

# CETOSE SUBCLÍNICA E SEU IMPACTO NO DESEMPENHO REPRODUTIVO DE VACAS LEITEIRAS: revisão de literatura

## *Subclinical ketosis and its impact on the reproductive performance of dairy cows: literature review*

Beatriz Adriane Diniz de Castro<sup>1\*</sup>, Isabella Maia Pires<sup>2</sup>, Leandro Silva de Andrade<sup>3</sup>

\***Autor Correspondente:** Beatriz Adriane Diniz de Castro. Rua Antônio Teresino, 110, Miramar (Barreiro), Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP: 30642565.

E-mail: beatrizcastrovvet@gmail.com

**Como citar:** CASTRO, B. A. D.; PIRES, I. M.; ANDRADE, L. S. Cetose subclínica e seu impacto no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras: revisão de literatura. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, São Paulo, v. 21, e38359, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36440/recmvz.v21.38359>.

**Cite as:** CASTRO, B. A. D.; PIRES, I. M.; ANDRADE, L. S. Subclinical ketosis and its impact on the reproductive performance of dairy cows: literature review. **Journal of Continuing Education in Veterinary Medicine and Animal Science of CRMV-SP**, São Paulo, v. 21, e38359, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36440/recmvz.v21.38359>.

### Resumo

A cetose, conhecida também como acetonemia, é um distúrbio metabólico que afeta principalmente vacas leiteiras de alta produção. A elevação anormal de corpos cetônicos nos tecidos e fluidos corporais do animal ocorre devido a um déficit de energia. A quantidade de alimento/nutrientes ingeridos não é suficiente para suprir a demanda corporal do mesmo, assim como a eficiência reprodutiva que está diretamente ligada à saúde, condição corporal e sua capacidade de produção. Animais de alta produção possuem um desafio muito grande de aumentar a produção a cada lactação, com isso, estão susceptíveis a mudanças metabólicas, entre elas a cetose, clínica ou subclínica. Tal enfermidade ocorre devido a uma má adaptação metabólica do animal a sua nova condição de lactante. A elevada incidência de doenças uterinas no pós-parto de vacas leiteiras é responsável por inúmeros prejuízos para a atividade, principalmente pela redução da eficiência reprodutiva das vacas acometidas por infecções. Contudo, visto que a cetose subclínica prevalece nos rebanhos leiteiros de alta produção, o objetivo desta revisão de literatura é apresentar a patogenia e os efeitos que esse distúrbio metabólico têm sobre a reprodução

- 1 Discente, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Campus Praça da Liberdade, Curso de Medicina Veterinária, Belo Horizonte, MG, Brasil
- 2 Discente, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Campus Praça da Liberdade, Curso de Medicina Veterinária, Belo Horizonte, MG, Brasil
- 3 Médico-veterinário, docente, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Campus Praça da Liberdade, Curso de Medicina Veterinária, Belo Horizonte, MG, Brasil



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

das vacas de aptidão leiteira após o parto, utilizando de indicadores como taxa de prenhez, taxa de concepção, retorno a ciclicidade, intervalo entre partos e intervalo entre parto e estro.

**Palavras-chave:** Cetose Subclínica. Reprodução. Vacas.

## Abstract

Ketosis, also known as acetonemia, is a metabolic disorder that primarily affects high-yielding dairy cows. The abnormal elevation of ketone bodies in the animal's tissues and body fluids occurs due to an energy deficit. The amount of food/nutrients ingested are not enough to supply the body's demand, as well as the reproductive efficiency that is directly linked to health, body condition and its production capacity. High production animals have a very big challenge to increase production with each lactation, therefore, they are susceptible to metabolic changes, including clinical or subclinical ketosis. Such a disease occurs due to a poor metabolic adaptation of the animal to its new lactating condition. The high incidence of uterine diseases in the postpartum period of dairy cows is responsible for numerous losses to the activity, mainly for the reduction of the reproductive efficiency of cows affected by infections. However, since subclinical ketosis prevails in high production dairy herds, the objective of this literature review is to present the pathogenesis and the effects that this metabolic disorder has on the reproduction of dairy cows in the postpartum period, using indicators such as pregnancy rate, conception rate, return to cyclicity, calving interval and calving-estrus interval.

**Keywords:** Subclinical Ketosis. Reproduction. Cows.

## Introdução

Com a evolução do melhoramento genético, as vacas leiteiras estão cada vez mais produtivas e, com isso, são desafiadas ao máximo para que consigam atingir altos índices de produção de leite, mantendo os processos metabólicos e fisiológicos, preservando a saúde integral desses animais (MOREIRA, 2013). Contudo, durante o chamado período de transição, composto por três semanas pré-parto e três semanas após o parto, manter a homeostasia do organismo desses animais vem se tornando cada vez mais desafiador. Visto que nesse intervalo de tempo o organismo desses animais sofre diversas mudanças metabólicas para que consiga se preparar para o parto e se adapte ao perfil de lactante (MOTA *et al.*, 2006).

