

Acidose e Cetose ruminal: uma análise clínica, laboratorial e terapêutica

Metabolic disorders: Acidosis and Ruminal Ketosis (clinical-laboratory profile)

Trastornos metabólicos: acidosis y cetosis ruminal (perfil clínico-laboratorio)

Recebido: 13/05/2022 | Revisado: 07/06/2022 | Aceito: 08/06/2022 | Publicado: 09/06/2022

Matheus de Souza Brito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7089-5642>
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
E-mail: matheus.b0914@ufob.edu.br

Amanda Alexandra Alves Bomfim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6294-2384>
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
E-mail: amanda.b8184@ufob.edu.br

Hélen Larissa da Cruz Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3873-0442>
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
E-mail: helen.o3894@ufob.edu.br

Ingrid da Silva Cruz Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4006-2551>
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
E-mail: ingrid.s7986@ufob.edu.br

Taiane Nogueira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4285-9107>
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
E-mail: taiane.s4102@ufob.edu.br

Layze Cilmara Alves da Silva Vieira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1850-2768>
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
E-mail: layze.cilmara@hotmail.com

Resumo

A nutrição animal é baseada no fornecimento de dietas fibrosas e concentradas para suprir as exigências fisiológicas dos animais e atuar sobre o desenvolvimento do rebanho. A utilização de concentrados na dieta é uma opção para atender as demandas energéticas dos animais de produção, entretanto, o uso incorreto dos nutrientes pode ocasionar transtornos metabólicos aos animais. Dentre os principais transtornos, destaca-se a acidose e a cetose ruminal. Considerando as consequências dos transtornos metabólicos aos animais e os prejuízos econômicos para os produtores, esta revisão objetivou a realização de uma análise clínica, laboratorial e terapêutica da acidose e cetose ruminal. Foi realizada uma pesquisa eletrônica no portal de periódicos da Capes para utilização das bases de dados PubMed, Scielo, Elsevier e Google Scholar. Foram selecionados no total 61 artigos, sem delimitação de ano de publicação, com intuito de identificar na literatura a evolução das doenças metabólicas e uso dos métodos aplicados para o diagnóstico laboratorial. O estudo possibilitou a compreensão e avaliação dos métodos, os impactos e a importância do diagnóstico clínico e laboratorial desses transtornos metabólicos para promoção da terapêutica, saúde animal e redução dos prejuízos ao setor agropecuário.

Palavras-chave: Ruminantes; Acidose; Cetose; Diagnóstico; Nutrição; Ensino em saúde.

Abstract

Animal nutrition is based on the supply of fibrous and concentrated diets to provide the physiological requirements of animals and ensure the development of the herd. The use of concentrates on the diet is an option to provide the energy necessary for animal production, however, the incorrect use of nutrients can cause metabolic disorders to the animals. Among the main disorders, acidosis and ruminal ketosis stand out. Considering the consequences of metabolic disorders to animals and the economic losses to producers, this review aimed to perform both a clinical, laboratory and therapeutic analysis of ruminal acidosis and ketosis. A survey was made based on the CAPES Journal Portal using the PubMed, Scielo, Elsevier, and Google Scholar databases. A total of 61 articles were selected, without delimitation of year of publication, in order to identify in the literature the evolution of metabolic diseases and the use of methods applied on laboratory diagnosis. The study allowed both the understanding and evaluation of the methods, the impacts and the importance of clinical and laboratory diagnosis of these metabolic disorders to promote therapeutics, animal health and reduction of losses to the agricultural industry.

Keywords: Ruminants; Acidosis; Ketosis; Diagnosis; Nutrition; Health teaching.

Resumen

La nutrición animal se basa en el suministro de dietas fibrosas y concentradas para satisfacer las necesidades fisiológicas de los animales y actuar en el desarrollo del rebaño. El uso de concentrados en la dieta es una opción para satisfacer las demandas energéticas de los animales de producción, sin embargo, el uso incorrecto de nutrientes puede causar trastornos metabólicos a los animales. Entre los principales trastornos, destacan la acidosis y la cetosis ruminal. Teniendo en cuenta las consecuencias de los trastornos metabólicos para los animales y las pérdidas económicas para los productores, esta revisión tenía como objetivo realizar un análisis clínico, de laboratorio y terapéutico de la acidosis ruminal y la cetosis. Se realizó una búsqueda electrónica en el portal de publicaciones periódicas Capes utilizando las bases de datos PubMed, Scielo, Elsevier y Google Scholar. Se seleccionaron 61 artículos, sin delimitar el año de publicación, con el objetivo de identificar en la literatura la evolución de las enfermedades metabólicas y el uso de métodos aplicados para el diagnóstico de laboratorio. El estudio permitió comprender y evaluar los métodos, los impactos y la importancia del diagnóstico clínico y de laboratorio de estos trastornos metabólicos para promover la terapéutica, la salud animal y la reducción de las pérdidas en el sector agrícola.

Palabras clave: Rumiantes; Acidosis; Cetosis; Diagnóstico; Nutrición; Enseñanza en salud.

1. Introdução

Diversos fatores exercem papel importante sobre a produção animal, dentre os quais destaca-se a nutrição pela capacidade de atuar sobre os aspectos fisiológicos e desempenho do rebanho, quando o fornecimento de dietas fibrosas ou concentradas excede a quantidade ideal (Włodarski et al., 2017). O uso incorreto dos nutrientes ocasiona mudanças na microbiota intestinal, interferindo no metabolismo absorptivo e favorecendo o egresso pelas fezes, o que resulta em transtornos metabólicos, principalmente na bovinocultura por buscar ganho de peso diário (Silva Júnior et al., 2020). Nos ruminantes, a acidose e a cetose ruminal estão dentre os principais transtornos metabólicos encontrados (Neto et al., 2014).

Os carboidratos são considerados uma base energética importante para manter a homeostasia do organismo (Oliveira et al., 2016). No entanto, quando ocorre aumento no seu consumo, mudanças intestinais podem desencadear enfermidades digestivas, como a acidose ruminal (Neto et al., 2014). Nesta doença, tem-se a perda de bicarbonato e, a geração de ácidos graxos e outros ácidos favorecem a elevação dos níveis de íons H⁺, e diminui a excreção, observando no animal sinais clínicos como perda de peso e desidratação (González, 2018).

Outra fonte alternativa de energia usada pelos músculos e tecidos dos ruminantes é denominada de corpos cetônicos, que em excesso na corrente sanguínea, devido ao baixo consumo de carboidratos e necessidade energética, indica cetose ruminal (McArt et al., 2013). A cetose é uma doença que acomete vacas leiteiras entre a segunda e sexta semana após o parto e em períodos que requerem altos níveis de energia, apresentando redução do peso e da produção de leite (Sato, 2009).

Essas disfunções do equilíbrio ácido-básico são diagnosticadas com auxílio de exames laboratoriais. No caso da acidose metabólica o diagnóstico e prognóstico se dá a partir da coleta de sangue arterial ou sangue venoso para realização do exame hemogasométrico que permite avaliar pH, teores de gases e bases no sangue e concentração de bicarbonato (López et al., 2017). Para cetose, determina a presença de corpos cetônicos avaliando o leite, a urina ou o sangue do paciente, se os sinais observados forem sugestivos de cetose subclínica, pois na cetose clínica o diagnóstico pode ser consolidado através da anamnese do animal, exame clínico e exames complementares (Geron et al., 2018).

Dentre os prejuízos decorrentes dos distúrbios, destaca-se o óbito de animais como fator preponderante de perda econômica ao produtor. A mortalidade pela acidose acontece no percurso agudo, enquanto no subagudo as alterações secundárias são os principais danos aos animais (Noronha Filho et al., 2013). Os impactos mais observados na cetose são na atividade leiteira, visto que essa proporciona diminuição na produção de leite (Batista et al., 2016).

