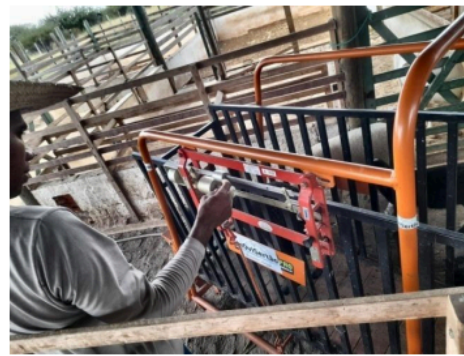


Figura 3B - Procedimento de pesagem em balança para pequenos ruminantes.

Fonte: Autores (2026)

Avaliação fisiológica e caracterização ambiental

A avaliação fisiológica incluiu a aferição da temperatura corporal superficial e da frequência respiratória. A temperatura foi medida com termômetro infravermelho, direcionado à superfície corporal do animal. Por se tratar de mensuração infravermelha sem contato, o valor foi interpretado como temperatura de superfície, e não como temperatura interna ou retal.

A frequência respiratória foi avaliada com os animais em repouso, evitando a mensuração imediatamente após manejo ou movimentação intensa. Foram observados os movimentos do flanco e do tórax e, quando necessário, o movimento das narinas. Cada ciclo completo de inspiração e expiração foi considerado uma respiração. A contagem foi realizada durante 15 segundos e o número obtido foi multiplicado por quatro, resultando na frequência expressa em respirações por minuto (resp/min).

As condições meteorológicas do período experimental foram caracterizadas a partir dos registros da estação meteorológica instalada no IFSertão-PE Campus Petrolina Zona Rural, onde o experimento foi conduzido.

Avaliação produtiva e análise estatística

O desempenho produtivo foi avaliado pela diferença entre o peso corporal final e o peso corporal inicial. Para os cabritos, foram considerados cinco animais no grupo enriquecido e cinco no grupo controle. Para os cordeiros, foram considerados cinco animais no grupo enriquecido e quatro no grupo controle, uma vez que o animal 632 apresentou intercorrência clínica com necessidade de procedimento cirúrgico e foi excluído da análise de ganho de peso para evitar interferência da condição clínica sobre a interpretação do desempenho.

Os etogramas das baias controle e enriquecidas foram consolidados separadamente para cabritos e cordeiros. Cada dia experimental continha seis varreduras (10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos); os registros dessas seis varreduras foram somados por dia, gerando frequências diárias de registros-animal para cada categoria comportamental. Para a comparação entre tratamento e controle, os 10 dias foram considerados blocos temporais e o tratamento (controle ou enriquecido) foi considerado o fator de interesse. O procedimento estatístico adotado para o SISVAR (Ferreira, 2011) foi a análise de variância (ANOVA) em blocos para as variáveis comportamentais e ANOVA de um fator para o ganho de peso, sempre separadamente para cabritos e cordeiros. Quando identificado efeito de tratamento a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Os dados brutos, os totais diários e as variáveis produtivas foram organizados em planilhas com identificação de espécie, tratamento, dia ou animal e variável-resposta, em estrutura compatível com o SISVAR. Essa organização permite a reprodução das análises de ANOVA e das comparações de médias pelo teste de Tukey e

mantém a rastreabilidade entre os registros originais, as tabelas estatísticas e a interpretação apresentada no relatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aceitação e uso dos dispositivos de enriquecimento

Os registros fotográficos e comportamentais demonstraram que os dispositivos de enriquecimento foram explorados pelos animais. Foram observadas aproximações, contato com o focinho, mordedura, tração do material forrageiro e movimentação dos brinquedos suspensos. Esse padrão é compatível com a literatura que descreve forte motivação exploratória em caprinos e utilização de recursos alimentares e manipuláveis como forma de enriquecimento (Zobel; Nawroth, 2020; Gomes et al., 2018). A interação direta confirma a aceitação do dispositivo, mas, de acordo com Newberry (1995) e Taylor et al. (2023), a aceitação isoladamente não demonstra melhora global do bem-estar; por isso, os registros devem ser interpretados conjuntamente com a comparação controle, os comportamentos indesejados e os indicadores produtivos.