Na maioria das vezes, a cetose subclínica afeta vacas de alta produção nas primeiras semanas após o parto, mas pode também acometer qualquer animal em balanço energético negativo, que está correlacionado com um manejo nutricional deficiente, onde a disponibilidade de energia da dieta não supre a demanda energética (PROTO; BARROS; BARBOSA, 2021).

Visando a adaptação, o organismo dos animais desenvolverá diversas alterações metabólicas para a obtenção de energia necessária para manutenção das necessidades fisiológicas. Entretanto, esse mecanismo pode ter como consequência a produção e liberação excessiva de corpos cetônicos (CC) na corrente sanguínea desses animais, o que leva a uma doença conhecida como cetose (RABELO; CAMPOS, 2009).

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar uma revisão de literatura sobre a patogenia, classificação e os efeitos da cetose na reprodução das vacas durante o chamado período de transição.

## Revisão de literatura

### Período de Transição

Hoje na bovinocultura leiteira de alta produção já é conhecido que o momento mais crítico e importante da vida das vacas é o que chamamos de período de transição, que compreende 21 dias

pré-parto e 21 dias pós-parto. Nesse período, o organismo da vaca está se adaptando para dar início a lactogênese e se preparando para o parto (MOTA *et al.*, 2006).

Durante o período de transição as exigências nutricionais das vacas aumentam, em contrapartida, a ingestão de matéria seca diminui drasticamente, o que resulta no balanço energético negativo (AIRES *et al.*, 2020). Ortolani (2009) destaca que, em média, 70% dos distúrbios metabólicos e doenças tendem a se manifestar nesse período, o que tem chamado a atenção dos produtores e médicos-veterinários.

O alto desafio que as vacas de alta produção são submetidas durante o período de transição, leva a uma série de disfunções e a uma maior dificuldade para manter a homeostasia, definida como os processos de regulação para a manutenção do equilíbrio metabólico em diferentes condições ambientais ou nutricionais (ROCHE *et al.*, 2009).

As alterações inevitáveis que fazem parte da fisiologia do período periparturiente para a nova condição de lactante incluem: alterações hormonais; diminuição da ingestão de matéria seca; balanço energético negativo e mudanças no metabolismo hepático. Porém, a gravidade e duração de tais alterações é variável e elas são fatores importantes para a determinação da saúde e produtividade do animal até o fim da lactação (GRUMMER, 1995). Durante o período de transição as concentrações séricas de glicose oscilam e o organismo das vacas desenvolve mudanças metabólicas para a manutenção da homeostase e início da lactogênese. No pré-parto os níveis de glicose se apresentam baixos, durante o parto há um aumento e após o parto uma queda (KUNZ *et al.*, 1985).

As baixas concentrações plasmáticas de glicose registradas no terço final da gestação, fazem com que organismo da vaca desencadeie alterações metabólicas, como um aumento na secreção de GH (responsável por distribuir a glicose para os órgãos e suas funções) na corrente sanguínea, que irá desenvolver uma resistência insulínica (tecido adiposo, fígado e músculos), além disso, haverá também uma redução nas concentrações de IGF-1 (fator de crescimento como insulina), que desencadeará uma queda brusca na lipogênese (síntese de ácidos graxos e triglicérides), o que predispõe a lipólise do tecido adiposo (degradação de lipídios em ácidos graxos e glicerol) e a gliconeogênese hepática, com desvio da glicose para o desenvolvimento fetal e para a glândula mamária com síntese de lactose (CUPERTINO *et al.*, 2011; GRUMMER, 1995; LEIVA, 2014).

No momento do parto a elevação da concentração da glicose plasmática está relacionada com o aumento de glicocorticoides e do hormônio Glucagon, uma substância hiperglicemiante, que mobiliza energia a partir das reservas de glicogênio hepático (RABELO; CAMPOS, 2009).

No pós-parto haverá uma diferença nas curvas de produção de leite e de consumo de matéria seca (CMS), pois após o parto o CMS aumenta gradativamente atingindo o seu pico entre a décima e décima segunda semana de lactação, enquanto a produção de leite atinge o seu pico entre a quarta e sexta semana de lactação. Ou seja, os picos ocorrem em momentos diferentes, o que mantém a vaca no balanço energético negativo (BEN), onde a concentração de glicose plasmática irá cair novamente, pois o organismo da vaca direciona para a glândula mamária e para o desenvolvimento do feto (GOFF, 2006).

