Ginecologia e Obstetrícia

Capítulo 26

GESTAÇÃO DE CABRAS: FISIOLOGIA, MANEJO NUTRICIONAL E TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO

CRISTIANE SILVA AGUIAR[1]
MÁRCIO DE OLIVEIRA RIBEIRO[2]
RAYSSA CAJAIBA DE OLIVEIRA SILVA[3]

1. *Docente – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.*
2. *Discente – Doutorado em Ciência Animal nos Trópicos da Universidade Federal da Bahia.*
3. *Discente – Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.*

Palavras-Chaves: *Caprino; Ultrassonografia; Obstetrícia.*

Edição XVIII

EDITORA PASTEUR

INTRODUÇÃO

A caprinocultura tem se consolidado como uma atividade pecuária de significativa relevância no cenário agropecuário brasileiro, com destaque para a produção de carne e, em menor escala, de leite (CARNEIRO *et al.,* 2023). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o rebanho caprino nacional ultrapassa 12 milhões de cabeças, evidenciando o potencial produtivo e econômico desse setor no país.

A região Nordeste do Brasil configura-se como principal polo da caprinocultura, tanto em número de animais quanto em volume de produção, impulsionada por políticas públicas voltadas à inclusão produtiva, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Em contrapartida, a região Sudeste emerge como segundo maior centro produtor, com ênfase em mercados especializados e consumidores de produtos de maior valor agregado, como os alimentos gourmet.

Nesse contexto, a eficiência reprodutiva assume papel central para a sustentabilidade e rentabilidade da atividade, sendo determinante para o incremento dos índices zootécnicos e econômicos dos rebanhos. Estratégias como o monitoramento do ciclo estral e da gestação, a adoção de biotecnologias reprodutivas, e a implementação de manejos nutricionais específicos, com destaque para o "flushing", contribuem para a redução do intervalo entre partos e a melhoria na uniformidade dos nascimentos. O manejo nutricional no pós-parto é igualmente crucial, uma vez que a recuperação das fêmeas frente ao balanço energético negativo (BEN) impacta diretamente o retorno à atividade reprodutiva.

Essas práticas favorecem a redução do intervalo entre partos, promovendo uma maior uniformidade nos nascimentos e permitindo um planejamento zootécnico mais preciso. Destaca-se, especialmente, o manejo nutricional no período pós-parto, que desempenha papel relevante na recuperação das fêmeas do BEN, condição frequentemente observada nesse período. A adequada recuperação metabólica é essencial para que as fêmeas retornem ao ciclo reprodutivo de forma rápida e eficiente, contribuindo para a sustentabilidade produtiva do sistema.

Com vistas à melhoria da eficiência reprodutiva na caprinocultura, a incorporação de tecnologias de monitoramento tem se mostrado uma estratégia indispensável para alcançar resultados positivos e economicamente sustentáveis. A adoção de tecnologias na área da reprodução animal, como a ultrassonografia e o recurso Doppler, possibilita um monitoramento mais preciso da gestação, permitindo diagnósticos precoces e intervenções assertivas. Assim, tais tecnologias auxiliam no aumento da taxa de prenhez, reduzem perdas gestacionais e melhoram a eficiência no manejo e na produção, contribuindo para a otimização dos índices de produção de carne e leite, além de possibilitar o acompanhamento contínuo da saúde e bem-estar dos animais.

Dessa forma, este capítulo tem como propósito abordar os principais aspectos fisiológicos da gestação em caprinos, bem como discutir práticas de manejo alimentar que assegurem a saúde materno-fetal. Ademais, serão exploradas as tecnologias modernas disponíveis para o monitoramento gestacional, com ênfase na sua aplicabilidade prática e nos benefícios zootécnicos e econômicos proporcionados à atividade.

Fisiologia da gestação

As modificações promovidas pela progesterona (P4) favorecem a criação de um ambiente uterino ideal para o desenvolvimento embrionário, além de inibir a elevação dos níveis séricos de estrogênio (E2). Este último é um hormônio

responsável pela estimulação do eixo hipotálamo-hipófise-gônada, culminando na ovulação. Em concentrações elevadas, o E2 exerce um feedback positivo sobre o eixo reprodutivo, ao atuar sobre células sensíveis ao estrogênio localizadas na região anterior do hipotálamo. Esse estímulo promove a liberação pulsátil do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), o qual estimula a adenohipófise a secretar o hormônio luteinizante (LH), não mais em níveis basais, mas em forma de pico. O aumento das gonadotrofinas, especialmente do LH, constitui o principal gatilho fisiológico para a ocorrência da ovulação. Esse pico de LH estimula o aumento do fluxo sanguíneo para os folículos ovarianos em diferentes estágios de desenvolvimento. No entanto, o folículo dominante, destinado à ovulação, recebe maior volume de irrigação sanguínea em termos absolutos, sendo esse fator determinante para a ruptura folicular e liberação do oócito (HAFEZ & HAFEZ, 2004; PRESTES & ALVARENGA, 2017).

A fertilização do oócito pelo espermatozoide ocorre na ampola da tuba uterina, local onde se forma o zigoto, que posteriormente inicia uma série de divisões mitóticas denominadas clivagens. Este processo resulta na formação do blastocisto, o qual é conduzido até o lúmen uterino, onde ocorrerá sua eclosão e posterior implantação no endométrio (GOOTWINE, 2004).

A zona pelúcida, estrutura glicoproteica que recobre o oócito, desempenha funções essenciais durante o processo de fertilização e nas fases iniciais do desenvolvimento embrionário. Dentre suas principais funções, destacam-se a prevenção da poliespermia, pelo bloqueio à fertilização heteróloga (por espermatozoides de outras espécies) e a proteção física ao embrião durante o trânsito até o útero. Além disso, a zona pelúcida é determinante para impedir a ocorrência de gestação ectópica, assegurando que o embrião atinja o ambiente uterino que é adequado para sua implantação e desenvolvimento inicial (GOOTWINE, 2004).