Figura 4. Interação de cabritos e cordeiros com os brinquedos enriquecedores.



Figura 4A - Cabritos interagindo com brinquedos suspensos contendo material forrageiro.



Figura 4B - Cordeiro explorando dispositivo suspenso durante o período experimental.

Fonte: Autores (2026)

Frequência de interação nos grupos enriquecidos

Nos etogramas já consolidados para as baias com enriquecimento, a interação com os brinquedos esteve presente em 56 dos 60 momentos de varredura tanto nos cabritos quanto nos cordeiros, correspondendo a 93,3% das observações. Nos cabritos, o somatório da coluna de interação foi de 183 registros-animal, com média de 3,05 animais interagindo por varredura. Nos cordeiros, o somatório foi de 193 registros-animal, com média de 3,22 animais por varredura.

Tabela 1. Interação com os brinquedos nos grupos submetidos ao enriquecimento ambiental.

Espécie	Varreduras com interação	Média/varredura	Tem		
			10	20	30
Cabritos	56/60 (93,3%)	3,05	3,2	3,3	3,1
Cordeiros	56/60 (93,3%)	3,22	3,7	4,0	3,4

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/impressao->

Em que: os valores de 10 a 60 min representam a média de animais, entre cinco, em interação com os brinquedos em cada momento de varredura. Fonte: Autores (2026)

Entre os cabritos, a média de animais interagindo permaneceu relativamente estável entre 10 e 50 minutos, variando de 3,1 a 3,3 animais, com redução para 2,4 aos 60 minutos. Nos cordeiros, a maior média ocorreu aos 20 minutos (4,0 animais) e reduziu gradualmente até 2,1 aos 60 minutos. Esse padrão pode refletir mudança de motivação ao longo da sessão e possível habituação, fenômeno coerente com estudos nos quais o uso de um recurso diminuiu após a fase inicial de novidade (Bøe; Ehrlenbruch; Andersen, 2012). Entretanto, como o desenho atual não mede diretamente habituação, essa explicação deve permanecer como hipótese e não como conclusão.

Comparação estatística entre tratamento e controle

A inclusão das planilhas das baias sem brinquedos permitiu comparar diretamente o grupo controle e o grupo submetido ao enriquecimento em ambas as espécies. As frequências apresentadas correspondem ao total médio de registros-animal por dia, obtido pela soma das seis varreduras diárias. Cabritos e cordeiros foram analisados separadamente. Para facilitar a leitura, os resultados são apresentados com as médias dos grupos, média geral e valor de p; letras sobrescritas distintas na mesma linha indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 2. Comparação entre controle e tratamento para as categorias comportamentais de cabritos (registros-animal/dia).

Comportamento	Controle	Tratamento
Locomoção	8,30 ± 3,37 ^a	8,30 ± 3,37 ^a
Parado/ativo	11,40 ± 3,69 ^a	1,70 ± 1,57 ^b
Exploração	3,90 ± 2,42 ^b	11,60 ± 3,20 ^a
Cocho	22,00 ± 7,41 ^a	22,00 ± 7,41 ^a
Ruminação	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,32 ^a
Manutenção	3,20 ± 2,49 ^b	4,00 ± 3,09 ^a
Socialização	3,40 ± 2,63 ^a	3,40 ± 2,63 ^a
Indesejados	8,10 ± 4,18 ^a	2,70 ± 1,89 ^b
Interação com brinquedos*	0,00 ± 0,00 ^b	18,30 ± 3,71 ^a

Em que: Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores apresentados como média ± desvio-padrão. A variável interação com brinquedos é estruturalmente nula no controle, pois esse grupo não recebeu o recurso. Fonte: Autores (2026)

Tabela 3. Comparação entre controle e tratamento para as categorias comportamentais de cordeiros (registros-animal/dia).