As doenças metabólicas comuns no período de transição são silenciosas e precisam ser monitoradas com o emprego de indicadores e exames. A base fisiológica para os problemas metabólicos são: redução do consumo de matéria seca (CMS), balanço energético negativo (BEN), modificações da flora e epitélio ruminal, metabolismo do cálcio, resistência à insulina, inflamação e estresse oxidativo. Os distúrbios metabólicos e enfermidades com maior incidência no período de transição são: deslocamento de abomaso; mastite; retenção de placenta; hipocalcemia; redução da resposta imunogênica; cetose; esteatose hepática e metrite (LEBLANC, 2010).

O período de transição (pré e pós-parto) tem uma relação íntima com a incidência de cetose nos rebanhos de vacas leiteiras de alta produção, visto que o desenvolvimento dessa alteração está correlacionado a uma má adaptação ao BEN, que como consequência pode levar a produção excessiva de CC (corpos cetônicos) como uma tentativa de suprir a falta de glicose para a manutenção do animal. Há, portanto, uma correlação da cetose com o bem-estar animal, revelado pela manifestação de anorexia,

perda de peso e ECC (escore de condição corporal) e possíveis enfermidades secundárias pela diminuição na ingestão de alimentos (SCHEIN, 2012).

As vacas devem ser monitoradas, recebendo uma dieta balanceada para elas conseguirem disponibilizar glicose para todos os tecidos, para o feto, glândula mamária e ainda para a sua própria manutenção, amenizando os efeitos do BEN e a incidência de distúrbios metabólicos durante todo o período de transição, com o bem-estar animal preservado (MOTA *et al.*, 2006).

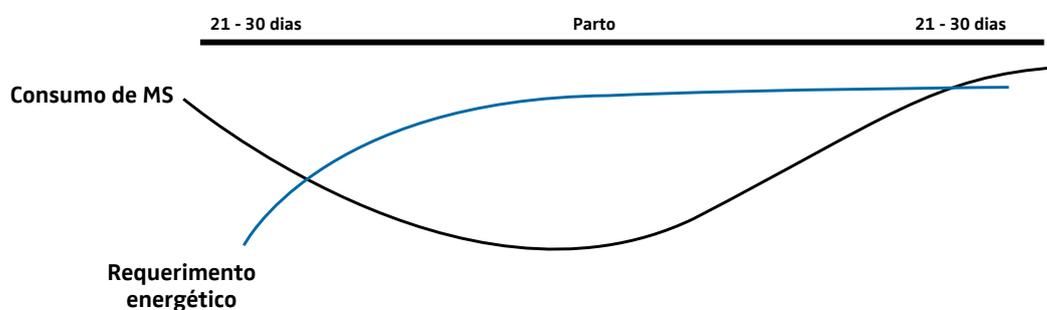
## Balço Energético Negativo (BEN)

Após o parto as vacas apresentam uma disparidade no requerimento de energia, isto é, o animal demanda mais energia do que consegue consumir, por consequência desencadeia diversas alterações metabólicas e hormonais para conseguir suprir esse déficit, que é conhecido como balanço energético negativo (BEN) (FRITZEN; FERREIRA, 2016).

O BEN não é patológico, pois diversos mamíferos também o desenvolvem no terço final da gestação, dessa forma, o ideal é que a vaca retorne para o balanço energético positivo (BEP) de 40 a 60 dias após o parto, caso o animal permaneça em BEN após esse período, ele passa a ser considerado como anormal (EUSTÁQUIO FILHO *et al.*, 2010).

Bell, Slepetic e Ehrhardt (1995) ressaltam que uma vaca no terço final da gestação reduz cerca de 10 a 30% o seu CMS, em compensação há um aumento considerável na demanda de nutrientes, pois a placenta e o feto estão nos seus picos de exigências.

**Gráfico 1** – Representativo do requerimento energético e balanço energético negativo das vacas no pré-parto, parto e pós-parto



Fonte: Castro, Pires e Andrade (2022).

Os ruminantes são dependentes da gliconeogênese hepática para conseguir obter toda a glicose necessária para a sua manutenção, pois somente o uso de ácidos graxos voláteis (AGV'S) (DRACKLEY; OVERTON; DOUGLAS, 2001), como o proprionato, gerados a partir da fermentação ruminal não são suficientes para suprir a exigência total de glicose, fazendo se necessário à mobilização de aminoácidos via músculos esqueléticos e a mobilização de gordura para a liberação de glicerol, usados para complementar a demanda de energia (NIED, 2016).