Com a implantação do embrião no endométrio, tem início o processo de placentação, caracterizado pela formação da interface materno-fetal responsável pela manutenção da gestação. Em caprinos, as vilosidades coriônicas começam a se conectar às criptas da mucosa endometrial a partir do 20º dia de gestação, processo que se consolida por volta do 25º dia (GOOTWINE, 2004).

A placenta forma-se a partir de duas porções distintas: a fetal, derivada do córion, e a materna, originada do endométrio. Na espécie caprina, o epitélio coriônico adere firmemente ao epitélio uterino, sem, contudo, promover invasão ou destruição significativa do tecido materno, como ocorre em espécies com placentas mais invasivas, como os carnívoros e os primatas. Tal característica justifica a classificação da placenta caprina como adeciduada, o que implica que os anexos fetais permanecem aderidos à mucosa uterina e não são expulsos juntamente com o concepto durante o parto (HAFEZ & HAFEZ, 2004; PRESTES & ALVARENGA, 2017).

Adicionalmente, a placenta dos caprinos é classificada como sindesmocorial, em razão da formação de um sincício multinucleado no lado materno do placentônio. Este sincício resulta da fusão de células binucleadas da trofoectoderme fetal com células do endométrio, promovendo uma interação funcional sem a completa destruição do epitélio uterino (SILVA, 2020).

No que se refere à morfologia, a placenta caprina é do tipo cotiledonária, sendo composta por múltiplos cotilédones, estruturas fetais compostas por vilosidades coriônicas ramificadas, que se associam às carúnculas uterinas, regiões especializadas do endométrio, formando

os placentônios. Esses complexos anatômicos constituem os principais sítios de trocas materno-fetais, permitindo a passagem seletiva de oxigênio, nutrientes, hormônios e metabólitos, além da remoção de resíduos fetais. A eficiência dessas trocas é diretamente dependente da integridade morfofuncional das vilosidades coriônicas e da adequada vascularização dos tecidos envolvidos, sendo essencial para o desenvolvimento e a viabilidade fetal ao longo da gestação (GOOTWINE, 2004; HAFEZ & HAFEZ, 2004; PRESTES & ALVARENGA, 2017; SILVA, 2020).

Além das funções nutricionais e imunológicas, a placenta desempenha um papel endócrino de fundamental importância para a manutenção e o sucesso da gestação. Essa função é exercida por meio da produção de hormônios esteroides e peptídicos que atuam na regulação do crescimento e desenvolvimento da unidade feto placentária, bem como nas adaptações fisiológicas maternas ao estado gestacional (PRESTES & ALVARENGA, 2017).

Os hormônios placentários contribuem significativamente para a modulação do metabolismo materno, favorecendo o aumento da oferta de nutrientes ao concepto, especialmente durante o terço final da gestação, período em que se observa um crescimento fetal acelerado. Entre os efeitos metabólicos destacam-se a alteração na sensibilidade à insulina e o aumento da lipólise e da gliconeogênese materna, mecanismos que visam assegurar a disponibilidade de glicose e ácidos graxos para o feto em desenvolvimento. Entretanto, em determinadas situações clínicas, como em gestações múltiplas ou na ocorrência de toxemia da gestação, pode haver uma competição excessiva por recursos energéticos entre o feto e a mãe. Tal condição pode culminar no esgotamento das reservas nutricionais maternas, comprometendo a homeostase fisiológica e colocando em risco a saúde tanto da mãe quanto do(s) concepto(s) (PRESTES & ALVARENGA, 2017).

Embora a placenta caprina também produza P4 em fases mais avançadas da gestação, sua secreção ocorre em concentrações insuficientes para garantir a continuidade da prenhez na ausência de um CL funcional (PRESTES & ALVARENGA, 2017; SILVA, 2020).

Ao longo da evolução, a placenta desenvolveu mecanismos moleculares especializados que otimizam suas funções fisiológicas e endócrinas. Entre esses mecanismos, destacam-se a duplicação de genes com expressão exclusiva no tecido placentário, a ocorrência de *splicing* alternativo e os processos de impressão genômica (*imprinting*). Tais adaptações moleculares conferem à placenta uma capacidade aprimorada de regular o crescimento fetal e de ajustar-se às demandas metabólicas do concepto durante a gestação (GOOTWINE, 2004).

Além de suas funções estruturais e metabólicas, a placenta exerce uma função endócrina essencial por meio da secreção de hormônios como o hormônio do crescimento (GH) e a prolactina (PRL). Estes hormônios contribuem significativamente para o desenvolvimento fetal, promovendo o crescimento somático, bem como para a preparação da fisiologia materna para os eventos do parto e o início da lactação. A ação combinada desses hormônios assegura a adequada transição entre a gestação e o puerpério, além de favorecer a sobrevivência e o bem-estar neonatais (GOOTWINE, 2004).

O êxito da gestação em caprinos também está intrinsecamente relacionado a uma sequência coordenada de eventos fisiológicos, entre os quais se destaca o reconhecimento materno da gestação (RMG). Em pequenos ruminantes, esse processo ocorre, em média, por volta do 12º dia de gestação, sendo responsável pela manutenção do corpo lúteo (CL) e sua conversão de uma estrutura cíclica em um CL gestacional

funcional. Essa modificação é essencial para a produção contínua de P4, hormônio fundamental tanto para a implantação embrionária quanto para a manutenção da gestação. Nas cabras, a gestação é considerada dependente do corpo lúteo durante todo o período gestacional, mesmo após o completo desenvolvimento da placenta, que também passa a secretar P4 em fases mais avançadas. Essa característica reforça a importância da integridade e funcionalidade luteal para o sucesso reprodutivo da espécie (HAFEZ & HAFEZ, 2004; PRESTES & ALVARENGA, 2017).