Considerando as consequências dos transtornos metabólicos aos animais e os prejuízos econômicos para os produtores, esta revisão objetivou a realização de uma análise clínica, laboratorial e terapêutica da acidose e cetose ruminal.

2. Revisão de Literatura

2.1 Acidose ruminal

A acidose metabólica é considerada o distúrbio do equilíbrio ácido básico mais frequente (Thrall et al., 2015). Pode acometer várias espécies de ruminantes, entretanto os bovinos são os mais susceptíveis (Neto et al., 2014). É considerada um fator limitante ao setor agropecuário, pois pode levar a efeitos secundários, como rumenite, laminite, abscessos hepáticos e até a morte do animal (Nasr et al., 2017). Afeta o equilíbrio ácido-básico, compromete o funcionamento da musculatura estriada e de órgãos como fígado (Dokovic et al., 2010).

A inserção de outros componentes na dieta desses animais com o objetivo de aumentar a produtividade, principalmente o uso de concentrados, têm sido responsáveis por ocasionar modificações na dieta do animal (Alcantara et al., 2020), acarretando em distúrbios metabólicos como a acidose ruminal associado a outros distúrbios a nível de sistema digestório (Lima & Martins, 2017).

Durante o crescimento do animal, assim como na fase adulta, várias mudanças ocorrem no ecossistema ruminal, consequência muitas vezes de alterações na alimentação dos animais, dado pela troca de uma dieta à base de forragens, por uma alimentação à base de concentrados, ou ainda devido a variações de uma dieta com feno e concentrado para uma alimentação à base de pasto (Elmhadi et al., 2022).

As dietas constituídas de maior quantidade de volumoso são importantes ferramentas com função tamponante, à medida que estas estimulam a mastigação e ruminação, promovem a produção de saliva, esta, adicionada ao conteúdo ruminal tem função relativa à manutenção do pH ruminal, através da sua concentração endógena constituída de compostos como bicarbonato e fosfatos (Dirksen, 1981). De acordo com Neto et al. (2014) a saliva é um elemento determinante à fermentação ruminal, e quanto maior a produção desta, maior será o pH ruminal e mais acetato será produzido, além disso, a quantidade de saliva produzida depende do tipo de alimento fornecido.

Estima-se que cerca de 70% do líquido ruminal é resultante da secreção salivar (Dirksen, 1981). Nesse sentido, o tempo de ruminação dado pelo fornecimento de fibras na dieta é importante para o equilíbrio ruminal (Nagaraja & Titgemeyer, 2007). Considerando o aumento dos níveis de carboidratos na alimentação de animais, principalmente os bovinos, pode-se ter como consequência disso um desequilíbrio fermentativo, caracterizado pela diminuição do pH e consequentemente produção do ácido láctico no rúmen (Elmhadi et al., 2022).

Alguns distúrbios patológicos também podem gerar quadros de acidose metabólica, esses, são comuns em casos de acidose láctica, cetoacidose, insuficiência renal e intoxicação por ácidos (por exemplo: intoxicação por etilenoglicol), ou mesmo qualquer mecanismo que leve a depleção de bicarbonato (Thrall et al., 2015).

A acidose ruminal pode ocorrer de forma aguda ou crônica. Na primeira condição o animal ingere uma quantidade excessiva de alimentos ricos em carboidratos não estruturais e amido, que ao sofrerem fermentação no rúmen promovem a produção de ácidos graxos voláteis (AGVs) e ácido láctico (Neto et al., 2014).

Em bovinos confinados pode ocorrer quadros de acidose quando a osmolaridade do rúmen é aumentada, em decorrência de acúmulo de lactato, glicose e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), resultando em redução do pH ruminal e de forma fisiológica, o organismo do animal reage a esse fator, reduzindo a ingestão alimentar e a absorção de ácido (Meyer & Bryant, 2017). Essa condição proporciona a multiplicação e predominância de *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus* spp. tolerantes a ácidos na flora ruminal, com elevação da produção de ácido láctico e diminuição do pH ruminal (<5,5), o que causa a supressão do crescimento de muitas bactérias (Neto et al., 2014).

S. bovis é um dos responsáveis por promover a acidose ruminal aguda, além de estar entre os principais agentes etiológicos dessa enfermidade, e por esse motivo muitos fármacos e intervenções são realizadas para o seu controle (Nagaraja & Titgemeyer, 2007).

Em quadros de acidose aguda pode ocorrer redução do fluxo sanguíneo para o trato gastrointestinal e isso gera uma menor absorção de ácidos orgânicos no rúmen. Além disso, a exposição do epitélio ruminal ao ácido pode gerar problemas secundários, como a hiperqueratose e paraqueratose, reduzindo o pH e absorção de ácidos orgânicos ruminais (López et al., 2017), o aumento excessivo da osmolaridade do rúmen, como consequência da redução do pH pode ainda gerar a mobilização de água para este órgão, proporciona a desidratação dos animais acometidos (Oliveira, 2009).

2.1.1 Perfil clínico

As manifestações clínicas da acidose metabólica são inespecíficas, mas é possível observar alterações como apatia, taquipneia, taquicardia, diarreia, diminuição na ingestão alimentar, perda da condição corporal, bem como queda na produção leiteira (Abdela, 2016). Sinais de anorexia, cólica e fezes diarreicas associados a redução da ingestão são observados em animais com acidose ruminal subaguda (SARA) (Meyer & Bryant, 2017).

Como o distúrbio gera inflamação do epitélio ruminal, as bactérias podem causar peritonite e levar a formação de abscessos no fígado, além de colonizar órgãos como pulmões, válvulas cardíacas, rins e articulações (Oetzel, 2007). Segundo Meyer e Bryant (2017) podem ser observados sinais de inchaço ruminal caracterizados pela distensão da fossa paralombar esquerda e parte abdominal. Além disso, os mesmos relatam que com a progressão do inchaço ocorre aumento da pressão no interior do abdômen, levando o reto a protrair, a pressão no diafragma se eleva e como consequência torna dificultosa a respiração e locomoção do animal.

Nesse contexto, devido a inespecificidade dos sinais clínicos, o veterinário deve realizar um exame físico adequado associado a anamnese para identificar determinadas alterações metabólicas mediante a análise de parâmetros como auscultação ruminal, auscultação cardíaca e respiratória (Alcântara et al., 2020). Do ponto de vista clínico, o diagnóstico de acidose metabólica em ruminantes, deve ser feito com base em uma anamnese da propriedade, levantando dados importantes sobre a dieta dos animais (Silva Júnior et al., 2020), questionando quanto a composição e características da alimentação fornecida e incrementos alimentares (Meyer & Bryant, 2017). Tais informações podem ser úteis tendo em vista que a ocorrência da acidose metabólica se dá devido a uma quantidade excessiva de carboidratos, bem como o uso de fibras na dieta animal, podendo ser altamente fermentáveis no rúmen (Angst et al., 2018).

Outra forma importante do exame clínico dos animais é a inspeção do rebanho, já que essa enfermidade pode-se apresentar de diversas formas, por ter diversas fases que compõem a sua evolução, e assim alguns animais podem apresentar na fase aguda sinais como diarreia e distensão abdominal, enquanto outros apenas anorexia (Alcantra et al., 2020). Ademais, no exame físico deve-se realizar a aferição de parâmetros fisiológicos importantes, como frequência cardíaca, respiratória, avaliação do estado mental, realização de palpação, auscultação ruminal, inspeção abdominal e temperatura corporal dos animais (Radostits et al., 2007).