Além da resistência insulínica e os outros eventos metabólicos do período de transição, o crescimento final e o tamanho do feto também estão relacionados com o BEN, visto que o útero realiza uma força física sobre o rúmen, limitando assim a sua capacidade para armazenar alimentos, logo a vaca terá uma redução da ingestão de matéria seca, agravando assim o BEN (CUPERTINO *et al.*, 2011).

O aumento das concentrações do Glucagon e GH, e a redução da concentração de insulina estão inteiramente relacionados com o desenvolvimento do balanço energético negativo, pois essas

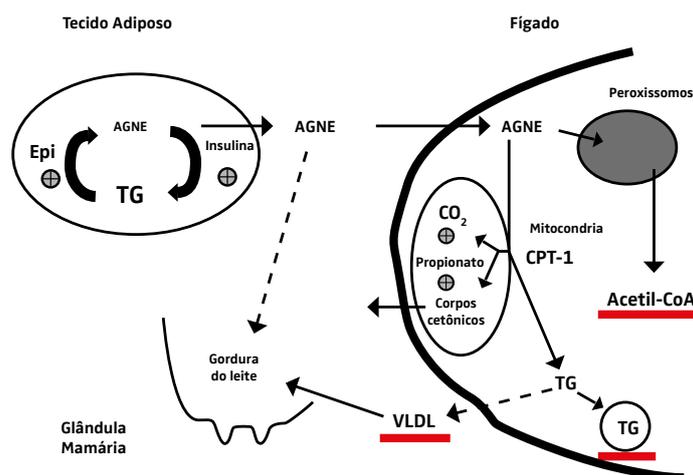
duas variáveis interferem nas concentrações sanguíneas dos ácidos graxos não esterificados (AGNE's) durante todo o período de transição (BRANDÃO, 2016). A necessidade de mobilizar energia, faz com que o organismo da vaca inicie a depleção de tecido adiposo, ou seja, inicia-se a lipólise dos adipócitos. Há então a liberação de glicerol e AGNE's (ácidos graxos não esterificados), e o último é captado pelo fígado, para a produção de energia. Os AGNE's podem seguir três diferentes rotas: completa oxidação (betaoxidação) com liberação de dióxido de carbono que fornece energia para o fígado; oxidação parcial formando corpos cetônicos, utilizados nos outros tecidos como fonte de energia; metabolização e armazenagem como triglicerídios (reesterificação) (AROEIRA, 1998).

Os AGNE's, presentes no sangue, passam a ser captados e metabolizados pelo fígado. A primeira via é a betaoxidação, que quebra as moléculas de gordura, liberando CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), água e muita energia (ATP) (RABELO; CAMPOS, 2009). Contudo, como o organismo da vaca está em lipólise e há muita gordura para ser metabolizada, essa reação se torna saturada, e o fígado inicia a reação de reesterificação para compensar. Há, portanto, a esterificação das moléculas de gordura com o glicerol, formando o colesterol VLDL, que é uma lipoproteína de baixa densidade, que tem a função de transportar triglicerídeos para outros órgãos pela corrente sanguínea. Essas moléculas de gordura também podem ser armazenadas na forma de triglicerídeos no fígado e em outros tecidos, o que pode levar a vaca a desenvolver a esteatose hepática (fígado gordo) (ALVES; PEREIRA; COELHO, 2009).

Quando a reação de reesterificação se satura, o fígado inicia a sua última via de oxidação, a de oxidação parcial da gordura, que, de todas as reações, é a única que não satura, todavia tem como consequência a formação exacerbada de corpos cetônicos (ALVES; PEREIRA; COELHO, 2009).

Nesta última via, os AGNE's são parcialmente oxidados e transformados em acetil CoA, que quando o animal se encontra no seu status fisiológico deve se ligar ao oxaloacetato no ciclo de Krebs para gerar energia (ATP), mas como a vaca se encontra em status hipoglicêmico, os carboidratos estão sendo desviados para a síntese da glicose, logo não haverá oxalacetato para se ligar ao acetil CoA, em vista disso, essa substância é metabolizada e formará aos corpos cetônicos, como o beta-hidroxibutirato, acetoacetato e acetona (ALVES; PEREIRA; COELHO, 2009; AROEIRA, 1998).

**Figura 1** – Representação do metabolismo dos AGNE's



Fonte: Rabelo e Campos (2009).

Pode se dizer, então, que a produção de corpos cetônicos durante o balanço energético negativo é considerada uma rota alternativa de fornecimento de energia para a manutenção das vacas que apresentam uma limitação na ingestão de MS durante o pós-parto (ALVES; PEREIRA; COELHO, 2009; AROEIRA, 1998).