Durante o ciclo estral das cabras, na ausência do embrião, o CL não gestacional é submetido à luteólise, processo mediado pela ação da prostaglandina F2α (PGF2α), promovendo a regressão luteal e, consequentemente, permitindo a retomada do ciclo reprodutivo. No entanto, em situações de gestação, o concepto embrionário secreta uma glicoproteína do tipo interferon, denominada interferon *tau* (IFNτ), pertencente à família das trofoblastinas. Esta substância desempenha papel crucial no RMG, inibindo a expressão dos receptores de estrogênio e ocitocina no endométrio, impedindo, assim, a liberação pulsátil de PGF2α. Como resultado, preserva-se a funcionalidade do CL, assegurando níveis adequados de P4, hormônio essencial para a manutenção da gestação (PRESTES & ALVARENGA, 2017).

A P4 desempenha papel central na manutenção da gestação em caprinos, promovendo a quiescência da contratilidade miometrial, o que impede contrações uterinas que poderiam comprometer o embrião em desenvolvimento. Além disso, esse hormônio estimula o desenvolvimento e a atividade secretora das glândulas endometriais, favorecendo a produção de substâncias nutritivas que compõem o histótrofo, essencial para o suporte inicial ao concepto. A P4 também regula a duração do ciclo estral ao inibir a liberação de gonadotrofinas, mantendo assim o ambiente uterino propício ao estabelecimento e à continuidade da gestação (BERTAN *et al.,* 2006).

Nos caprinos, os níveis de estrógeno (E2) total no sangue circulante são significativamente mais elevados em comparação aos ovinos. Durante a gestação, observa-se um aumento gradual na concentração sérica de E2 a partir do 30º ao 40º dia, atingindo valores máximos de aproximadamente 600 pg/mL imediatamente antes do parto. Este hormônio exerce papel fundamental na indução da proliferação celular do endométrio durante a fase folicular do ciclo estral. No entanto, na fase luteal, a elevada concentração de P4 inibe a atividade mitótica do tecido endometrial, limitando sua proliferação (BERTAN *et al.,* 2006).

A concentração de prolactina, por sua vez, permanece em níveis basais ao longo da gestação, apresentando um aumento acentuado apenas próximo ao momento do parto, como parte da preparação para a lactação. É importante ressaltar que, em caprinos, a produção de P4 por fontes extragonadais, como a placenta, não se mostra suficiente para a manutenção da gestação, sendo a funcionalidade do CL essencial para a sustentação da gestação ao longo de todo o seu período (PRESTES & ALVARENGA, 2017).

A relaxina é um hormônio polipeptídico de natureza proteica, cuja principal função está relacionada às modificações hemodinâmicas e estruturais que ocorrem durante a gestação, especialmente nos períodos finais. Este hormônio exerce papel crucial na preparação do trato reprodutivo para o parto, atuando na remodelação dos tecidos conjuntivos e promovendo o relaxamento dos ligamentos pélvicos, facilitando a expulsão fetal (WANG, 2021).

A principal fonte de produção da relaxina é o CL, contudo, a síntese também pode ocorrer em outras estruturas reprodutivas, como os folículos pré-ovulatórios e a placenta. Além disso, ela influencia a atividade uterina, reduzindo tanto a frequência quanto a amplitude das contrações do miométrio, o que contribui para a manutenção da gestação até o momento adequado do parto (WANG, 2021).

Diversos fatores podem influenciar significativamente o crescimento fetal em caprinos, sendo a nutrição materna um dos elementos mais determinantes, especialmente durante o terço final da gestação. Nesse período, ocorre o crescimento fetal mais acelerado, e deficiências nutricionais podem comprometer o desenvolvimento intrauterino, resultando em fetos com peso inferior ao ideal (SILVA, 2020).

Além dos fatores nutricionais, aspectos genéticos, como a raça e o genótipo parental, exercem influência direta tanto sobre a duração da gestação quanto sobre o crescimento fetal. A idade materna e o tipo de gestação, seja única ou múltipla, também são determinantes importantes. Gestações múltiplas, por exemplo, tendem a resultar em neonatos de menor peso ao nascimento, em razão da competição intrauterina por nutrientes. Aspectos ambientais e de manejo, como a estação do ano e a disponibilidade de alimentos de boa qualidade, também impactam o desenvolvimento fetal, especialmente em sistemas de criação dependentes de pastagens sazonais (SILVA, 2020).

O fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) destaca-se como um regulador fundamental do crescimento fetal, especialmente nas fases iniciais do desenvolvimento. Após o nascimento, o IGF-1 é transferido passivamente ao neonato por meio do colostro, que apresenta concentrações elevadas desse hormônio, as quais diminuem significativamente nos dias subsequentes ao parto (BURANAKARL *et al.,* 2024).

A leptina, por sua vez, é um hormônio de importância central no controle da homeostase energética. Atua regulando o apetite, o gasto energético, o crescimento corporal, a reprodução e a imunidade. Sua ação ocorre principalmente no sistema nervoso central, onde se liga a receptores hipotalâmicos, modulando a ingestão alimentar e o metabolismo lipídico. As concentrações plasmáticas de leptina aumentam proporcionalmente à deposição de gordura corporal, refletindo estados fisiológicos distintos, como crescimento, ingestão alimentar e atividade reprodutiva. Diferentemente do IGF-1, entretanto, não há evidências de acúmulo significativo de leptina no colostro pré-parto (RASMUSSEN *et al.,* 2008; HÄUSSLER, 2022; BURANAKARL *et al.,* 2024).