2.1.2 Perfil laboratorial

A avaliação do fluido ruminal torna-se uma ferramenta importante para o diagnóstico de distúrbios metabólicos (Pimentel et al., 2020), possibilitando analisar características como cor, odor, consistência, além de tempo de sedimentação e flotação (TAS), associado a características químicas através do pH, fermentação de glicose, realização da prova de redução do azul de metileno, dentre outras características microscópicas com relação a bactérias e protozoários (Bayne & Edmondson, 2021).

Para realização dos exames é necessário a coleta do líquido ruminal, geralmente realizada com auxílio de uma sonda ororuminal, ou por rumenocentese (Abdela, 2016). Em condições normais, o líquido apresenta coloração verde oliva, variando para o verde marrom e verde cinzento de acordo com a dieta fornecida, odor “aromático” e aspecto viscoso (González, 2018).

Estudos de Alcantara et al. (2020), relatam que em condições de acidose metabólica o líquido ruminal apresenta-se como um material de coloração acinzentada, odor ácido e aspecto leitoso-aquoso.

Além da avaliação dessas características, deve ser realizada a sedimentação e flutuação do líquido ruminal, na qual procede-se em deixar a amostra em repouso e verificar o tempo em que os eventos começam a aparecer, o tempo estimado para normalidade é de 4 a 8 minutos, e na ausência desses fatores, é indicativo de acidose ruminal (González, 2018).

Determina-se ainda, a atividade bacteriana, através do teste redução azul de metileno, para tal teste, obtêm-se duas amostras de líquido ruminal, sendo adicionado 1 mL de azul de metileno (0,03%) em uma amostra contendo 20 mL de líquido ruminal logo após a coleta (Vieira et al., 2007) e, compara-se com a outra amostra de líquido ruminal sem o corante, após isso, conta-se o tempo de degradação desde a adição do azul de metileno até retornar a coloração original, em condições normais o tempo varia de 3 a 6 minutos e excede a isso em casos de acidose (Rodrigues et al., 2013).

O diagnóstico de acidose ruminal subaguda (ARS) em bovinos de aptidão leiteira também pode ser realizado de forma indireta através da análise do leite, resultados compatíveis com baixo teor de gordura no leite tem sido atribuído a ARS, entretanto, ração com excesso de gordura, uso de ionóforos podem ser significativos desse distúrbio, assim como vacas leiteiras com teor normal de gordura, o que torna o método limitante (Sabes, 2020). Outra forma de auxílio do diagnóstico é através da avaliação das características físicas das fezes dos animais, pois os animais com ARS geralmente apresentam fezes aquosas e espumosas, além de ser possível determinar a concentração de lipopolissacarídeos (LPS) nestas, por meio do hemogasométrico é possível verificar alterações relacionadas a elevação da pressão parcial de gás carbônico (pCO_2), redução da taxa da pressão parcial de oxigênio (pO_2) e diminuição no pH sanguíneo (Abdela, 2016; Sabes et al., 2020).

Ademais, informações relativas ao hemograma em animais acometidos evidenciam elevação no (VG) hematócrito (Radostits et al., 2007), associado a elevação de proteínas plasmáticas em decorrência da desidratação, ressalta-se ainda, a importância da regulação do pH ruminal para sobrevivência dos animais ruminantes, que em condições normais variam entre 5,5 e 7,0 (Feitosa, 2017). Desse modo, pH em torno de 5,5 são indicadores de acidose subaguda enquanto pH em torno de 5,0 ou menos, indica acidose aguda (Nagaraja & Titgemeyer, 2007). Segundo Bipin et al. (2016), o hemograma de animais com acidose apresenta alterações devido ao menor pH ruminal, sendo evidenciadas leucocitose por neutrofilia, policitemia e hemoconcentração em quadros de acidose sistêmica. Através de exame de bioquímica sérica pode ser evidenciado redução do pH sanguíneo, bicarbonato e cálcio, tendo na urinálise geralmente um pH ácido (Ortolani et al., 2010).

A caracterização da acidose pode ser realizada através da dosagem de lactato e ácidos de cadeia curta (AGCC) permitindo entendimento sobre efeitos secundários, visto que, as concentrações de ácidos orgânicos alteram devido a microbiota, alimentação e tempo de colheita da amostra, já o teor de lactato total pode ser analisado por teste colorimétrico (Maruta & Ortolani, 2002), por cromatografia líquida de alta eficiência (Krause & Oetzel, 2005) ou cromatografia gasosa (Khafipour et al., 2009; Li et al., 2012). A técnica de cromatografia também pode ser usada para identificar as concentrações de AGCC (Krause & Oetzel, 2005; Khafipour et al., 2009).

2.1.3 Tratamento

Os efeitos da acidose ruminal podem ser amenizados ou eliminados desde que haja fornecimento de fibra aos animais com acidose subaguda, pois com a redução dos carboidratos não estruturais no rúmen, a fermentação da celulose, hemicelulose, pectina e outros componentes são elevados, e com o favorecimento dos microrganismos celulolíticos há redução da produção de lactato e do pH (Neto et al., 2014).

Tamponantes podem ser incorporados à dieta dos ruminantes, tais como o bicarbonato de sódio e potássio e agentes alcalinizantes, os quais terão a função de neutralizar o meio e evitar as mudanças de pH do rúmen do animal (Hernández et al., 2014). O uso de aditivos na dieta é um método eficaz para minimizar a acidose, principalmente por exercerem influência na flora

ruminal, a exemplo tem-se o uso de alimentação bacteriana direta, bicarbonato de sódio e monensina (Beauchemin & Penner, 2009).

2.2 Cetose Ruminal

Com a demanda de animais de alto valor zootécnico, houve a necessidade de fornecer dieta de qualidade, principalmente durante os primeiros meses de lactação (Delamura et al., 2020). A crescente demanda energética ao final da gestação, aumenta a probabilidade de gordura corpórea e sua capacidade ingestiva, culminando no surgimento de transtornos metabólicos, entre eles a cetose ruminal (Getachew et al., 2019). Esses déficits energéticos podem acarretar numa cetose subclínica (Wang et al., 2021), está na maioria dos casos é responsável por 34% das perdas econômicas, causando desequilíbrio do ciclo estral e outras alterações, já os casos clínicos chegam entre 3 a 7% (Müller et al., 2017). A cetose primária ocorre nos primeiros tempos de lactação, entre a segunda e terceira semana, com risco de desenvolver lipidose hepática acentuada (Getachew, 2019).

A cetose representa uma das principais doenças vistas na bovinocultura leiteira, é descrita como desordem metabólica ligada ao balanço energético negativo e a carência de carboidratos precursores da glicose, está associada à época final de gestação e período pós parto, acometendo as vacas entre a terceira e sexta semana pós-gestação, anteriormente e no decorrer do pico lactacional (Santos, 2008).

Há relatos de ocorrências em até 15% das vacas presentes nos rebanhos de alta tecnologia, atingindo perda média por lactação em torno de 70 litros de leite (Oliveira, 2016). Esse distúrbio acontece pelo aumento incomum dos corpos cetônicos nos tecidos, no ar expirado e nos fluidos corporais, que ocorre pela elevação dos ácidos graxos livres no plasma sanguíneo, pela movimentação da gordura corporal em ruminantes com escassez energética e/ou por uma queda da glicose sanguínea, quando corpos cetônicos ultrapassam o seu uso pelos músculos e tecidos como forma alternativa de energia (Getachew, 2019).

A cetose acomete pequenos ruminantes no último terço da gestação, animais com vários fetos durante o terço final de gestação, e em vacas leiteiras esse transtorno se apresenta regularmente, sendo as vacas múltíparas as mais acometidas, devido a exigência de glicose ser muito mais intensa nesses períodos (Silva, 2020).