Durante o BEN, a capacidade de secreção e oxidação hepática é excedida devido às altas quantidades de AGNE's direcionados para esse órgão, e, portanto, ocorre uma infiltração e deposição de lipídeos no fígado das vacas, o que é chamado de esteatose hepática (FIORENTIN, 2014). A conclusão obtida é que a produção excessiva de corpos cetônicos (cetose) e a esteatose hepática são consequências de um balanço energético negativo prolongado ou descontrolado (ALVES; PEREIRA; COELHO, 2009).

## Patogenia da Cetose

Schein (2012) refere que a cetose não é uma consequência do BEN, ou seja, as vacas só irão desenvolver cetose no pós-parto quando não conseguirem se adaptar a esse status metabólico. Logo, haverá a mobilização de tecido adiposo e, conseqüentemente, a produção de corpos cetônicos como fontes de energia para a manutenção dos animais (VAN SAUN, 2007).

A síntese e elevação da concentração sérica de corpos cetônicos é um mecanismo importante e até certo ponto um processo normal de adaptação metabólica para suprir as exigências da vaca no início de lactação, porém, o seu excesso é anormal e patológico (EUSTÁQUIO FILHO *et al.*, 2010).

A importância econômica desse distúrbio pode estar relacionada tanto com a queda da produção de leite quanto à falha na eficiência reprodutiva, que causa retardo no retorno da atividade ovariana e, conseqüentemente, aumento no intervalo entre partos, e aumento do primeiro serviço das vacas (GONÇALVES, 2013).

A cetose pode ser classificada como clínica ou subclínica, tendo como parâmetro as concentrações de corpos cetônicos (CC) no sangue, urina, leite e a manifestação de alguma sintomatologia (MELENDEZ; RISCO, 2005; SCHEIN, 2012). Na clínica, os animais apresentam sinais inespecíficos como redução do CMS (consumo de matéria seca), diminuição da produção de leite, perda de peso (ECC), hipercetonemia, hipoglicemia, hipoinsulinemia, letargia, aumento da concentração de triglicerídios (TG) no fígado, baixas concentrações de glicogênio nos hepatócitos e, em casos mais severos, os animais podem apresentar algum sinal clínico neurológico (DUFFIELD, 2000; RADOSTITS *et al.*, 2007). Já a subclínica se apresenta totalmente silenciosa, com ausência de sinais clínicos, logo o seu diagnóstico é feito pela mensuração de beta-hidroxibutirado (BHBA) no plasma, que deve ser superior a 1,2 mmol/L. Esse aumento sérico de BHBA pode causar um aumento de CC no sangue, leite e urina, podendo gerar prejuízos à saúde e produtividade das vacas (ANDERSSON; EMANUELSON, 1985; DUFFIELD, 2000).

A forma subclínica da cetose pode representar até 34% dos casos, enquanto a clínica representa cerca de 7%, o que mostra que, por ter maior incidência nos rebanhos, a cetose subclínica é um grande desafio das vacas no período de transição (GONZÁLEZ; SILVA, 2003).

## Cetose subclínica e reprodução

Walsh *et al.* (2007) ressaltam que vacas com concentração circulante de BHBA (beta-hidroxibutirato) maior que 1,0 mmol/L, na primeira semana pós-parto, foram diagnosticadas como menos propensas a ficarem gestantes na primeira IA (inseminação artificial). Na segunda semana pós-parto, os animais que apresentaram BHBA circulantes maiores que 1,4 mmol/L, tiveram uma chance de emprenhar na primeira IA significativamente menor. Na primeira ou segunda semana pós-parto, nos animais que apresentam valores de cetose subclínica circulantes, a probabilidade de virem a ficar prenhas, é 20% menor. Em vacas que ultrapassam os valores de cetose subclínica, a probabilidade de prenhez foi reduzida em 50% após a primeira IA pós-parto. A partir dessa análise, tanto a concentração circulante do BHBA quanto a duração da alta circulação do BHBA, causam um efeito negativo na probabilidade de prenhez ao primeiro serviço. As vacas diagnosticadas vazias (não prenhas) após a primeira IA tendem a aumentar as concentrações circulantes do BHBA nas três semanas antes do parto para nove semanas após o parto em relação às vacas diagnosticadas como prenhas após a primeira

IA. As vacas vazias aumentaram as concentrações de BHBA circulantes em relação às vacas prenhas na segunda semana após o parto.