Manejo nutricional da gestação

O manejo adequado de cabras gestantes é fundamental para a manutenção da gestação e o bom desempenho reprodutivo, sendo dependente de fatores como nutrição balanceada, controle sanitário rigoroso e oferta de conforto térmico adequado. A subnutrição, particularmente durante os estágios iniciais da vida intrauterina, pode comprometer o desenvolvimento fetal, resultando em neonatos com peso reduzido e reservas energéticas limitadas (PRESTES & ALVARENGA, 2017).

Uma das estratégias nutricionais amplamente utilizadas para otimizar o desempenho reprodutivo é o *flushing*, que visa melhorar a condição corporal das fêmeas antes e após a estação de monta. Essa técnica consiste no fornecimento de uma dieta com maior densidade energética durante um período de 30 a 50 dias, com o intuito de aumentar a taxa de ovulação e a prolificidade, promovendo, consequente-

mente, maior fertilização e viabilidade embrionária. O primeiro mês de gestação é particularmente crítico, dado que coincide com o processo de implantação embrionária; por esse motivo, recomenda-se a manutenção do *flushing* também após a cobertura, visando a sustentação da gestação nas fases iniciais (GUERRA, 2019).

O escore de condição corporal (ECC) constitui um método prático, de baixo custo e amplamente empregado em sistemas de produção animal para a avaliação subjetiva da reserva energética dos animais. De forma geral, o ECC varia em uma escala de 1 a 5 pontos e permite avaliar o estado nutricional de fêmeas em diferentes fases fisiológicas. Em cabras leiteiras, cujas exigências metabólicas são mais elevadas no periparto e na lactação, o ECC deve ser interpretado com maior rigor. Isso se deve ao fato de que, nesses animais, o BEN tende a ser mais prolongado, em especial durante a lactogênese, sendo influenciado por hormônios como a β-endorfina (HAFEZ & HAFEZ, 2004).

Estudos recentes reforçam a importância da associação entre o ECC e indicadores metabólicos. Em uma investigação conduzida por Samardžija *et al*. (2013), observou-se que as concentrações séricas de corpos cetônicos totais, particularmente o β-hidroxibutirato, e triglicerídeos não apresentaram variação significativa entre as diferentes categorias de ECC durante o periparto. No entanto, os níveis de glicose foram mais baixos em cabras com ECC médio (≥ 2,75 a < 3,5) e alto (≥ 3,5). Com relação ao colesterol total, os valores foram mais elevados em cabras com sobrepeso, sendo que, após o parto, foi observada uma redução nesse parâmetro. Tais achados indicam que a análise conjunta do ECC e dos perfis metabólicos sanguíneos pode ser uma ferramenta valiosa para o monitoramento do estado nutricional e da saúde de cabras leiteiras durante o ciclo reprodutivo.

Apesar da relevância da nutrição na manutenção da gestação e no desenvolvimento fetal adequado, as informações disponíveis sobre as exigências nutricionais específicas de cabras gestantes ainda são limitadas. No intuito de suprir essa lacuna, foram conduzidos dois estudos de destaque no Brasil, cujos resultados foram sintetizados em três publicações principais (HÄRTER *et al*., 2016; HÄRTER *et al.*, 2017a; HÄRTER *et al*., 2017b).

Para a determinação da energia líquida e do acúmulo de nutrientes nos produtos da gestação, os pesquisadores adotaram uma abordagem baseada no ajuste de modelos exponenciais. Esses modelos foram aplicados ao conteúdo total de energia e nutrientes presentes no útero gravídico e na glândula mamária, ao longo de um período que se estendeu desde o acasalamento até 140 dias de gestação (HÄRTER *et al*., 2017a). A partir desses ajustes, foi possível modelar o crescimento das estruturas gestacionais e mamárias ao longo do tempo.

As exigências líquidas para a gestação foram estimadas por meio da diferenciação dos modelos exponenciais ajustados, conforme metodologia descrita por Härter *et al*. (2016). Essa abordagem permitiu quantificar, de forma dinâmica, o incremento diário nas necessidades energéticas e nutricionais, refletindo o acúmulo progressivo de tecidos fetais e extraembrionários. Tais estimativas representam uma contribuição significativa para a formulação de dietas mais precisas, voltadas ao atendimento das exigências nutricionais de cabras gestantes em diferentes fases da gestação.

Ademais, é amplamente reconhecido que uma combinação de alterações hormonais e a pressão física exercida pelo útero gravídico sobre o rúmen resulta na redução da capacidade de ingestão de matéria seca em fêmeas caprinas durante a segunda metade da gestação. Essa li-

mitação na ingestão alimentar torna-se evidente, em média, a partir de 76 dias de gestação (FORBES, 2007).

Paradoxalmente, esse período coincide com uma fase de acentuado crescimento dos produtos gestacionais, incluindo o feto, membranas fetais e tecidos mamários, os quais apresentam elevadas taxas de deposição de proteína e energia. Tais exigências nutricionais progressivas foram demonstradas por Härter *et al*. (2016), que quantificaram esse crescimento exponencial ao longo da gestação.

Dessa forma, a redução na ingestão de nutrientes, aliada ao aumento da demanda metabólica, constitui o principal fator responsável pelo incremento nas eficiências de utilização da energia e da proteína para gestação, à medida que esta avança. Essas eficiências elevadas refletem adaptações fisiológicas da fêmea gestante que visam maximizar a utilização dos nutrientes disponíveis em um contexto de ingestão restrita e exigência crescente (TEIXEIRA *et al*., 2024).