2.2.1 Perfil clínico

Os principais sinais clínicos observados nos animais acometidos são perda de peso, queda na produção leiteira e odor característico de cetona na urina e no leite devido a presença de corpos cetônicos, e em alguns casos na respiração do animal (Geron et al., 2018). A doença pode se manifestar na forma clínica e subclínica, sendo a clínica subclassificada em: primária, ocasionada pelo fornecimento inadequado da dieta; secundária, caracterizada pela diminuição da alimentação em decorrência de uma doença subjacente; alimentar, devido a ingestão de dieta rica em alimentos constituídos por componentes cetogênicos e, espontânea, descrita pela elevada concentração de corpos cetônicos no sangue do animal (Van Cleef et al., 2009).

Para identificar a cetose ruminal, o diagnóstico deve ser feito tendo como subsídios os sinais clínicos associados ao histórico do animal obtido na anamnese (Proto et al., 2021). De acordo com a ficha clínica (histórico) e analítica do animal é possível descrever informações importantes, tais como, ruminantes com antecedente de inesperada queda de produção leiteira antes das 8 semanas de lactação, recusa de consumo de concentrado, perda de peso, presença de acetona, ácidos B-hidroxitirato e corpos cetônicos acetoacetato no sangue, leite e urina, bem como respiração, temperatura e pulso (Getachew, 2019). Existem profissionais que são capazes de identificar a presença de acetona no leite e na respiração através do olfato, sendo no campo, a única técnica possível para o diagnóstico desta patologia, associando o cheiro da acetona com o histórico do animal e a inexistência de outras doenças (Agnew & Yan, 2000).

2.2.2 Perfil laboratorial

O diagnóstico laboratorial é uma importante ferramenta para o diagnóstico de cetose ruminal, baseia-se na mensuração de corpos cetônicos através da determinação do β -hidroxibutirato (Campos et al., 2005). Considerado que a cetose subclínica se manifesta de forma silenciosa e os prejuízos econômicos são observáveis ao longo de muito tempo (Gambim et al., 2017), o diagnóstico definitivo deve ser realizado pela mensuração dos corpos cetônicos, excretados principalmente no leite e na urina, e níveis de glicose (Delamura et al., 2020).

A literatura descreve que animais saudáveis apresentam valores de β -hidroxibutirato no sangue de até 1 mol/L, na manifestação da cetose subclínica varia de 1 a 1,3 mmol/L e na cetose clínica esses valores estão superiores a 1,3 mmol/L (Gambim et al., 2017). Outro método diagnóstico bastante utilizado a campo consiste na mensuração do β -hidroxibutirato (BHB) através de fitas reagentes que avalia a concentração de corpos cetônicos na urina, a análise é verificada pela alteração da coloração da fita após sua imersão em urina que apresenta coloração rosa-arroxeadada quando positiva (Ribeiro et al., 2015). No entanto, para Geron et al. (2018), a testagem positiva só é detectada quando a urina apresenta altas concentrações de corpos cetônicos. O teste tem como princípio ativo o nitroprussiato de sódio, quando na presença de corpos cetônicos ocorre reação e toda mudança de coloração de acordo com o nível de corpos cetônicos (Geishauser et al., 2000).

Zhang e Ametaj (2020) relatam em seu trabalho que a mensuração dos corpos cetônicos na urina torna-se um subsídio importante para auxiliar no diagnóstico da cetose ruminal. Conforme abordado por esses autores, para ter uma mensuração com resultados fidedignos recomenda-se que a colheita seja feita 3 horas após a alimentação, e, o processamento da amostra de urina seja realizado de forma rápida, pois os corpos cetônicos tendem a se volatilizar tornando a amostra instável.

A avaliação do leite é comumente realizada utilizando a relação entre a porcentagem de gordura e proteína (RGP) que permite identificar na propriedade o manejo correto ou inadequado para o rebanho leiteiro, apenas dimensionando a mobilização de tecido adiposo do animal (Müller & Hartmann, 2017).

Destaca-se ainda, a mensuração dos níveis glicêmicos, nas quais os parâmetros normais de glicose ficam em torno de 55 a 70 mg/dL, diferente nos animais acometidos com a cetose ruminal clínica, que evidencia 35 mg/dL inferior ao intervalo de referência, e, em condições de cetose subclínica chegam a 35 e 50 mg/dL (Santos et al., 2011).

2.2.3 Tratamento

No tratamento clínico para a cetose, conforme o quadro do paciente, pode ser indicado o uso de dietas que visem elevar os precursores de glicogênio no sangue, restauração dos níveis de glicose ou dos níveis de oxaloacetato (Fleming, 1993). A formulação da dieta, ocorrerá de acordo com a necessidade do animal e suas particularidades. De acordo com Ortolani (2003), para o tratamento da acetonemia é importante que haja o aumento da glicose, que pode se dá via gliconeogênese estimulada por glicocorticóides e/ou pelo uso de terapias de glicose seguido por administração oral de seus precursores.

Para Fleming (1993), a terapia de glicocorticóides é um tratamento indispensável para animais em situações críticas, pois proporciona redução do surgimento de corpos cetônicos devido a utilização do chamado acetil-CoA, resultante da oxidação dos ácidos graxos que eleva os níveis glicêmicos no sangue em decorrência de aumento na disponibilidade de precursores de glicose no fígado. Na terapia à base de glicocorticóides, é importante administrar uma dose única, de modo que 20 mg (0,04 mg/kg de peso corporal) de dexametasona podem ser repetidos 2-3 dias após a primeira dose, podendo realizar um reforço de 10 mg de SID dexametasona dentro de 3 a 4 dias após a dose inicial, sempre observando a dosagem para não correr o risco de uso em excesso, que pode causar redução da ingestão de alimentos, enfraquecimento do animal e risco de hipocalcemia e hipocalcemia (Santos, 2008).

2.3 Controle e prevenção de distúrbios metabólicos

A prevenção da acidose ruminal pode ser realizada por meio do fornecimento de dietas que não alteram a microbiota ruminal e que proporcione uma alta taxa de fermentação de ácidos graxos no rúmen. Além disso, os animais que são criados à pasto ao serem submetidos a uma nova dieta rica em grãos ou em carboidratos solúveis devem ser adaptados, de modo que o fornecimento do alimento ocorra de forma gradual (Neto et al, 2014). Outra alternativa é a utilização de aditivos à alimentação, a exemplo os antibióticos como ionóforos, monensina sódica e a lasalocida, sendo estes importantes para redução da incidência da acidose, e para o melhoramento da eficiência alimentar (Santos, 2008).

O uso de aditivos como bicarbonato de sódio, alimentação bacteriana direta e monensina podem modificar a microbiota ruminal e auxiliar na minimização da acidose. Tamponantes pode também ser gradualmente fornecido a alimentação das vacas leiteiras como forma de prevenção (Beauchemin & Penner, 2009). De acordo Neto et al. (2014) a alimentação de forma intensiva deve ser evitada aos bovinos de corte que tem idade abaixo dos 14 meses, isso decorre do efeito deletério que pode causar aos cascos dos animais.

3. Metodologia

A metodologia utilizada para esta revisão consistiu na busca de literaturas em portal de periódicos e base de dados relacionadas ao título, leitura e interpretação dos conteúdos, bem como delimitação e organização das informações extraídas (Bezerra et al., 2020).