O efeito retardado do balanço energético negativo ou da hipercetonemia no desempenho reprodutivo está claro. Tanto a duração quanto a magnitude do BEN estão associadas à redução da frequência de pulso GnRH (Hormônio liberador de gonadotrofina) hipotalâmico e à perpetuação de um *loop de feedback* negativo inapropriado entre a concentração estradiol e a liberação necessária de LH necessária para suportar o desvio folicular e a ovulação. Essa falha de comunicação ao longo do eixo hipotalâmico-pituitário-ovariano é a lesão fisiológica mais comum associada ao BEN que leva à retomada tardia da atividade luteal (REIST *et al.*, 2000).

Leroy *et al.* (2006) descrevem que a maturação de folículos *in vitro* em condições análogas às concentrações de fluidos foliculares de glicose e BHBA experimentadas durante a cetose subclínica, diminuiu significativamente a capacidade de óvulos fertilizados se tornarem mórula e blastocistos eclodidos, indicando um efeito tóxico direto de BHBA e dos AGNE'S no amadurecimento do óvulo.

Rutherford, Oikonomou e Smith (2016) compararam a atividade física no estro e desempenho reprodutivo de vacas com cetose subclínica no início da lactação e de vacas sem cetose subclínica no mesmo período. As amostras de sangue foram colhidas e as concentrações de BHBA foram avaliadas. As vacas com concentração de BHBA no sangue de 1,2 a 2,9 mmol/L foram consideradas com cetose subclínica e valores acima foram classificados como cetose clínica. Geralmente, as vacas em cetose subclínica, em comparação com vacas não cetóticas, foram ativas por períodos mais curtos de tempo e tiveram um pico de atividade menor no estro. Além disso, vacas em cetose subclínica exibiram atividade de pico mais baixo em grupos de atividade associados ao estro que levaram à primeira inseminação em comparação com vacas que não apresentaram cetose subclínica. As vacas com cetose subclínica tiveram um intervalo atrasado do parto ao primeiro estro observado em comparação com vacas sem cetose. Além disso, o intervalo parto até a primeira inseminação e o intervalo parto até a prenhes foram prolongados em vacas com cetose subclínica. A cetose subclínica não afetou o intervalo entre o parto e a gestação em vacas primíparas, no entanto, o intervalo entre o parto e a gestação foi prolongado nas vacas em cetose subclínica de segunda cria e nas vacas de cetose subclínica na terceira ou maior paridade. A primeira inseminação foi 4,3 vezes menor na probabilidade de ter sucesso nas vacas com cetose subclínica.

Rutherford, Oikonomou e Smith (2016) constataram que a prevalência de cetose subclínica nos três rebanhos estudados, foi de 17%, permanecendo na faixa intermediária a inferior da faixa registrada por Macrae, Burrough e Forrest (2012) e Mcart, Nydam e Oetzel (2012). Prevalências mais altas, geralmente, são observadas em rebanhos altamente desafiados, de alta genética com alto potencial de produção, o que pode agravar o BEN e levar a cetose subclínica no início da lactação. Os efeitos de longa duração de cetose subclínica na eficiência reprodutiva foram confirmados. Do parto ao primeiro estro, do parto à primeira inseminação e do parto à prenhez, os intervalos foram estendidos em vacas com cetose subclínica. Além disso, a movimentação de atividade física e, conseqüentemente, a manifestação de estro, pode também ser reduzida por cetose subclínica no início da lactação.

Tanto a duração quanto a magnitude do BEN têm sido relacionadas ao aumento das concentrações de hormônio do crescimento e à diminuição das concentrações de insulina e IGF; reduzindo diretamente a competência folicular e sua resposta às gonadotrofinas circulantes (LUCY, 2000). Além disso, o BEN foi associado ao retardo e à redução do pico de LH, resultando no atraso da retomada da atividade ovariana, aumento da incidência de doença cística ovariana e menor probabilidade de prenhez a primeira inseminação (MCART; NYDAM; OETZEL, 2012; OSPINA *et al.*, 2010).

Gillund *et al.* (2001) trabalharam com vacas norueguesas no verão, correspondente ao inverno do Brasil, e analisaram as relações entre escore de condição corporal (ECC) e a cetose, e entre o desempenho reprodutivo e o ECC. As conclusões obtidas foram que valores de escore de condição corporal maiores ou iguais a 3,5 no parto apresentam um alto um risco de estarem associados a cetose e que animais perderam mais ECC após a ocorrência da cetose. Primíparas e múltíparas, que parem no verão norueguês,

apresentaram menor risco de desenvolverem cetose. A perda da condição corporal durante o período pós-parto foi associada à diminuição da probabilidade de concepção ao primeiro serviço, intervalo prolongado de parto a concepção e aumento do número de inseminações artificiais por concepção. Concluiu-se também que o ECC é um método útil para monitorar as relações entre manejo nutricional, reprodução e cetose em vacas de dupla aptidão de produção moderada.

