

## Parâmetros sanguíneos como ferramenta zootécnica

Benito Soto-Blanco<sup>1</sup>

### Resumo

As determinações de diversos compostos no sangue podem servir como ferramenta auxiliar para avaliar os metabolismos proteico e energético, identificar deficiências nutricionais e intoxicações por macro- e microelementos, monitorar o exercício físico e determinar alguns marcadores genéticos. As amostras devem ser coletadas de um grupo representativo de animais para poder identificar o estado de todo o rebanho. O tipo de amostra sanguínea a ser empregada varia de acordo com o teste a ser utilizado, podendo ser o soro, o plasma ou o sangue total. O conhecimento de quais são os parâmetros a serem avaliados e como interpretar os resultados das análises são essenciais para o adequado uso desta ferramenta.

**Palavras-chave:** Metabólitos sanguíneos. Perfil metabólico. Deficiências nutricionais. Distúrbios metabólicos. Marcadores fisiológicos.

### Introdução

As determinações de diversos compostos no sangue podem servir como ferramenta auxiliar para avaliar o balanço nutricional (proteico e energético) dos rebanhos, identificar deficiências nutricionais e intoxicações por macro- e microelementos, monitorar o exercício físico e determinar alguns marcadores genéticos. As amostras devem ser coletadas de um grupo representativo de animais para poder identificar o estado de todo o rebanho.

### Amostras sanguíneas

As amostras de sangue podem ser coletadas com ou sem anticoagulante. Na ausência do anticoagulante, o sangue irá coagular, e o fluido sobrenadante formado é denominado soro. A centrifugação da amostra com anticoagulante terá como sobrenadante o plasma. Assim, o soro e o plasma possuem quase a mesma composição, exceto por componentes envolvidos

<sup>1</sup>Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. e-mail: benito.blanco@pq.cnpq.br

na coagulação sanguínea. Muitas análises bioquímicas podem ser realizadas tanto em soro quanto em plasma, mas determinadas metodologias demandam um tipo específico de amostra. Para as determinações em eritrócitos, o sangue deverá ser coletado com anticoagulante (HENDRIX; SIROIS, 2007).

Os anticoagulantes mais utilizados são o ácido etilenodiamina tetra-acético (EDTA), a heparina e o citrato. O EDTA é um quelante do cálcio, impedindo sua utilização para a ativação dos fatores da coagulação. Trata-se do melhor anticoagulante para a determinação do hemograma, promovendo pouca interferência na morfologia das células sanguíneas, mas pode interferir com a atividade de algumas enzimas plasmáticas. A heparina inibe a conversão da protrombina em trombina, impede a conversão do fibrinogênio em fibrina e reduz a aglutinação das plaquetas. O citrato também é quelante do cálcio; diferente do EDTA, a adição de cálcio pode reverter esta ação quelante, sendo bastante útil para a avaliação da hemostasia (HENDRIX; SIROIS, 2007).

Deve-se tomar cuidado para evitar a ruptura dos eritrócitos durante a coleta, o transporte ou processamento das amostras sanguíneas. Elementos presentes no interior dos eritrócitos podem interferir com diversas análises bioquímicas, geralmente resultando em valores falsamente elevados (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## **Metabólitos do metabolismo energético**

### **Lipídeos totais**

Os lipídeos são essenciais para o organismo, pois servem como fonte de energia, são componentes das membranas celulares e participam da síntese de hormônios. Os lipídeos totais do sangue são constituídos pelo colesterol, fosfolipídeos e triglicerídeos. Os níveis plasmáticos de lipídeos totais são diretamente dependentes da dieta. Estes níveis podem estar baixos em animais jovens e durante a gestação. A caquexia e o período pós-parto de vacas leiteiras de alta produção são condições nas quais os níveis de lipídeos totais frequentemente estão elevados (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

### **Colesterol**

As fontes de colesterol no organismo são a dieta e a síntese hepática. É utilizado no organismo como precursor para a síntese de hormônios esteroides e dos ácidos biliares. Na circulação sanguínea, o colesterol é transportado ligado às lipoproteínas de alta (HDL), baixa (LDL) e muito baixa (VLDL) densidades (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

Os níveis sanguíneos de colesterol são influenciados por fatores fisiológicos e dietéticos, além das condições patológicas. Os níveis de colesterol aumentam durante a gestação, o início da lactação e em animais velhos, e reduzem no período pré-parto. Sem interferência de outros fatores, os níveis de colesterol no sangue são inversamente proporcionais à atividade da glândula tireoide. O consumo de alimentos ricos em gorduras contribui para a elevação dos níveis de colesterol, enquanto a deficiência dietética de energia promove a redução destes níveis (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