A revisão foi conduzida para descrever o perfil clínico, laboratorial e terapêutico da acidose e cetose ruminal por serem transtornos metabólicos que tem gerado impactos negativos à saúde animal e prejuízos econômicos aos produtores. A escolha e leitura dos artigos foram realizadas no mês de março de 2022, por meio de consultas no portal de periódicos, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde (BVS), Elsevier, *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (PubMed/MEDLINE), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Google Scholar, com as seguintes palavras chaves na busca: ruminantes, acidose, cetose, diagnóstico, nutrição. Dentre os materiais selecionados, se encontram artigos originais, livros, artigos de revisão, trabalhos publicados por laboratórios responsáveis pela análise das amostras para determinar o diagnóstico e prognóstico dos distúrbios metabólicos, anais de eventos e trabalhos de conclusão de curso/dissertação.

Na pesquisa dos artigos não foi utilizado critério de inclusão que visasse o ano de publicação no intuito de identificar nas literaturas a evolução das doenças metabólicas comuns em ruminantes, visto que, os estudos na medicina veterinária sobre as doenças metabólicas destacadas se intensificaram a partir da década de 60. Isto pois, a cetose foi identificada nesse período, e a acidose láctica ruminal (ALR) em 1863 por Reiset, como descrito por Maruta (2000). No entanto, somente prevaleceu no processo seletivo os materiais contendo informações fidedignas, determinadas a partir das fontes que foram publicados e de comparações entre informações dos trabalhos.

Selecionou-se os materiais pelo título, conteúdo abordado no resumo e pela linguagem, em português, inglês ou espanhol. Para o auxílio na tradução dos artigos em inglês fez uso de ferramentas computacionais online. Durante o período de leitura, houveram fichamentos destacando conceitos, objetivos, histórico e perfil clínico-laboratorial de acidose e cetose ruminal para dar início a escrita da revisão de literatura, que conforme os tópicos estruturais, extraíram as ideias essenciais e incluíram no trabalho.

A exclusão dos artigos ocorreu no período de leitura, considerando a análise dos pontos presentes no fichamento na Quadro 1. Priorizou no início, o título e a referência bibliográfica para evitar repetição dos artigos, sendo destacados em negrito. Na introdução sublinhou os conceitos abordados sobre os distúrbios metabólicos e o objetivo do trabalho, na metodologia o histórico dos processos executados e avaliados, e nos resultados e discussões enfatizou o perfil clínico-laboratorial da acidose e

cetose. Foram destacados também em negrito para demarcar início e fim. Não considerou a conclusão no fichamento porque teve-se como intuito compreender o contexto abordado e defini-la com o aprendizado adquirido durante a leitura.

Quadro 1 - Modelo do fichamento para seleção dos artigos.

Título:
Referência:
Introdução: destaque dos conceitos e objetivo.
Metodologia: histórico.
Resultados e discussão: perfil clínico-laboratorial.

Fonte: Autores (2021).

3. Resultados

Este estudo realizou uma revisão da literatura através da seleção e revisão de trabalhos para buscar a compreensão dos distúrbios metabólicos, nesse caso, acidose e cetose ruminal, avaliando as características laboratoriais, clínicas e terapêuticas. Foram avaliados os métodos de diagnóstico e quais impactos essa enfermidade tem causado aos animais e aos produtores, e como os médicos veterinários podem intervir para evitar a ocorrência desses distúrbios.

A literatura explorada é composta por 61 artigos que possibilitaram atingir o objetivo da revisão. Desse total, observou-se que houve intensificação das pesquisas a partir do ano 2000 devido ao número de trabalhos publicados nos anos seguintes relacionados ao tema em questão. De acordo com o tipo do material são 32 artigos originais, 7 livros, 15 artigos de revisão, 1 trabalho de laboratório, 2 trabalhos de anais de eventos e 4 trabalhos de conclusão de curso/dissertação. Foram selecionados 35 no idioma português, 25 no idioma inglês e 1 no idioma espanhol. Esses dados foram contabilizados utilizando as informações presentes na Quadro 1.

Quanto à caracterização dos estudos selecionados em título, referência, introdução, metodologia e resultados e discussão nos fichamentos, os objetivos foram evitar a repetição de referência dos materiais por parte dos autores e identificar trabalhos que se adequassem ao conteúdo ou que contribuíssem para a escrita do mesmo apresentando informações relevantes para serem adicionadas à metodologia da revisão. Nessa perspectiva, o uso desse método possibilitou revisar pontos importantes durante a escrita, facilitando o acesso às informações destacadas e consideradas relevantes no momento da leitura. Assim, percebe-se que a delimitação da função do fichamento por Rodrigues (2010) é coerente com a prática, pois enfatiza a possibilidade de o pesquisador recorrer com praticidade a um conjunto de informações indispensáveis de uma pesquisa já consultada.

Quadro 2 - Caracterização da literatura explorada segundo o ano, título, autores, tipo de material e idioma.

Ano	Título	Autores	Tipo do material/Idioma
1981	Indigestiones en el bovino.	Dirksen, G.	Livro/Espanhol.
1993	Cetose dos ruminantes (acetonemia).	Fleming, S. A.	Livro/Português.
2000	Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle.	Agnew, R. E., & Yan, T.	Artigo de revisão/Inglês.
2000	Comparação da susceptibilidade de bovinos das raças Jersey e Gir à acidose láctica ruminal, induzida experimentalmente com sacarose.	Maruta, C. A.	Dissertação de Mestrado/Português.
2000	Evaluation of Eight Cow-Side Ketone Tests in Milk for Detection of Subclinical Ketosis in Dairy Cows.	Geishauser, T. et al.	Artigo original/Inglês.
2002	Susceptibilidade de bovinos das raças Jersey e Gir à acidose láctica ruminal: II – Acidose Metabólica e metabolização do Lactato-L	Maruta, C. A. & Ortolani, E. L.	Artigo original/Português
2003	Diagnóstico e tratamento de alterações ácido-básicas em ruminantes.	Ortolani, E. L.	Trabalho de anais de eventos/Português.
2005	Determinação de corpos cetônicos na urina como ferramenta para o diagnóstico rápido de cetose subclínica bovina e relação com a composição do leite.	Campos, et al.	Artigo original/Português.
2005	Inducing Subacute Ruminal Acidosis in Lactating Dairy Cows.	Krause, K. M., & Oetzel, G. R.	Artigo original/Inglês.
2007	Ruminal Acidosis in Beef Cattle: The Current Microbiological.	Nagaraja, T. G., & Titgemeyer, E. C.	Artigo original/Inglês.
2007	Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Herds: Physiology, Pathophysiology, Milk Fat Responses, and Nutritional Management.	Oetzel, G. R.	Artigo original/Inglês
2007	Veterinary Medicine.	Radostits, et al.	Livro/Inglês.
2007	Características do fluido ruminal de ovinos Santa Inês criados extensivamente em Pernambuco.	Vieira, A. C. S., Afonso, J. A. B., & Mendonça, C. L.	Artigo original/Português.
2008	Cetose - Revisão de Literatura.	Santos, T. A. B.	Artigo de revisão/Português.
2009	New developments in understanding ruminal acidosis in dairy cows.	Beauchemin, K., & Penner, G.	Artigo original/Inglês.
2009	Acidose Láctica Ruminal Aguda em Caprinos.	Oliveira, D. M., et al.	Artigo original/Português.
2009	Increased blood concentration of isopropanol in ketotic dairy cows and isopropanol production from acetone in the rumen.	Sato, H.	Artigo original/Inglês.
2009	Distúrbios metabólicos por manejo alimentar inadequado em ruminantes: novos conceitos	Van Cleef, et al.	Artigo original/Português.