A perda de ECC durante o início da lactação foi associada à taxa de concepção prejudicada, intervalo prolongado entre parto e concepção, e aumento do número de IA por concepção no estudo. Butler e Smith (1989) também concluíram que a perda de ECC após o parto estava relacionada à menor taxa de concepção, já Ruegg e Milton (1995) não encontraram relações entre a perda de ECC e o desempenho reprodutivo.

Gillund *et al.* (2001) e Ruegg *et al.* (1992) concluíram que o intervalo entre o parto e a primeira inseminação não estava relacionado à perda de ECC, contudo, Refsdal (1989) constatou que o intervalo entre o parto e a primeira inseminação foi relacionado à perda de condição corporal quando as vacas foram criadas a pasto perto do parto; destacou que nesse tipo de manejo a perda de ECC poderia vir a influenciar a retomada da atividade ovariana durante as primeiras semanas após o parto.

## Considerações finais

Animais acometidos pela cetose subclínica no pós-parto têm a sua eficiência reprodutiva prejudicada, pois as alterações metabólicas registradas durante o período de transição estão diretamente relacionadas com a frequência de liberação de GnRH. O aumento nas concentrações de GH determina um *feedback* negativo na secreção de GnRH no hipotálamo, há uma redução da liberação de LH, e um atraso no retorno da atividade ovariana, devido à redução do pico desse hormônio e do efeito tóxico do BHBA sobre os folículos ovarianos. Há, portanto, uma redução nas chances de prenhez e o estro terá uma menor duração.

Os intervalos entre parto e o primeiro estro e parto a primeira inseminação se apresentarão prolongados, e há uma maior probabilidade de desenvolvimento de cistos ovarianos com notável redução das taxas de prenhez e concepção em vacas cetóticas. &

## Referências

AIRES, A. R. *et al.* Efeito da suplementação de colina protegida no perfil metabólico e intervalo entre parto e concepção de vacas leiteiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 72, n. 2, p. 553-559, mar./abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10078>.

ALVES, N. G.; PEREIRA, M. N.; COELHO, R. M. Nutrição e reprodução em vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, n. 6, p. 118-124, dez. 2009.

ANDERSSON, L.; EMANUELSON, U. An epidemiological study of hyperketonaemia in Swedish dairy cows: determinants and the relation to fertility. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 3, n. 5, p. 449-462, Nov. 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(85\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0167-5877(85)90006-6).

AROEIRA, L. J. M. **Cetose e infiltração gordurosa no fígado em vacas leiteiras**. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1998. 23 p. (Documentos, 65).

BELL, A. W.; SLEPETIS, R.; EHRHARDT, R. A. Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 9, p. 1954-1961, Sept. 1995. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(95\)76821-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(95)76821-7).

BRANDÃO, A. P. **Impactos dos principais aspectos do período de transição sobre a produção de leite e resposta inflamatória de vacas leiteiras**. 2016. 129 p. Dissertação (Pós-graduação em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2016.

BUTLER, W. R.; SMITH, R. D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 3, p. 767-783, Mar. 1989. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79169-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79169-4).

CUPERTINO, C. F. *et al.* Avaliação do perfil metabólico em vacas leiteiras de alta produção no período de transição. **Pubvet**, Londrina, v. 5, n. 18, p. 1112-1117, 2011.

DRACKLEY, J. K.; OVERTON, T. R.; DOUGLAS, G. N. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. **Journal of Dairy Science**, v. 84, suppl., E100-E112, June 2001. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70204-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70204-4).

DUFFIELD, T. Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 16, n. 2, p. 231-253, July 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30103-1](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30103-1).

EUSTÁQUIO FILHO, A. *et al.* Balanço energético negativo. **Pubvet**, Londrina, v. 4, n. 11, p. 780-787, 2010.

FIORENTIN, E. L. **Lipidose hepática**: causas, patogenia e tratamento. 2014. 10 p. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

FRITZEN, A.; FERREIRA, R. Balanço energético negativo e reprodução em vacas leiteiras. **Jornal Sul Brasil**, v. 185, ano 8, p. 1, dez. 2016.

GILLUND, P. *et al.* Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 6, p. 1390-1396, June 2001. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70170-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70170-1).

GOFF, J. P. Minerais. In: REECE, O. W. **Dukes**: Fisiologia dos animais domésticos. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 532-540.

GONÇALVES, R. S. **Profilaxia na cetose das vacas leiteira**. 2013. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 200.