Härter *et al*. (2017a) evidenciaram que cabras gestantes apresentam significativos ajustes fisiológicos para suprir as crescentes demandas energéticas e proteicas decorrentes do crescimento fetal. Esses ajustes envolvem, notadamente, a mobilização de reservas corporais de gordura e proteína, uma vez que a ingestão alimentar, por si só, torna-se insuficiente para sustentar o ritmo de desenvolvimento dos produtos da gestação.

Ao longo da gestação, observa-se uma redução progressiva nos estoques corporais de gordura e proteína, acompanhada por elevações nos níveis plasmáticos de ácidos graxos não esterificados e β-hidroxibutirato, indicando a intensificação da lipomobilização. Simultaneamente, ocorre um aumento na taxa de reciclagem de ureia, sinalizando uma adaptação do metabolismo proteico materno (CASTAGNINO *et al*., 2015).

Embora essas adaptações metabólicas permitam a manutenção do ambiente intrauterino e assegurem o desenvolvimento fetal, os achados de Härter *et al*. (2017a) indicam que tais mudanças fisiológicas não alteram significativamente as exigências nutricionais de proteína e energia para a gestação, tão pouco as necessidades de manutenção da cabra gestante.

Portanto, mesmo diante da escassez de estudos que considerem o impacto de variáveis ambientais sobre as exigências nutricionais durante a gestação em caprinos, os dados disponíveis sugerem que o organismo materno dispõe de mecanismos adaptativos eficazes para enfrentar desafios nutricionais e garantir o sucesso reprodutivo (TEIXEIRA *et al*., 2024).

Com relação aos minerais, suas exigências para a gestação correspondem ao incremento dos minerais incorporados aos produtos da gestação, os quais englobam o útero gravídico, composto pelo (s) feto (s), fluidos fetais, tecido uterino, placenta e placentônios, bem como a glândula mamária em desenvolvimento ao longo da gestação (HÄRTER *et al*., 2017a).

Demonstrou-se que caprinos submetidos à restrição alimentar moderada apresentaram adaptações fisiológicas capazes de preservar a deposição mineral fetal, por meio da mobilização de reservas corporais maternas. No entanto, sob condições de restrição alimentar severa, observou-se uma redução significativa nos teores fetais de fósforo, sódio e potássio, minerais prioritariamente mobilizados pelo organismo materno. Notavelmente, a deposição de cálcio e magnésio nos fetos permaneceu inalterada, mesmo sob severa restrição nutricional. Ainda assim, foi verificado um decréscimo na retenção de todos os minerais no organismo materno, o que resultou em fetos com menor massa cor-

poral média em relação àqueles oriundos de cabras mantidas em regime alimentar adequado. Esses achados ressaltam o papel das reservas maternas na manutenção do ambiente gestacional e oferecem subsídios importantes para futuras investigações voltadas à previsão do desempenho reprodutivo de cabras gestantes submetidas a condições de estresse térmico, especialmente em regiões de clima quente (HÄRTER *et al*., 2017a), como no Nordeste do Brasil.

Os avanços tecnológicos recentes propiciaram a consolidação do conceito de pecuária de precisão, no qual a alimentação de precisão tem se destacado como uma estratégia promissora em sistemas de produção de ruminantes. Essa abordagem permite não apenas a redução dos custos com alimentação, como também a maximização da eficiência produtiva dos animais. Por meio da integração de variáveis comportamentais, eventos sanitários e condições ambientais, modelos preditivos são utilizados para estimar de forma dinâmica as exigências nutricionais e o consumo alimentar individual. Consequentemente, a alimentação de precisão possibilita a entrega mais acurada de nutrientes, promovendo melhorias na saúde, no desempenho produtivo e na sustentabilidade dos sistemas de criação (TEIXEIRA *et al*., 2024).

Sensores de monitoramento em tempo quase real, aliados a tecnologias da informação, configuram ferramentas essenciais para a mensuração de variáveis que influenciam diretamente a eficiência nutricional dos animais. Essas tecnologias permitem o aprimoramento contínuo das estratégias de manejo alimentar, promovendo avanços significativos na direção de uma alimentação de precisão. Dentre suas múltiplas aplicações, destacam-se o suporte à formulação de dietas individualizadas, o controle rigoroso na oferta de ração e a regulação personalizada do acesso dos animais aos alimentos, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos (GONZÁLEZ *et al*., 2023).

Outro exemplo de uso de soluções inovadoras para melhorar a previsão das necessidades nutricionais é através do uso de métodos indiretos para determinar a composição corporal. Métodos que permitem o monitoramento rápido *in vivo* da composição corporal permitiriam que as cabras fossem alimentadas para atender exatamente às suas verdadeiras necessidades. Isso não apenas resulta em ganhos econômicos por meio da economia de custos de ração, mas também fornece benefícios ambientais adicionais, reduzindo a excreção de nutrientes (TEIXEIRA *et al*., 2024).

Tecnologias de monitoramento

Nas últimas duas décadas e meia, a ultrassonografia consolidou-se como uma ferramenta diagnóstica fundamental no manejo reprodutivo e na pesquisa com pequenos ruminantes. Apesar de sua ampla aplicação, sua eficácia está diretamente relacionada à proficiência do operador, sendo necessário considerável tempo de treinamento para a obtenção de imagens de qualidade e interpretação acurada. Ainda assim, a ultrassonografia permanece como o método de diagnóstico preferencial, por se tratar de uma técnica simples, confiável, não invasiva e de fácil repetibilidade (GONZALES-BULNES *et al*., 2010).