2009	Alfalfa pellet-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows increases bacterial endotoxin in the rumen without causing inflammation.	Khafipour, E., Krause, D. O., & Plaizier, J. C.	Artigo original/Inglês
2010	Blood Biochemical Parameters and Enzyme Activity in Beef Cattle.	Dokovic, R., Ilic, Z., & Jasovic, B.	Artigo original/Inglês.
2010	Aspectos clínicos da indução experimental de acidose láctica ruminal em zebuínos e taurinos.	Ortolani, E. L., Maruta, C. A., & Minervino, A. H. H.	Artigo original/Português.
2010	Metodologia científica.	Rodrigues, A. J.	Livro/Português.
2011	Distúrbios metabólicos.	Santos, J. E. P.	Livro/Português.
2012	Evaluation of diagnostic measures for subacute ruminal acidosis in dairy cows.	Li, S. et al.	Artigo original/Inglês.
2013	Elevated non-esterified fatty acids and β -hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance.	McArt, J. A. A. et al.	Artigo de revisão/Inglês.
2013	Indução experimental de acidose ruminal em bovinos.	Noronha Filho, et al.	Artigo original/Português.
2013	Avaliação das características do líquido ruminal, hemogasometria, atividade pedométrica e diagnóstico de laminite subclínica em vacas leiteiras.	Rodrigues, M. et al.	Artigo original/Português.
2014	Metabolic disorders in ruminants - A Review.	Neto, J. A. S. et al.	Artigo de revisão/Inglês.
2014	Ruminal Acidosis in Feedlot: from aetiology to prevention.	Hernández, J. et al.	Artigo original /Inglês.
2015	Cetose em vacas leiteiras de alta produção.	Bonato, D. V. et al.	Artigo original/Português.
2015	Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária.	Thrall, M. A.	Livro/Português.
2015	Validação da determinação de β -hidroxibutirato por meio de glicosímetro portátil em ovelhas para diagnóstico da toxemia da prenhez.	Ribeiro, A. F.	Dissertação/Português
2016	Sub acute ruminal acidosis and its consequence in dairy cattle: a review of past and recent research at global prospective.	Abdela, N.	Artigo de revisão/Inglês.
2016	Cetose bovina - revisão da literatura	Batista, F. C. C., Auria, E., & Lega E.	Artigo de revisão/Português
2016	Impact of Subacute Ruminal Acidosis (SARA) on Milk Yield and Milk Fat Content in Crossbred Dairy Cows.	Bipin K. C., Ramesh P. T., & Yathiraj, S.	Artigo original/Inglês.
2016	Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal	Oliveira, V. S. et al.	Artigo de revisão/Português
2017	Avaliação da cetose subclínica na produção leiteira e desempenho reprodutivo de vacas de alta lactação até cem dias pós partos.	Gambim, L. S.	Trabalho de Conclusão/Português
2017	Semiologia veterinária: a arte do diagnóstico.	Feitosa, F. L. F.	Livro/Português.

2017	Acidose láctica ruminal em bovinos: aspectos clínicos, métodos diagnósticos e terapias de tratamento.	Lima, C. L., & Martins, W. D. C.	Artigo original/Português.
2017	Diagnosis and Management of Rumen Acidosis and Bloat in Feedlots.	Meyer, N. F., & Bryant, T. C.	Artigo original/Inglês.
2017	Subacute Rumen Acidosis in Dairy Herds: Physiology, Pathophysiology, Milk Fat Responses, and Nutritional Management.	Oetzel, G. R.	Artigo original/Inglês.
2017	Diagnóstico de Doenças Metabólicas em Vacas no Periparto.	Müller, L. G. H., & Hartmann, W.	Artigo original/Português.
2017	Ruminal acidosis: strategies for its control.	López, E. J. et al.	Artigo original/Inglês
2017	Microbiota ruminal: diversidade, importância e caracterização	Wlodarski, L. et al.	Artigo de revisão/Português
2017	Performance, carcass traits, meat quality and amino acid profile of different Japanese quails strains	Nasr, M. A. F., Ali, E. M. R., & Hussein, M. A.	Artigo Original/Português
2018	Comparação entre o teste de fita reagente através da urina e o teste de beta-hidroxibutirato pelo sangue para detecção de cetose em vacas lactantes.	Geron, et al.	Artigo original/Português.
2018	Acidose metabólica da raça Angus: relato de caso.	Angst, J. P. et al.	Trabalho de anais de evento/Português
2018	Doze leituras em bioquímica clínica veterinária.	González, Félix.	Trabalho de laboratório/Português.
2019	Ketosis and its Economic Importance in Dairy Cattle: A Review.	Getachew, T.	Artigo de revisão/Inglês
2020	Clinical, hematological and ruminal fluid characteristics of beef cattle receiving a "Max Beef" whole grain diet.	Alcantara, U. A. A. et al.	Artigo original/Inglês.
2020	Os vulneráveis no período do COVID-19: uma revisão integrativa de literatura.	Bezerra, D. R. C. et al.	Artigo de revisão/Português.
2020	Aspectos clínicos, epidemiológicos, diagnóstico, tratamento e prevenção da cetose em vacas leiteiras: revisão	Delamura, B. B., Souza, V. J. T., & Fukumoto, N. M.	Artigo de revisão/Português.
2020	Avaliação do fluido ruminal: revisão de literatura.	Pimentel, M. M. et al.	Artigo de revisão/Português
2020	Ocorrência de acidose ruminal subclínica (sara) secundária à elevada suplementação com soro de leite bovino em rebanho caprino.	Silva Júnior, A. et al.	Artigo original/Português.
2020	Influência do sistema de produção na concentração de b-hidroxibutirato no pós-parto de cabras leiteiras	Silva, A. M. M.	Dissertação/Português
2020	Acidose ruminal subaguda: aspectos clínicos, diagnóstico e prevenção	Sabes, A. F.	Artigo de revisão/Português.

2020	Ketosis an Old Story Under a New Approach.	Zhang, G., & Ametaj, J. B. N.	Artigo Original/Inglês
2021	Hipocalcemia e cetose - principais doenças metabólicas da vaca leiteira durante o período de transição - uma revisão de literatura.	Proto, M.G., Barros, M. C. B., & Barbosa, B. S.	Artigo de revisão/Português.
2021	Diseases of the gastrointestinal system	Bayne, J. E., & Edmondson, M. A.	Artigo Original/ Inglês
2021	Subclinical ketosis risk prediction in dairy cows based on prepartum metabolic indices	Wang, D. et al.	Artigo Original/Inglês
2022	Subacute ruminal acidosis in dairy herds: Microbiological and nutritional causes, consequences, and prevention strategies. Animal Nutrition	Elmhadi, M. E.	Artigo de revisão/Inglês

Fonte: Autores (2022).

4. Discussão

Com a interpretação dos materiais, notou-se uma evolução nos estudos sobre transtornos metabólicos na área de Medicina Veterinária com o decorrer dos anos, evidenciando uma preocupação com o bem-estar dos animais e busca por métodos diagnósticos baseados no perfil-clínico laboratorial.

Os resultados dessa revisão mostraram que os artigos encontrados delinearão a importância do diagnóstico de distúrbios metabólicos em animais ruminantes, tendo em vista os impactos negativos proporcionados à saúde do animal, como também para os produtores, considerando esses prejuízos, principalmente em questão de produtividade. Os trabalhos analisados denotam animais apáticos, que apresentaram perda da condição corporal em consequência da baixa ingestão alimentar, e uma queda significativa na produção como perfil clínico em animais acometidos pela acidose metabólica ruminal (Lima & Martins, 2017; Alcantara et al., 2020).

A avaliação do líquido ruminal torna-se uma ferramenta importante para o diagnóstico de disfunções no metabolismo de ruminantes, a partir da análise de suas características. Estudos do González (2018) e de Alcantara et al. (2020), demonstraram que em animais com perfil de acidose metabólica, o líquido ruminal apresenta-se como material de coloração acinzentada, odor ácido e aspecto leitoso-aquoso.