Comportamento	Controle	Tratamento
Locomoção	10,90 ± 3,35 ^a	10,90 ± 3,35 ^a
Parado/ativo	10,20 ± 4,05 ^a	5,10 ± 3,48 ^b

Exploração	2,20 ± 2,39 ^b	7,40 ± 3,57 ^a
Cocho	30,60 ± 18,37 ^a	30,60 ± 18,37 ^a
Ruminação	0,60 ± 1,26 ^a	0,60 ± 1,26 ^a
Manutenção	2,30 ± 2,50 ^b	8,60 ± 3,75 ^a
Socialização	2,30 ± 2,79 ^b	7,30 ± 5,85 ^a
Indesejados	7,00 ± 4,69 ^a	3,00 ± 2,58 ^b
Interação com brinquedos*	0,00 ± 0,00 ^b	19,30 ± 5,10 ^a

Em que: Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores apresentados como média ± desvio-padrão. A variável interação com brinquedos documenta o uso do recurso e não deve ser interpretada isoladamente como indicador de bem-estar. Fonte: Autores (2026)

Temperatura superficial, frequência respiratória e condições ambientais

Nas avaliações fisiológicas, a temperatura corporal superficial registrada com termômetro infravermelho apresentou média aproximada de 34 °C. A frequência respiratória média observada nos animais do grupo submetido ao enriquecimento foi de aproximadamente 65 resp/min, enquanto, no grupo controle, os registros variaram aproximadamente entre 70 e 80 resp/min. A frequência respiratória foi obtida pela contagem dos movimentos respiratórios durante 15 segundos, seguida da multiplicação por quatro. Como os valores disponíveis para esses parâmetros foram consolidados de forma descritiva, sem a série individual completa necessária para o modelo inferencial, eles não foram submetidos à

ANOVA/Tukey e não devem ser interpretados como diferença estatisticamente significativa.

Durante o período de campo, as condições ambientais foram acompanhadas pelos dados da estação meteorológica do IF Sertão-PE - Campus Petrolina Zona Rural. A caracterização ambiental é relevante para a interpretação da frequência respiratória, especialmente em pequenos ruminantes mantidos em clima quente, pois a resposta respiratória também pode variar em função da temperatura do ar, umidade e horário de avaliação.

Comportamentos indesejados e estereotipados

Além da exploração dos brinquedos, foram comparados os comportamentos classificados no protocolo como indesejados. Considerando o conjunto formado por mordedura da grade, subir/entrar no cocho, brigas, empurrões e pânico, os cabritos do grupo controle apresentaram média de $8,10 \pm 4,18$ registros-animal/dia, enquanto o grupo enriquecido apresentou $2,70 \pm 1,89$, diferença significativa ($F=22,166$; $p=0,0011$; Tukey 5%). Nos cordeiros, as médias foram de $7,00 \pm 4,69$ no controle e $3,00 \pm 2,58$ no grupo enriquecido ($F=6,667$; $p=0,0296$).

A resposta “subir/entrar no cocho”, destacada durante as observações como comportamento indesejado/potencialmente estereotipado, apresentou nos cabritos média de 5,20 registros-animal/dia no controle e 1,30 no grupo enriquecido ($p=0,0002$), indicando menor frequência no grupo com brinquedos. Nos cordeiros, a mesma resposta apresentou 4,60 registros-animal/dia no controle e 1,60 no enriquecido; a diferença foi numericamente ampla, mas não atingiu significância a 5% ($p=0,0811$). Para os

cordeiros, empurrões (0,80 vs. 0,30; $p=0,0150$) e pânico (0,60 vs. 0,10; $p=0,0150$) também foram menos frequentes no grupo enriquecido. Esses resultados são compatíveis com a hipótese de redirecionamento de parte da atividade para recursos exploratórios, porém devem ser interpretados com cautela devido à ausência de replicação de baias dentro de cada tratamento.

Figura 5. Animal utilizando a estrutura do cocho, resposta classificada operacionalmente no etograma como comportamento indesejado/potencialmente estereotipado.