Em caprinos, a ultrassonografia pode ser realizada por três vias principais: transretal, transvaginal e transabdominal. A escolha da via depende do estágio gestacional, do tipo de avaliação desejada e das condições do animal. Tais procedimentos podem ser executados com o animal em estação, em decúbito esternal ou dorsal, sem a necessidade de sedação farmacológica, o que facilita sua aplicação em campo e

reduz o estresse nos animais (VINOLES-GIL *et al*., 2010).

A ultrassonografia com ou sem o recurso do Doppler destaca-se entre as técnicas mais modernas e eficazes, permitindo avanços significativos no diagnóstico precoce, acompanhamento do desenvolvimento e avaliação da viabilidade fetal em tempo real, por meio da visualização dos batimentos cardíacos no modo B (SILVA, 2020).

Segundo Kumar *et al*. (2015), a ultrassonografia transretal permite a identificação da gestação já a partir de 20 dias, com a visualização de uma vesícula anecogênica de cerca de 0,6 cm de diâmetro, utilizando sondas de 7,5 MHz. Nessa fase inicial, o útero apresenta-se discretamente aumentado e com acúmulo de fluido, embora o embrião ainda não seja visível, sendo esta detecção limitada à via retal, pois a abordagem transabdominal tridimensional ainda não detecta alterações no 20º dia.

A partir do 21º dia, é possível identificar os anexos embrionários e os batimentos cardíacos fetais. Já entre os dias 24 e 25 de gestação, obtém-se a primeira imagem tridimensional (3D) transabdominal do concepto, sendo possível também estimar a quantidade de fetos, diferenciando gestação simples de gemelar (KARADAEV, 2018).

Por volta do 39º dia, observa-se claramente o concepto, a membrana amniótica e o cordão umbilical. Entre os dias 57 e 60, a sexagem fetal é possível, com a visualização de estruturas como os membros, distância focinho-nuca e rins. Nessa fase, as medições Doppler do cordão umbilical e da artéria uterina tornam-se relevantes para o monitoramento do desenvolvimento fetal, permitindo a avaliação do fluxo sanguíneo entre mãe e feto (KUMAR *et al*., 2015).

Os placentônios podem ser detectados por ultrassonografia transretal e transabdominal nos dias 30 e 40 da gestação, respectivamente (DAWSON, 2002). A partir do 76º dia, órgãos internos como coração, rins, fígado, vesícula urinária e estômago tornam-se visíveis nas modalidades bidimensional (2D) e tridimensional (3D). Enquanto a ultrassonografia 3D oferece maior detalhamento das estruturas fetais e da fixação ao endométrio, a modalidade 2D é mais eficaz na visualização de fluidos. Comparativamente, as imagens 3D se mostram superiores para a análise morfológica precisa (KUMAR *et al*., 2015).

Após a confirmação precoce da gestação, a detecção do número de fetos torna-se uma etapa estratégica para o manejo reprodutivo de caprinos. A diferenciação entre gestações simples e múltiplas possibilita a formulação de dietas mais precisas, ajustadas à demanda nutricional específica de cada fêmea, reduzindo os custos com alimentação no pré-parto e otimizando o uso de suplementos concentrados (DAWSON, 2002).

A identificação do número de fetos ainda na fase pré-parto e o consequente agrupamento de fêmeas conforme o estágio gestacional e o tipo de gestação (única ou múltipla) contribuem significativamente para melhorias no manejo tanto pré quanto pós-parto. Embora o número de fetos possa ser estimado até o 100º dia de gestação, o período mais adequado para essa avaliação está compreendido entre os 40 e 70 dias de gestação (DAWSON, 2002; VÍNOLES-GIL *et al*., 2010).

Após os 70 dias de gestação, a acurácia da contagem fetal pode ser comprometida, uma vez que fetos adicionais podem exceder a profundidade de penetração do transdutor linear de 5 MHz comumente utilizado (DAWSON, 2002). Para aumentar a confiabilidade dos exames ultrassonográficos e reduzir a incidência de falsos negativos ou positivos, recomenda-se o

jejum prévio dos animais e a elevação do abdômen durante o procedimento (VÍNOLES-GIL *et al*., 2010).

A determinação do sexo fetal em caprinos representa uma ferramenta estratégica para o aprimoramento do planejamento reprodutivo, permitindo a antecipação de decisões relacionadas à aquisição e comercialização de animais ainda no período gestacional. Tal prática viabiliza, inclusive, a comercialização direcionada de fetos do sexo desejado, antes mesmo do nascimento (CHALHOUB & RIBEIRO FILHO, 2002).

A sexagem fetal é realizada por meio da identificação da genitália externa como pênis, prepúcio, bolsa escrotal, mamilos e inchaço genital; ou pela localização do tubérculo genital. A posição deste é considerada o principal critério diagnóstico: em fetos machos, encontra-se próximo ao cordão umbilical; em fetos fêmeas, está localizado próximo à região caudal. A partir de 46 a 48 dias de gestação, a migração do GT está concluída, o que permite a sexagem fetal com elevada precisão, tanto para fetos do sexo masculino quanto feminino (AZEVEDO *et al*., 2009).

A partir do segundo trimestre de gestação, a ultrassonografia transretal torna-se limitada devido à mudança da posição do útero gravídico, que migra em direção crânio-ventral na cavidade abdominal. Nessa fase, a via transabdominal passa a ser a abordagem recomendada para exames ultrassonográficos. A viabilidade fetal pode ser confirmada por meio da avaliação da frequência cardíaca fetal e da observação dos seus movimentos. Além disso, torna-se possível a visualização de diversos órgãos fetais, como o trato digestivo, fígado, rins e vesícula urinária (ERDOGAN *et al*., 2012).