Além disso, exames hemogasométricos podem auxiliar no diagnóstico. De acordo com estudos de Abdela (2016), animais com acidose podem apresentar elevação da pressão parcial de gás carbônico (pCO₂), redução da taxa da pressão parcial de oxigênio (pO₂), além de uma diminuição no pH sanguíneo. Ademais, baseado nos trabalhos de Bipin et al. (2016), o perfil do hemograma de animais com acidose indicou alterações como leucocitose por neutrofilia, policitemia e uma hemoconcentração. Além dos métodos de diagnóstico, a prevenção dos transtornos metabólicos em ruminantes poderá ser alcançada desde que os animais sejam submetidos a um período de adaptação frente a novas dietas, tendo em vista a manutenção do pH e da microbiota ruminal (Alcantara et al., 2020).

Já a cetose em ruminantes, representa um dos distúrbios que mais acomete vacas, principalmente no final da gestação. Estudos que caracterizam o perfil clínico de animais com cetose descreveram sinais como perda de peso, queda na produção de leite e odor característico de cetona na urina, leite e respiração (Geron et al., 2018; Proto et al., 2021). No perfil laboratorial de animais com cetose, os estudos encontrados demonstraram elevação dos corpos cetônicos, bem como diminuição nos níveis de glicose (Bonato et al., 2015). Quanto ao diagnóstico, os autores determinam que a identificação se dá através da mensuração de corpos cetônicos no leite e na urina e níveis de glicose no sangue (Delamura et al., 2020). Geron et al. (2018), também avaliaram

a utilização de fitas reagentes para medição de corpos cetônicos e os métodos utilizados foram significativos para diagnosticar esse distúrbio metabólico à campo.

5. Considerações Finais

Com base no trabalho realizado percebe-se que a acidose e cetose ruminal têm um impacto negativo para a saúde dos animais, implicando em perdas econômicas para os produtores de ruminantes. Embora na literatura constata-se a evolução nas pesquisas clínicas e terapêuticas dessas enfermidades, o manejo alimentar incorreto dos animais nos dias atuais ainda é evidente. O equilíbrio da flora ruminal e da adaptação alimentar são importantes para evitar mudanças abruptas na dieta dos animais e prevenir a ocorrência desses distúrbios metabólicos.

O perfil clínico-laboratorial é uma importante ferramenta para evitar altos níveis de mortalidade, bem como perdas econômicas, seja por óbito de um animal ou diminuição na produção de carne e leite por alterações secundárias no organismo do indivíduo. Nesse sentido se faz pertinente a sua utilização na identificação ou monitoramento profilático da acidose e cetose ruminal. É necessário que informações a respeito dos métodos de diagnósticos, prevenção, controle e terapêutica dessas afecções estejam sempre sendo atualizadas pelos médicos veterinários, visando assim, o bem-estar animal e menores prejuízos na pecuária.

As informações apresentadas, apontam para a necessidade e importância da renovação literária estabelecida pelo desenvolvimento de novas pesquisas na área, possibilitando o compartilhamento ininterrupto de atualizações sobre as doenças metabólicas abordadas.

Referências

- Abdela, N. (2016). Sub acute ruminal acidosis and its consequence in dairy cattle: a review of past and recent research at global prospective. *Achievements in the Life Science*, 10(2):187-196. <https://doi.org/10.1016/j.als.2016.11.006>.
- Agnew, R. E., & Yan, T. (2000). Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livestock Production Science*, 66(3):197-215. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00161-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00161-5).
- Angst, J. P. et al. (2018). Acidose metabólica da raça Angus: relato de caso. XXIII seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão: ciência e diversidade.
- Alcantra, U. A. A. et al. (2020). Clinical, hematological and ruminal fluid characteristics of beef cattle receiving a "Max Beef" whole grain diet. *Research, Society and Development*, 9(7):1-20. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4698>.
- Batista, F. C. C., Auria, E., & Lega E. (2016). Cetose bovina - revisão da literatura. *Nucleus Animalium*, 8(1):21-29. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1594>.
- Bayne, J. E., & Edmondson, M. A. (2021). Diseases of the gastrointestinal system. Sheep, Goat, And Cervid Medicine, *Elsevier*, p. 63-96. <https://doi.org/10.1016%2FB978-0-323-62463-3.00014-1>.
- Beauchemin, K. & Penner, G. (2009). New developments in understanding ruminal acidosis in dairy cows. *Tri-State Dairy Nutrition Conf*, 1-12 p.
- Bezerra, D. R. C. et al. (2020). Os vulneráveis no período do COVID-19: uma revisão integrativa de literatura. *Research, Society And Development*, 9(10).<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8860>.
- Bipin K. C., Ramesh P. T., & Yathiraj, S. (2016). Impact of Subacute Ruminal Acidosis (Sara) on Milk Yield and Milk Fat Content in Crossbred Dairy Cows. Paripex - *Indian Journal of Research*, 5(4):290-292. <https://www.doi.org/10.36106/paripex>.
- Bonato, D. V. et al. (2015). Cetose em vacas leiteiras de alta produção. Revisão Investigação de Medicina Veterinária, 14(6):96-101. <https://doi.org/10.26843/investigacao.v14i6.1137>.
- Campos, R. et al. (2005). Determinação de corpos cetônicos na urina como ferramenta para o diagnóstico rápido de cetose subclínica bovina e relação com a composição do leite. *Archives of Veterinay Science*, 10(2):49-54. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v10i2.4413>.
- Delamura, B. B., Souza, V. J. T., & Fukumoto, N. M. (2020). Aspectos clínicos, epidemiológicos, diagnóstico, tratamento e prevenção da cetose em vacas leiteiras: revisão. *Pubvet*, 14(10):1-7. <http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v14n10a672.1-7>.
- Dirksen, G. (1981). Indigestiones en el bovino. München: Schnetztor-Verlag GmbH Konstanz, p. 73.
- Dokovic, R, Ilic, Z, & Jasovic, B. (2010). Blood Biochemical Parameters and Enzyme Activity in Beef Cattle. *Acta Agriculturae Serbica*, 15(29):47-54. doi=10.1.1.1087.2481&rep=rep1&type=pdf.
- Elmhadi, M. E. et al. (2022). Subacute ruminal acidosis in dairy herds: Microbiological and nutritional causes, consequences, and prevention strategies. *Animal Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.12.008>.