### Ácidos graxos livres (AGL ou NEFA)

Os ácidos graxos livres (AGL), também conhecidos como ácidos graxos não esterificados (AGNE ou NEFA - *non-esterified fatty acids*), presentes na circulação sanguínea são provenientes das gorduras da dieta e do metabolismo dos triglicerídeos dos depósitos nos adipócitos. A determinação destes compostos é bastante útil para a avaliação do metabolismo energético dos ruminantes, principalmente em bovinos. O aumento da concentração de AGL no plasma indica aumento de sua mobilização em decorrência da deficiência de energia, como ocorre na privação de alimento, em bezerros recentemente desmamados, no período periparto e durante a lactação. A desnutrição severa pode resultar em reduzidos níveis (BERMUDES *et al.*, 2003; GONZÁLEZ; SILVA, 2006; LEBLANC, 2010; MCART *et al.*, 2013; OSPINA *et al.*, 2013).

### Corpos cetônicos

O metabolismo dos ácidos graxos gera corpos cetônicos, como o b-hidroxibutirato (BHB), o acetoacetato e a acetona. O aumento nos níveis sanguíneos dos corpos cetônicos pode ocorrer no jejum prolongado, na cetose dos ruminantes, a deficiência de cobalto e no balanço energético negativo. A cetose dos ruminantes é uma condição de balanço nutricional negativo que ocorre mais frequentemente em vacas leiteiras de alta produção. Os fatores predisponentes incluem o período seco muito prolongado, o peso excessivo após o parto, a episódio da febre do leite, a retenção placentária e a hipomagnesemia. Nas vacas leiteiras, a cetose resulta em redução na produção leiteira e prejudica a fertilidade; a maioria das vacas apresenta distúrbios digestórios, mas algumas apresentam sintomatologia nervosa. A cetose também ocorre em ovelhas, com maior frequência no final da gestação gêmea, e promove efeitos parecidos aos observados em bovinos (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). O BHB pode ser dosado em soro ou plasma, e esta dosagem é utilizada em conjunto com a de AGL para monitorar o balanço energético

negativo em bovinos leiteiros (LEBLANC, 2010; MCART *et al.*, 2013, 2015; OSPINA *et al.*, 2013).

## **Glicose**

A glicose é a principal substância utilizada pelas células para a formação de energia. Nos ruminantes, pouca glicose é absorvida pelo trato gastrointestinal, sendo formada principalmente a partir de precursores como o ácido propiônico e o glicerol. Os níveis de glicose na circulação sanguínea são regulados pelos hormônios insulina e glucagon e são afetados pelas catecolaminas. Assim, a determinação da glicemia não é um indicador sensível do metabolismo energético. Nos ruminantes, a ocorrência de hipoglicemia é indicadora de desequilíbrio energético, como pode ocorrer em vacas durante a lactação e em ovelhas na gestação avançada (toxemia da gestação). Por outro lado, a deficiência de tiamina pode acarretar aumento na glicemia (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## **Lactato**

O lactato é um produto originado a partir da glicólise anaeróbica. A atividade física intensa resulta na produção de grande quantidade desta substância pela musculatura esquelética. Desta forma, a determinação dos níveis de lactato no plasma pode ser um dos parâmetros na avaliação dos programas de treinamento físico de cavalos atletas e para a seleção destes animais. Em ruminantes com súbita alteração da dieta, de forragem para rica em alimentos concentrados, podem apresentar rápida fermentação pela microbiota ruminal de carboidratos solúveis, com conseqüente formação de grande quantidade de lactato (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). Assim, a determinação dos níveis deste produto pode ser utilizada como um dos parâmetros para monitoramento da fermentação ruminal nas mudanças das dietas.

## **Proteínas e compostos nitrogenados**

### **Albumina e outras proteínas**

A albumina é a proteína presente em maior quantidade no soro. A síntese é realizada no fígado, e possui diversas funções como a manutenção da osmolaridade plasmática, o transporte de diversos elementos na circulação sanguínea e a contribuição no controle do pH sanguíneo, além de servir como uma das reservas de proteínas no organismo. Nos casos de deficiência nutricional de proteínas, os níveis de albumina sérica são reduzidos, assim

como os de ureia. Outras causas de redução nos níveis de albumina incluem as disfunções hepáticas, o parasitismo gastrointestinal (principalmente por vermes sugadores de sangue), as lesões renais com perda de albumina pela urina e a síndrome de malabsorção intestinal (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

As proteínas de fase aguda haptoglobulina e amiloide sérico A são úteis como indicadores do estresse (PICCIONE *et al.*, 2012), mas o aumento das concentrações destas duas muitas vezes está associado a inflamação (CRAY *et al.*, 2009; ECKERSALL; BELL, 2010). Os níveis de amiloide A também podem ser determinados no leite, de cada animal ou do tanque, para o monitoramento da sanidade da glândula mamária das vacas (MIGLIO *et al.*, 2013) e ovelhas (WINTER *et al.*, 2006).