A calcificação progressiva do esqueleto fetal torna os ossos visíveis como estruturas hiperecogênicas na imagem ultrassonográfica. Os primeiros ossos a se tornarem perceptíveis incluem o crânio, ossos faciais, coluna vertebral e costelas. Paralelamente ao desenvolvimento somático, diversos tipos de movimentos fetais passam a ser detectáveis com clareza (ERDOGAN *et al*., 2012). Chandolia *et al*. (2005) relataram a observação de movimentos orais semelhantes à ruminação a partir do 80º dia de gestação.

Após o 100º dia de gestação, apenas a via transabdominal permite a visualização das diferentes partes corporais do feto, em virtude da profundidade intra-abdominal do útero. Nesse período, recomenda-se o uso de sondas setoriais, que exigem menor contato com a superfície da pele, otimizando o tempo de preparo e execução do exame (VINOLES-GIL *et al*., 2010).

A estimativa precisa da idade gestacional (IG) é fundamental para o manejo pré-natal adequado em caprinos. Essa estimativa é essencial não apenas para o monitoramento do bem-estar fetal e materno, mas também para a detecção de distúrbios clínicos, como restrição do crescimento fetal, além de ser indispensável em casos nos quais a data de acasalamento não foi registrada. O conhecimento da IG possibilita a adoção de estratégias reprodutivas eficazes, como o momento ideal para secagem de fêmeas lactantes, monitoramento intensivo nas fases finais da gestação e até a indução programada do parto (KAREN *et al*., 2009).

Durante o início da gestação, a estimativa da IG pode ser realizada por meio da mensuração do diâmetro máximo do saco gestacional em cortes transversais obtidos por ultrassonografia. No entanto, à medida que a gestação avança para o segundo e terceiro trimestre, tornam-se necessárias medições mais específicas de estruturas fetais para aumentar a acurácia da estimativa da idade, incluindo o comprimento do fêmur, distância biparietal e outras dimensões corporais (ERDOGAN *et al*., 2012).

Apesar dos avanços consideráveis, ainda existe uma lacuna de informações sobre parâmetros hemodinâmicos e velocidade do fluxo nas artérias uterina e umbilical em cabras mantidas em condições controladas (KARADAEV, 2018).

Na gestação, o exame ultrassonográfico com Doppler fornece um padrão de fluxo sanguíneo em órgãos de interesse, como velocidade, circulação e tipo de sangue (arterial ou venoso), que tem implicações clínicas ginecológicas importantes para as espécies humana e animal. A perfusão vascular mensurada se dá pela avaliação dos índices de resistência, pulsatilidade e velocidades sistólica e diastólica, além do volume de fluxo sanguíneo (KUMAR *et al*., 2015).

Em ovelhas, Beltrame *et al*. (2017) verificaram que os parâmetros dopplerfluxométricos e o diâmetro da artéria uterina variaram significativamente ao longo da gestação. O índice de resistividade (IR) e a relação sístole/diástole (S/D) decaíram após a fase inicial da gestação e se mantiveram do meio para o final da gestação sem grandes variações. O índice de pulsatividade (IP) se apresentou inversamente proporcional ao período gestacional.

O IR é um dos índices mais importantes de perfusão vascular do tecido devido à sua relação negativa com a perfusão vascular. Ou seja, diminuir a resistência aumenta a perfusão vascular e vice-versa assim como aumentos no IP indicam diminuições na perfusão do tecido (ELMETWALLY *et al.,* 2016). À medida que a gestação avança é esperado que IP e RI diminuam progressivamente, indicando maior aporte de fluxo sanguíneo fetal (GUPTA *et al*., 2009). Entretanto, esse padrão não foi encontrado em um estudo com cabras, no qual não foram observadas variações significativas desses índices relativos à artéria uterina (DEL'AGUILA-SILVA *et al*., 2022).

Considerações finais

O manejo nutricional e reprodutivo de cabras gestantes exige conhecimento integrado sobre suas exigências fisiológicas. Apesar da escassez de dados, estudos recentes mostram que o corpo materno se adapta para suprir as necessidades fetais, mesmo em condições nutricionais desafiadoras.

A tecnologia, especialmente a alimentação de precisão e a ultrassonografia com ou sem doppler, tem sido aliada essencial para aprimorar a eficiência produtiva e reprodutiva. A ultrassonografia permite o diagnóstico precoce, avaliação da viabilidade fetal, número e sexo de fetos, além da estimativa da idade gestacional, informações cruciais para um bom planejamento.

Ainda são necessários mais estudos sobre aspectos como hemodinâmica e respostas a ambientes adversos, mas os avanços atuais já permitem um manejo mais eficiente, sustentável e voltado ao bem-estar animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, E.M.P *et al*. Migration time of the genital tubercle in caprine and ovine fetuses: Comparison between breeds, sexes, and species. Acta Veterinaria Hungarica, 2009 Mar;57(1):147-54. Doi: 10.1556/AVet.57.2009.1.15.

BELTRAME, R.T. *et al*. Transrectal Doppler sonography of uterine blood flow in ewes during pregnancy. Theriogenology, 2017 Mar 15:91:55-61. Doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.12.026.

BERTAN, C.M. *et al*. Mecanismos endócrinos e moleculares envolvidos na formação do corpo lúteo e na luteólise - revisão de literatura. Brazilian Journal of Veterinary Research And Animal Science. 2006;43(6):824-840. Doi: 10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2006.26563.

BURANAKARL, C. *et al*. Impact of insulin-like growth factor 1, immunoglobulin G and vitamin A in colostrum on growth of newborn Black Bengal goats and its crossbred. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl), 2022 Nov;106(6):1238-1245. Doi: 10.1111/jpn.13671.