GRUMMER, R. R. Impact of changes organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 9, p. 2820-2833, Sept. 1995. DOI: <https://doi.org/10.2527/1995.7392820x>.

KUNZ, P. L. *et al.* Effects of different energy intakes before and after calving on food-intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. **Animal Science**, v. 40, n. 2, p. 219-231, Apr. 1985. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003356100025320>.

LEBLANC, S. Health in the transition period and reproductive performance. **WCDS Advances in Dairy Technology**, v. 22, p. 97-110, 2010.

LEIVA, T. **Efeito da densidade nutricional da dieta e suplementação com cromo nas concentrações séricas de glicose, insulina e ácidos graxos não esterificados em vacas de leite lactantes**. 2014. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Botucatu, 2014.

LEROY, J. L. M. R. *et al.* The *in vitro* development of bovine oocytes after maturation in glucose and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations associated with negative energy balance in dairy cows. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 41, p. 119-123, 2006.

- LUCY, M. C. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1635-1647, July 2000. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75032-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75032-6).
- MACRAE, A. I.; BURROUGH, E.; FORREST, J. Assessment of nutrition in dairy herds: use of metabolic profiles. **Cattle Practice**, v. 20, p. 120-127, Nov. 2012.
- MCART, J. A. A.; NYDAM, D. V.; OETZEL, G. R. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 9, p. 5056-5066, Sept. 2012. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5443>.
- MELENDEZ, P.; RISCO, C. A. Management of transition cows to optimize reproductive efficiency in dairy herds. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 21, n. 2, p. 485-501, July 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2005.02.008>.
- MOREIRA, T. F. **Perfil metabólico de vacas leiteiras no período de transição em sistema semi-intensivo em Minas Gerais no verão e no inverno**. 2013. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- MOTA, M. F. *et al.* Período de transição na vaca leiteira. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, Umuarama, v. 9, n. 1, p. 77-81, jan./jun. 2006.
- NIED, C. O. **Precusores de glicose em ruminantes**: aplicações em vacas leiteiras. 2016. 14 p. Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- ORTOLANI, E. L. Enfermidades do período de transição. **Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science**, Goiânia, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/7660/5433>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- OSPINA, P. A. *et al.* Associations of elevated nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 4, p. 1596-1603, Apr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2852>.
- PEREIRA, C. H. **Cetose em vacas leiteiras**: tipos, patogenia e profilaxia. 2014. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- PROTO, M. G.; BARROS, M. C. B.; BARBOSA, B. S. Hipocalcemia e cetose: principais doenças metabólicas da vaca leiteira durante o período de transição: uma revisão de literatura. **Revista Agrária Acadêmica**, Salto, v. 4, n. 5, set./out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.32406/v4n5/2021/130-141/agrariacad>.
- RABELO, E.; CAMPOS, B. G. Fisiologia do período de transição. **Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science**, Goiânia, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/7921/5782>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- RADOSTITS, O. *et al.* Part I: general Medicine. *In: Veterinary Medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats*. 10. ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2007. p. 297.
- REFSDAL, A. O. Animal health service and reproductive problems in Norwegian cattle. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 33, n. 3/4, p. 223-226, June 1989. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.1998.tb01347.x>.
- REIST, M. A. *et al.* Primeira ovulação e estado do corpo cetônico no período pós-parto inicial de vacas leiteiras. **Theriogenology**, v. 54, p. 685-701, 2000.
- ROCHE, J. R. *et al.* Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 12, p. 5769-5801, Dec. 2009. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>.

RUEGG, P. L. *et al.* Relation among body condition score, serum urea nitrogen and cholesterol concentrations, and reproductive performance in high producing Holstein dairy cows in early lactation. **American Journal of Veterinary Research**, v. 53, n. 1, p. 5-9, Jan. 1992.

RUEGG, P. L.; MILTON, R. L. Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: relationships with yield, reproductive performance, and disease. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 3, p. 552-564, Mar. 1995. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76666-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76666-8).

RUTHERFORD, A. J.; OIKONOMOU, G.; SMITH, R. F. The effect of subclinical ketosis on activity at estrus and reproductive performance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 6, p. 4808-4815, June 2016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10154>.

SCHEIN, I. H. **Cetose dos ruminantes**. 2012. 35 p. Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

VAN SAUN, R. J. Metabolic and nutritional diseases of the puerperal period. In: YOUNGQUIST, R. S.; THRELFALL, W. R. **Current therapy in large animal Theriogenology**. 2. ed. [S.l.]: Saunders, 2007. p. 355- 375.

WALSH, R. B. *et al.* The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 6, p. 2788-2796, June 2007. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-560>.

Recebido: 5 de agosto de 2022. Aprovado: 21 de novembro de 2022.