Em neonatos, a falha na transferência da imunidade passiva por ausência do consumo do colostro resulta em baixos níveis de globulinas no soro, principalmente de g-globulinas. Os níveis de proteínas totais e a atividade da enzima g-glutamyltransferase (GGT) também estão reduzidos em neonatos com falha no consumo do colostro (GONZÁLEZ; SILVA, 2006; FEITOSA *et al.*, 2006, 2007).

## Creatinina

A creatinina é formada nas células musculares a partir da conversão da creatina, em um processo que libera energia. Assim, o exercício intenso e os danos à musculatura esquelética são processos que resultam em aumento nos níveis séricos da creatinina. No entanto, falhas na capacidade de excreção renal e da circulação sanguínea também promovem aumento destes níveis (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Ureia

A ureia é a principal forma de excreção dos compostos nitrogenados dos organismos mamíferos. A principal via de eliminação da ureia ocorre por meio da urina, mas pequenas quantidades também são eliminadas pelos intestinos e pela glândula mamária. Além do sangue, podem servir como amostras para a determinação da ureia o leite (GOMES *et al.*, 2005) e a saliva (PICCIONE *et al.*, 2006; BRAUN *et al.*, 2010), pois nestas amostras as concentrações estão correlacionadas às do plasma. Os níveis de ureia sofrem importante influência do funcionamento renal e trato urinário, do sistema cardiocirculatório e da dieta. Com relação à dieta, a quantidade de proteínas afeta diretamente os níveis de ureia, com aumento deste níveis por dietas ricas em proteínas e redução por dietas pobres em proteínas. As dietas com

baixos níveis de energia ou com proteínas de baixa qualidade nutricional favorecem o aumento das concentrações da ureia em decorrência do aumento do catabolismo proteico (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Macroelementos e microelementos

Os elementos essenciais que compõe o organismo são classificados como elementos primários, macroelementos e microelementos. Os elementos primários estão presentes em quantidade superior a 2% da composição média do organismo, sendo constituídos pelos elementos oxigênio, carbono, hidrogênio e nitrogênio. Os macroelementos fazem parte de pelo menos 0,05% (ou 0,5 g/kg) da composição corpórea. Este grupo é formado por cálcio, fósforo, potássio, cloro, sódio, enxofre e magnésio. Os microelementos, oligoelementos ou elementos traços, que compõe menos de 0,15% do organismo, são o ferro, o flúor, o zinco, o cobre, o alumínio, o manganês, o iodo, o arsênio, o cobalto, o cromo, o molibdênio, o níquel e o vanádio. Os macro- e microelementos no organismo representam elevada importância na nutrição animal, e as falhas nos balanços dietéticos e de estocagem no organismo resultam na deficiência ou na intoxicação (ORTOLANI, 2011).

## Cálcio

O cálcio é um macroelemento presente no sangue nas formas ionizada e não-ionizada, sendo a primeira a biologicamente ativa. Os níveis plasmáticos são regulados pelos hormônios calcitonina (reduz os níveis) e paratormônio (aumenta os níveis), além da vitamina D, que promove a absorção do cálcio. Este sistema de regulação permite que os níveis plasmáticos do cálcio apresentem relativa pouca variação, assim esta dosagem não é um indicador sensível do estado nutricional deste elemento (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

Dietas ricas em fósforo reduzem a absorção intestinal de cálcio, sendo a proporção ideal de Ca:P na dieta é de 2:1. O excesso de magnésio na dieta promove redução na absorção do cálcio, por meio competição entre os dois elementos pela absorção intestinal. A deficiência de magnésio resulta em redução na capacidade de mobilização do cálcio presentes nos ossos (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

A febre do leite ou paresia do puerpério acomete vacas leiteiras, geralmente de elevada produtividade, sendo caracterizada por hipocalcemia e decúbito. O período mais frequente para a ocorrência deste transtorno é nos três dias seguintes ao parto, sendo mais susceptíveis as vacas mais velhas

e as da raça Jersey Apesar de ser caracterizada por hipocalcemia, a alimentação das vacas com dietas com altos níveis de cálcio no final da gestação não inibe a ocorrência da febre do leite, e pode até aumentar esta incidência por interferir no metabolismo dos hormônios calcitonina e paratormônio. Em éguas, a eclampsia ou tetania puerperal é uma condição pouco frequente que pode ocorrer desde poucos dias antes do parto até três semanas após (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