CARNEIRO, G.F. *et al*. Seleção de reprodutores caprinos e ovinos para produção de sêmen. Anais da VII Reunião Anual da Associação Brasileira de Andrologia Animal; Jun 15-17; Salvador, BA. Salvador: Associação Brasileira de Andrologia Animal. 2023; 47(3):524-529. Doi:10.21451/1809-3000.RBRA2023.053.

CHALHOUB, M. & RIBERIO FILHO, A.L. Diagnostico de Gestação em pequenos ruminantes por ultrassonografia de tempo real. Revista Brasileira de Reprodução Animal, v. 26, p. 27–30, 2002.

CHANDOLIA, R.K. *et al*. Comparative ultrasonographic foetal studies in goat and dog. Indian Journal Animal Science, v. 75, p. 1054–1056, 2005.

DAWSON, L.J. Pregnancy diagnosis in goats. Proceedings 17th Annual Goat Field Day, Langston University, Langston, p. 41–44, 2002.

DEL'AGUILA-SILVA, P. *et al*. Doppler sonography of the umbilical and uterine arteries blood flow of pregnant Saanen goats. Animal Reproduction, v. 10, n. 19, 2022. Doi: 10.1590/1984-3143-AR2022-0014.

ELMETWALLY, M. *et al*. Doppler Sonography is a useful method to assess the effects of maternal anxiety on intrauterine fetal growth in pregnant sheep and goats. Quality in Primary Care, v. 24, n. 4, p. 137-145, 2016.

ERDOGAN, G. Ultrasonic Assessment During Pregnancy in Goats – A Review. Reproduction Domestic Animal, v. 47, p. 157–163, 2012. Doi: 10.1111/j.1439-0531.2011.01873.

FORBES, J.M. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. CAB International, Wallingford, UK. 2007, p. 1-11. 2007. Doi: 10.1079/9781845932794.000.

GONZALES-BULNES, A. *et al.* Ultrasonographic imaging in small ruminant reproduction. Reproduction in Domestic Animal, v. 45, p. 9–20, 2010.

GOOTWINE, E. Placental hormones and fetal-placental development. Animal Reproduction Science. 2004,82(83): 551-566. Doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.008.

GUERRA, D.G.F. Indicadores de desempenho zootécnico e econômico de um sistema de produção de caprinos de corte submetidos a três partos em dois anos no semiárido. [tese]. Areia, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2019.

GUPTA, U. *et al*. Doppler velocimetry in normal and hypertensive pregnancy. The Internet Journal of Gynecology and Obstetrics, v. 11, n. 2, p. 1-6, 2009.

HAFEZ, B. & HAFEZ, E.S.E. Reprodução animal. 7ª ed. Barueri: Manole, 2004, 513 p.

HÄRTER, C.J. *et al*. Energy and protein requirements for maintenance of dairy goats during pregnancy and their efficiencies of use. Journal of Animal Science, 2017a Sep;95(9):4181-4193. Doi: 10.2527/jas2017.1490.

HÄRTER, C.J. *et al.* Net energy and protein requirements for pregnancy differ between goats and sheep. Journal of Animal Science. 2016 Jun;94(6):2460-70. Doi: 10.2527/jas.2015-9673.

HÄRTER, C.J. *et al.* Net mineral requirements of dairy goats during pregnancy. Animal: An International Journal of Animal Bioscience. 2017 Sep;11(9):1513-1521. Doi: 10.1017/S1751731117000258.

HÄUSSLER, S. *et al*. Symposium review: Adipose tissue endocrinology in the periparturient period of dairy cows. Journal of Dairy Science. 2022;105(4):3648–3669. Doi: 10.3168/jds.2021-21220.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária: Caprinos. Rio de Janeiro: IBGE; 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/caprinos/br. Acesso em 23 mar. 2025.

KAREN, A.M. *et al*. Estimation of gestational age in Egyptian native goats by ultrasonographic fetometry. Animal Reproduction Science. 2009 Aug;114(1-3):167-74. Doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.08.016.

KUMAR, K. *et al*. Doppler sonography for evaluation of hemodynamic characteristics of fetal umbilicus in Beetal goats. Veterinary World. 2015 Mar 28;8(3):412–416. Doi: 10.14202/vetworld.2015.412-416.

PRESTES, N.C. & ALVARENGA, F.C.L. Obstetrícia veterinária. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017.

RASMUSSEN, A.N. *et al*. Mammary gland leptin in relation to lactogenesis in the periparturient dairy goat. Small Ruminant Research. 2008;75(1,):71–79, 2008. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.08.005

SAMARDŽIJA, M. *et al*. Association of parity, fecundity and body condition score with blood serum concentration of some metabolites during pre and post parturient period in German Improved Fawn goats. Veterinarski arhiv, v. 83, n. 5, p. 469-477, 2013.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Caprinocultura: criação e manejo de caprinos de leite. Brasília: SENAR; 2020. 96 p. ISBN: 978-65-86344-03-5. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/266_Caprinocultura_leite.pdf. Acesso em: 23 mar. 2025.

SILVA, P.D.A. Ultrassonografia modo B e Doppler na avaliação gestacional de cabras [tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2020.

TEIXEIRA, I.A.M.A. *et al*. Review: Update of nutritional requirements of goats for growth and pregnancy in hot environments. Animal: An International Journal of Animal Bioscience. 2024 Sep:18 Suppl 2:101219. Doi: 10.1016/j.animal.2024.101219.

VINOLES-GIL, C. *et al*. Sheep and Goats. In: L DesCoteaux, J Colloton, G Gnemmi (eds), Ruminant and Camelid Reproductive Ultrasonography. Willey-Blackwell, Hong Kong, p. 181–210, 2010.