Fonte: Autores (2026)

Desempenho produtivo dos cabritos

Todos os cabritos avaliados apresentaram ganho de peso (Tabela 4). O grupo enriquecido apresentou ganho médio de $2,72 \pm 0,67$ kg por animal, enquanto o controle apresentou $1,60 \pm 0,49$ kg. A ANOVA

indicou efeito de tratamento sobre o ganho absoluto ($F=9,064$; $p=0,0168$), e o teste de Tukey a 5% separou as médias, com maior ganho no grupo enriquecido. Em termos relativos, o ganho médio correspondeu a 30,6% do peso inicial no grupo enriquecido e 15,2% no controle; essa comparação percentual também apresentou diferença na ANOVA ($p=0,0336$).

Tabela 4. Peso inicial, peso final e variação de peso dos cabritos.

Animal	Grupo	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Variação (kg)
622	Enriquecido	7,0	9,6	+2,6
630	Enriquecido	7,0	10,2	+3,2
621	Enriquecido	13,4	15,0	+1,6
628	Enriquecido	10,0	13,2	+3,2
647	Enriquecido	11,4	14,4	+3,0
Média	Enriquecido	9,76	12,48	+2,72
644	Controle	9,2	11,0	+1,8
627	Controle	10,8	12,6	+1,8
629	Controle	11,6	12,6	+1,0
626	Controle	10,0	11,2	+1,2
625	Controle	11,6	13,8	+2,2
Média	Controle	10,64	12,24	+1,60

Fonte: Autores (2026)

O peso inicial médio não diferiu entre os grupos de cabritos ($p=0,5280$), reduzindo a evidência de desequilíbrio inicial importante nessa espécie. Ainda assim, como os animais de cada tratamento permaneceram em uma única baia, o resultado de ganho de peso deve ser interpretado em conjunto com o delineamento e com possíveis efeitos de ambiente, consumo e competição intrabaia

Desempenho produtivo dos cordeiros

Nos cordeiros, o grupo enriquecido apresentou ganho médio de $3,60 \pm 1,52$ kg por animal (Tabela 5). Entre os quatro animais válidos do grupo controle, o ganho médio foi de $1,48 \pm 2,03$ kg. Apesar da diferença numérica de 2,13 kg entre as médias, a ANOVA não detectou diferença significativa a 5% ($F=3,254$; $p=0,1142$), e o teste de Tukey manteve os dois tratamentos no mesmo grupo estatístico. O peso inicial também não diferiu estatisticamente entre os tratamentos ($p=0,3924$), embora a média do controle tenha sido numericamente maior.

Tabela 5. Peso inicial, peso final e variação de peso dos cordeiros.

Animal	Grupo	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Variação (kg)
639	Enriquecido	16,4	20,4	+4,0
631	Enriquecido	14,8	20,0	+5,2
638	Enriquecido	17,0	18,4	+1,4

636	Enriquecido	5,2	8,0	+2,8
633	Enriquecido	14,2	18,8	+4,6
Média	Enriquecido	13,52	17,12	+3,60
634	Controle	27,0	28,2	+1,2
635	Controle	9,2	13,0	+3,8
637	Controle	10,6	12,6	+2,0
640	Controle	24,5	23,4	-1,1
632	Controle	-	-	Excluído*
Média**	Controle	17,83	19,30	+1,48

Em que: Animal 632 excluído da análise produtiva devido a intercorrência clínica com necessidade de cirurgia. ** Média calculada com os quatro animais do grupo controle com dados válidos.

Fonte: Autores (2026)

O cordeiro 632 foi excluído da análise de desempenho por intercorrência clínica que exigiu cirurgia. A redução do número de animais no controle e a elevada variabilidade individual, incluindo perda de 1,1 kg no animal 640, aumentaram a dispersão do grupo e reduziram o poder para detectar diferenças. Assim, para cordeiros, os resultados sustentam apenas uma tendência numérica de maior ganho no grupo enriquecido, e não uma diferença estatisticamente comprovada (Tabela 6).

Tabela 6. Comparação entre controle e tratamento para o ganho de peso de cabritos e cordeiros (kg).