- Feitosa, F. L. F. (2017). *Semiologia veterinária: a arte do diagnóstico*. 3. ed. São Paulo: Roca, p. 627.
- Fleming, S. A. (1993). Cetose dos ruminantes (acetonemia). In: Smith, B. P. *Tratado de Medicina Interna de Grandes Animais*. São Paulo: Editora Manole, 2:1297-1304.
- Gambim, L. S. (2017). Avaliação da cetose subclínica na produção leiteira e desempenho reprodutivo de vacas de alta lactação até cem dias pós partos. Universidade federal do rio grande do sul.
- Geishhauser, T. et al. (2000). Evaluation of Eight Cow-Side Ketone Tests in Milk for Detection of Subclinical Ketosis in Dairy Cows. *Journal Of Dairy Science*, 83(2):296-299. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)74877-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)74877-6).
- Geron, C. C. et al. (2018). Comparação entre o teste de fita reagente através da urina e o teste de beta-hidroxibutirato pelo sangue para detecção de cetose em vacas lactantes. *Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública*, 5(2):137. <http://dx.doi.org/10.4025/revcivet.v5i2.41111>.
- Getachew, T. (2019). Ketosis and its economic importance in dairy cattle: a review. *Dairy and Vet Science Journal*, 10(5). <http://dx.doi.org/10.19080/JDVS.2019.10.555800>.
- González, Félix. (2018). Doze leituras em bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre, p. 159.
- Hernández, J. et al. (2014). Ruminal Acidosis in Feedlot: from aetiology to prevention. *The Scientific World Journal*, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/702572>.
- Khafipour, E., Krause, D. O., & Plaizier, J. C. (2009). Alfalfa pellet-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows increases bacterial endotoxin in the rumen without causing inflammation. *Journal Of Dairy Science*, 92(4):1712-1724. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1656>.
- Krause, K. M., & Oetzel, G. R. (2005). Inducing Subacute Ruminal Acidosis in Lactating Dairy Cows. *Journal Of Dairy Science*, 88(10):3633-3639. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)73048-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)73048-4).
- Li, S. et al. (2012). Evaluation of diagnostic measures for subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 92(3):353–364. <https://doi.org/10.4141/cjas2012-004>
- Lima, C. L. & Martins, W. D. C. (2017). Acidose láctica ruminal em bovinos: aspectos clínicos, métodos diagnósticos e terapias de tratamento. *Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública*, 4:184-189. <https://doi.org/10.4025/revcivet.v4i0.37138>.
- López, E. J. et al. (2017). Ruminal acidosis: strategies for its control. *Austral Journal Of Veterinary Sciences*, 49:139-148. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322017000300139>.
- Maruta, C. A. (2000). Comparação da susceptibilidade de bovinos das raças Jersey e Gir à acidose láctica ruminal, induzida experimentalmente com sacarose. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e zootecnia da Universidade de São Paulo, p. 120. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10136/tde-24072007-082404/publico/Celso_Akio_Maruta.pdf.
- Maruta, C. A., & Ortolani, E. L. (2002). Susceptibilidade de bovinos das raças Jersey e Gir à acidose láctica ruminal: II – Acidose Metabólica e metabolização do Lactato-L. *Ciência Rural*, 32(1): 61-65.
- Meyer, N. F., & Bryant, T. C. (2017). Diagnosis and Management of Rumen Acidosis and Bloat in Feedlots. *Vet Clin Food Anim.* 3ed. 33:481-498. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.06.005>.
- McArt, J. A. A. et al. (2013). Elevated non-esterified fatty acids and β -hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *The Veterinary Journal*, 198(3):560-570. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.08.011>.
- Müller, L. G. H. & Hartmann, W. (2017). Diagnóstico de Doenças Metabólicas em Vacas no Periparto. *Ciência e Cultura*, (54):81-100.
- Nagaraja, T. G., & Titgemeyer, E. C. (2007). Ruminal Acidosis in Beef Cattle: The Current Microbiological. *Journal of Dairy Science*. 90(7):17–38. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-478>.
- Nasr, M. A. F., Ali, E. M. R., & Hussein, M. A. (2017). Performance, carcass traits, meat quality and amino acid profile of different Japanese quails strains. *Journal Of Food Science And Technology*, 54(13):4189-4196. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-017-2881-4>.
- Neto, J. A. S. et al. (2014). Metabolic disorders in ruminants - A Review. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 8(4):157-186. <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20140141>.
- Noronha Filho, A. D. F. et al. (2013). Indução experimental de acidose ruminal em bovinos. *Enciclopedia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, 9(17):1655.
- Oetzel, G. R. (2007). Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Herds: Physiology, Pathophysiology, Milk Fat Responses, and Nutritional Management. In: *American Association of Bovine Practitioners*.
- Oliveira, D. M., et al. (2009). Acidose Láctica Ruminal Aguda em Caprinos. *Ciência Animal Brasileira*, 1: 117–122.
- Oliveira, V. S. et al. (2016). Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. 22(2):1-18.
- Ortolani, E. L. (2003). Diagnóstico e tratamento de alterações ácido-básicas em ruminantes. In: González, F. H. D., Campos, R. *Anais do I simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 17-29.
- Ortolani, E. L., Maruta, C. A., & Minervino, A. H. H. (2010). Aspectos clínicos da indução experimental de acidose láctica ruminal em zebuínos e taurinos. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 47(4):253–261.
- Pimentel, M. M. L. et al. (2020). Avaliação do fluido ruminal: revisão de literatura. Impacto, Excelência e Produtividade das Ciências Agrárias no Brasil. *Atena Editora*, 4:160-173. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.53720210515>.

- Proto, M. G., Barros, M. C. B., & Barbosa, B. S. (2021). Hipocalcemia e cetose - principais doenças metabólicas da vaca leiteira durante o período de transição - uma revisão de literatura. *Revista Agrária Acadêmica*, 4(5):130-141. <http://dx.doi.org/10.32406/v4n5/2021/130-141/agrariacad>.
- Radostits, O. M. et al. (2007). *Veterinary Medicine*. 3.ed. St. Louis: Elsevier, p. 2156.
- Ribeiro, A. F. (2015). Validação da determinação de β -hidroxibutirato por meio de glicosímetro portátil em ovelhas para diagnóstico da toxemia da prenhez. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de ciências agrárias. Programa de pós-graduação em ciências veterinárias.
- Rodrigues, A. J. (2010). Metodologia científica. 3ed. rev. Ampl. Aracaju: UNIT. (Série bibliográfica Unit; v. 1).
- Rodrigues, M. et al. (2013). Avaliação das características do líquido ruminal, hemogasometria, atividade pedométrica e diagnóstico de laminite subclínica em vacas leiteiras. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 33(1):99-106. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-736x2013001300016>.
- Sabes, A. F. (2020). Acidose ruminal subaguda: aspectos clínicos, diagnóstico e prevenção. *Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação*, 1(1):90-106.
- Santos, T. A. B. (2008). Cetose - Revisão de Literatura. *Revista científica eletrônica de medicina veterinária*, 10.
- Santos, J. E. P. (2011). Distúrbios metabólicos. In: T. T. Berchielli, A. V Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes*. Issue 2th ed., 1:439–520.
- Sato, H. (2009). Increased blood concentration of isopropanol in ketotic dairy cows and isopropanol production from acetone in the rumen. *Animal Science Journal*, 80(4):381-386. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00649.x>.
- Silva, A. M. M. (2020). Influência do sistema de produção na concentração de b-hidroxibutirato no pós-parto de cabras leiteiras. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias Faculdade de Medicina Veterinária.
- Silva Júnior, A. et al. (2020). Ocorrência de acidose ruminal subclínica (sara) secundária à elevada suplementação com soro de leite bovino em rebanho caprino. *Investigação Científica e Técnica em Medicina Veterinária*, 2:114-128. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.14220280713>.
- Thrall, M. A. (2015). *Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária*. 2ª ed. Roca, São Paulo, p. 678.
- Van Cleef, E. et al. (2009). Distúrbios metabólicos por manejo alimentar inadequado em ruminantes: novos conceitos. *Revista Colombiana De Ciencia Animal*, 1(2):319–341. <https://doi.org/10.24188/recia.v1.n2.2009.376>.
- Vieira, A. C. S., Afonso, J. A. B., & Mendonça, C. L. (2007). Características do fluido ruminal de ovinos Santa Inês criados extensivamente em Pernambuco. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 27(3):110-114. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-736x2007000300005>.
- Wang, D. et al. (2021). Subclinical ketosis risk prediction in dairy cows based on prepartum metabolic indices. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 73(1): 11-17. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12079>
- Wlodarski, L. et al. (2017). Microbiota ruminal: diversidade, importância e caracterização. *Revista eletrônica de Veterinária*. 18(11):1-20.
- Zhang, G., & Ametaj, J. B. N. (2020). Ketosis an Old Story Under a New Approach. *Dairy*, 1(1):42-60. <https://doi.org/10.3390/dairy1010005>