Espécie	Controle	Tratamento
Cabritos	1,60 ± 0,49 ^b	2,72 ± 0,67 ^a
Cordeiros	1,48 ± 2,03 ^a	3,60 ± 1,52 ^a

Em que: Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores apresentados como média ± desvio-padrão. Para cordeiros, $n=4$ no controle e $n=5$ no tratamento; para cabritos, $n=5$ por tratamento.

Fonte: Autores (2026)

Síntese dos resultados e limitações

A comparação completa dos etogramas indicou que, nas duas espécies, os grupos enriquecidos apresentaram maior frequência diária de exploração e menor frequência do conjunto de comportamentos indesejados. Nos cabritos, a exploração aumentou de 3,90 para 11,60 registros-animal/dia ($p=0,0002$) e os comportamentos indesejados reduziram de 8,10 para 2,70 ($p=0,0011$). Nos cordeiros, a exploração aumentou de 2,20 para 7,40 ($p=0,0012$) e os indesejados reduziram de 7,00 para 3,00 ($p=0,0296$). A interação com os brinquedos foi elevada nos grupos enriquecidos, totalizando 183 registros-animal nos cabritos e 193 nos cordeiros. De forma descritiva, a frequência respiratória foi menor no grupo enriquecido (aproximadamente 65 resp/min) do que no controle (70 a 80 resp/min), enquanto a temperatura corporal superficial média foi de aproximadamente 34 °C; esses parâmetros não foram submetidos a teste inferencial por ausência dos registros individuais completos.

A principal limitação inferencial está no nível de replicação experimental: cada tratamento foi aplicado em uma única baia por espécie. Assim, embora a análise por dia permita comparar de forma organizada o padrão temporal observado e evite pseudorreplicação das varreduras de 10 minutos, o efeito de tratamento permanece parcialmente confundido com possíveis características específicas de cada baia. Portanto, os valores de p comportamentais devem ser considerados evidência exploratória do conjunto avaliado, enquanto os resultados produtivos individuais oferecem uma comparação adicional, mas também com tamanho amostral reduzido.

CONCLUSÕES

A utilização dos dispositivos de enriquecimento ambiental produzidos e instalados no experimento mostrou-se tecnicamente viável e apresentou elevada aceitação por cabritos e cordeiros. Nos grupos enriquecidos, a interação com os brinquedos foi registrada em 56 dos 60 momentos de varredura de cada espécie (93,3%), demonstrando uso recorrente dos dispositivos ao longo das sessões de observação.

Na avaliação comportamental, a análise exploratória por dia indicou maior frequência de exploração e menor frequência do conjunto de comportamentos indesejados nos grupos enriquecidos de ambas as espécies. O comportamento de subir/entrar no cocho foi significativamente menor nos cabritos enriquecidos ($p=0,0002$) e numericamente menor nos cordeiros ($p=0,0811$). Esses resultados são coerentes com a hipótese de que os recursos fornecidos direcionaram parte da atividade dos animais para oportunidades de exploração mais adequadas.

Os registros fisiológicos complementares mostraram temperatura corporal superficial média de aproximadamente 34 °C e frequência respiratória de cerca de 65 resp/min no grupo enriquecido, enquanto o controle apresentou valores respiratórios entre 70 e 80 resp/min. Esses resultados são descritivos e não permitem afirmar diferença estatística sem a série individual completa das aferições.

No desempenho produtivo, os cabritos enriquecidos apresentaram ganho de peso significativamente superior ao controle ($2,72 \pm 0,67$ vs. $1,60 \pm 0,49$ kg; $p=0,0168$). Nos cordeiros, apesar do maior ganho médio no grupo enriquecido ($3,60 \pm 1,52$ vs. $1,48 \pm 2,03$ kg), a diferença não foi significativa ($p=0,1142$). Considerando a existência de apenas uma baia por tratamento em cada espécie, as conclusões sobre causalidade devem permanecer cautelosas. Ainda assim, o conjunto de resultados comportamentais, produtivos e de aceitação dos dispositivos sustenta a viabilidade da impressão 3D como ferramenta de desenvolvimento de enriquecimentos para pequenos ruminantes e justifica estudos futuros com maior replicação de baias.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao IFSertãoPE, campus Zona Rural pela disponibilização da infraestrutura, ao CNPq pela concessão das bolsas e a todos os colaboradores do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUAYO-ULLOA, L. A. et al. Effect of a screen with flaps and straw on behaviour, stress response, productive performance and meat quality in indoor feedlot lambs. **Meat Science**, v. 105, p. 16-24, 2015. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.02.008.

AGUAYO-ULLOA, L. A.; VILLARROEL, M.; PASCUAL-ALONSO, M.; MIRANDA-DE LA LAMA, G. C.; MARÍA, G. A. Finishing feedlot lambs in enriched pens using feeder ramps and straw and its influence on behavior and physiological welfare indicators. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 9, n. 6, p. 347-356, 2014. DOI: 10.1016/j.jveb.2014.07.005.

ASCHWANDEN, J.; GYGAX, L.; WECHSLER, B.; KEIL, N. M. Loose housing of small goat groups: influence of visual cover and elevated levels on feeding, resting and agonistic behaviour. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 119, n. 3-4, p. 171-179, 2009. DOI: 10.1016/j.applanim.2009.04.005.

BØE, K. E.; EHRLÉNBRUCH, R.; ANDERSEN, I. L. Outside enclosure and additional enrichment for dairy goats - a preliminary study. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 54, art. 68, 2012. DOI: 10.1186/1751-0147-54-68.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. **Comportamento e bem-estar de animais domésticos**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2010.

BRUM, R.; AGUIRRE, A. A. R.; SILVA, K. S. M. Comparative analysis of the behavior of llamas housed in a research facility in response to different environmental enrichment stimuli. **Animal Science Journal**, v. 97, e70201, 2026. DOI: 10.1111/asj.70201.

CALDARA, F. R.; BUCHINI, J. L. C.; GARCIA, R. G. Environmental enrichment in dairy small ruminants: a PRISMA-based review on welfare implications and future research directions. **Dairy**, v. 6, n. 4, art. 42, 2025. DOI: 10.3390/dairy6040042.

COWIE, S. Physical enrichment enhances growth in artificially reared lambs. **Journal of Applied Animal Welfare Science**, v. 29, n. 3, p. 468-477, 2026. DOI: 10.1080/10888705.2025.2500980.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FURTADO, A. C.; DORIGAN, C. J. Bem-estar animal e enriquecimento ambiental na criação de cabras leiteiras. **Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação**, v. 2, n. 2, 2021. DOI: 10.56344/2675-4827.v2n2a20217.

GOMES, K. A. R. et al. Behavior of Saanen dairy goats in an enriched environment. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 40, e42454, 2018. DOI: 10.4025/actascianimsci.v40i1.42454.

GOOGLE. Google Earth. Visão do IFSertãoPE Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina - PE. [S. l.]: Google, 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: [Pesquisa da Pecuária Municipal – IBGE](#). Acesso em: 23 set. 2026.

MANENTI, I.; TOSCHI, P.; MIRETTI, S.; MIRANDA-DE LA LAMA, G. C. Principles of sheep behaviour: an overview from a welfare

perspective. **Small Ruminant Research**, v. 255, 107687, 2026. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2025.107687.

MASON, G.; CLUBB, R.; LATHAM, N.; VICKERY, S. Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? **Applied Animal Behaviour Science**, v. 102, n. 3-4, p. 163-188, 2007. DOI: 10.1016/j.applanim.2006.05.041.

MELLOR, D. J. et al. The 2020 Five Domains Model: including human-animal interactions in assessments of animal welfare. **Animals**, v. 10, n. 10, 1870, 2020. DOI: 10.3390/ani10101870.

MIRANDA-DE LA LAMA, G. C.; MATTIELLO, S. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. **Small Ruminant Research**, v. 90, n. 1-3, p. 1-10, 2010. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2010.01.006.

NASCIMENTO, A. P. A. et al. Environmental enrichment in dairy goats in a semi-arid region: thermoregulatory and behavioral responses. **Journal of Thermal Biology**, v. 106, 103248, 2022. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2022.103248.

NEWBERRY, R. C. Environmental enrichment: increasing the biological relevance of captive environments. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 44, n. 2-4, p. 229-243, 1995. DOI: 10.1016/0168-1591(95)00616-Z.

OESTERWIND, S.; NÜRNBERG, G.; PUPPE, B.; LANGBEIN, J. Impact of structural and cognitive enrichment on the learning performance, behavior and physiology of dwarf goats (*Capra aegagrus hircus*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 177, p. 34-41, 2016. DOI: 10.1016/j.applanim.2016.01.006.

OLIVEIRA, A. P. G. et al. Influência do enriquecimento ambiental nos padrões de comportamentos sociais e anormais de cabras em confinamento. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 2, 2015. DOI: 10.5380/avs.v20i2.36390.

PARROTT, R. F.; HOUP, K. A.; MISSON, B. H. Modification of the responses of sheep to isolation stress by the use of mirror panels. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 19, n. 3-4, p. 331-338, 1988. DOI: 10.1016/0168-1591(88)90015-9.

PROUDFOOT, K. L.; MILLER-CUSHON, E. K.; RØRVANG, M. V.; MEAGHER, R. K. Environment enrichment for farmed ruminants within a positive animal welfare framework. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 41, n. 3, p. 421-437, 2025. DOI: 10.1016/j.cvfa.2025.07.006.

RICCI, G. D.; TITTO, C. G.; SOUSA, R. T. Enriquecimento ambiental e bem-estar na produção animal. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 3, p. 324-331, 2017. DOI: 10.5965/223811711632017324.

SILVA, I. L. Comportamento de cabritos confinados submetidos ao enriquecimento ambiental. 2023. 30 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

TAYLOR, P. S.; SCHROBBACK, P.; VERDON, M.; LEE, C. An effective environmental enrichment framework for the continual improvement of production animal welfare. **Animal Welfare**, v. 32, e14, 2023. DOI: 10.1017/awf.2023.5.

VANDENHEEDE, M.; BOUISSOU, M. F. Effects of an enriched environment on subsequent fear reactions of lambs and ewes. **Developmental Psychobiology**, v. 33, n. 1, p. 33-45, 1998. DOI: 10.1002/(SICI)1098-2302(199807)33:1<33::AID-DEV4>3.0.CO;2-T.

VEISSIER, I.; LESIMPLE, C.; BRUNET, V.; AUBÉ, L.; BOTREAU, R. Review: rethinking environmental enrichment as providing opportunities to acquire information. **Animal**, v. 18, n. 9, 101251, 2024. DOI: 10.1016/j.animal.2024.101251.

ZOBEL, G.; NAWROTH, C. Current state of knowledge on the cognitive capacities of goats and its potential to inform species-specific enrichment. **Small Ruminant Research**, v. 192, 106208, 2020. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2020.106208.

¹ Discentes do curso de bacharelado em Agronomia do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural, BR235, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

² Discentes do curso de bacharelado em Agronomia do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural, BR235, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

³ Discentes do curso de bacharelado em Agronomia do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural, BR235, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

⁴ Discentes do curso de bacharelado em Agronomia do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural, BR235, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

⁵ Discentes do curso de bacharelado em Agronomia do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural, BR235, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

⁶ Zootecnista, Doutora em Engenharia de Alimentos, Docente efetiva do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0758-7022>

⁷ Zootecnista, Doutora em Engenharia Agrícola, Docente efetiva do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8584-9880>

⁸ Engenheiro Agrícola e Ambiental, Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Agrícola, Docente efetivo da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), Campus de Ciências Agrárias (CCA), Colegiado de Engenharia Agrônômica (Ceagro). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6049-2279>

⁹ Médico Veterinário, Doutor em Engenharia de Alimentos, Docente efetivo do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0136-4987>

¹⁰ Médica Veterinária, Doutora em Zootecnia, Docente efetiva do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFSertãoPe, Campus Petrolina Zona Rural. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5592-5436>