A hipercalcemia pode ocorrer na alimentação com dietas ricas em cálcio, em casos de intoxicação por vitamina D, no hiperparatireoidismo primário e em alguns casos de neoplasia (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). A intoxicação por vitamina D em bovinos ocorre mais frequentemente por ingestão de plantas que a contem, como *Solanum glaucophyllum* (anteriormente *Solanum malacoxylon*), conhecida como espichadeira, e *Neiremburgia veitchii* (RICCI *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2011).

## Fósforo

O fósforo é um mineral com diversas funções no organismo. A maior quantidade, aproximadamente 80%, são encontrados nos ossos e dentes. Além da constituição do esqueleto, as funções do fósforo no organismo incluem a formação do ATP (essencial para o metabolismo energético) e a participação de moléculas como fosfolipídeos e enzimas. No Brasil, é frequente a ocorrência de solos deficientes em fósforo, resultando em pastagens com baixos níveis. Além disto, dietas ricas em cálcio reduzem a absorção intestinal de fósforo, sendo a proporção ideal de Ca:P na dieta é de 2:1. Os efeitos da deficiência de fósforo incluem a reduzida taxa de crescimento e produção leiteira, a infertilidade e a menor mineralização óssea. Outro efeito da deficiência observado em bovinos é a depravação do apetite (GONZÁLEZ; SILVA, 2006; ORTOLANI, 2011). Os níveis plasmáticos de fósforo são mensurados nas formas inorgânicas de fosfato. Estes níveis estão reduzidos na insuficiência nutricional, nos desbalanços dietéticos e na deficiência de vitamina D (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

O excesso de fósforo na dieta pode prejudicar a absorção intestinal de cobre, magnésio, manganês e zinco. O consumo de dietas com baixa relação de Ca:P aumenta a absorção do fósforo da dieta, com consequente aumento nos níveis plasmáticos (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). A quantidade elevada de cereais na dieta de ovinos e caprinos pode promover elevados níveis de fósforo no plasma, o que pode resultar em urolitíase (presença de cálculos na urina que podem promover obstrução da uretra) (RIET-CORREA *et al.*, 2008). Níveis aumentados também são observados em casos de intoxicação por vitamina D. Ainda, os animais jovens apresentam níveis de fósforo

superiores aos dos animais adultos (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Sódio

O sódio é um elemento com função de manutenção da pressão osmótica e metabolismo da água dos diferentes tecidos, controle do equilíbrio ácido-básico, transmissão de impulsos nervosos e regulação de bombas sódio-potássio ATPase associadas a absorção de nutrientes. As pastagens podem ser deficientes em sódio, com maior frequência nos locais distantes da costa marinha. A deficiência nutricional pode resultar em redução do ganho de peso e produtividade e na depravação do apetite. A intoxicação pelo sal é mais frequente em suínos, muitas vezes associada à privação de água, e acarreta sintomatologia nervosa que pode ser fatal (GONZÁLEZ; SILVA, 2006; ORTOLANI, 2011). O monitoramento dos níveis séricos de sódio pode ser feito para identificação da ocorrência da carência ou intoxicação, mas pode haver interferência pelo funcionamento renal, pelos distúrbios na ingestão de água (insuficiente ou excessiva) e por diversas alterações hidroeletrolíticas (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Magnésio

O magnésio é essencial para o metabolismo de glicídios, lipídeos e proteínas e para a excitabilidade das membranas neuronais e da placa neuromuscular. A ingestão de pastagens com baixos níveis de magnésio pode causar nos bovinos uma condição conhecida como tetania das pastagens ou hipomagnesemia. As vacas em lactação são mais susceptíveis, uma vez que o magnésio é excretado pelo leite. Da mesma forma, os lactentes filhotes de mães com esta deficiência podem apresentar esta deficiência mineral. A determinação dos níveis de magnésio no plasma é uma ferramenta útil para o monitoramento do estado desta substância no organismo (UNDERWOOD; SUTTLE, 2001; GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Ferro

O ferro é o principal componente da hemoglobina, proteína responsável pelo transporte de oxigênio no sangue, além de participar de diversas outras proteínas e enzimas no organismo. A deficiência de ferro é responsável por anemia e é capaz de afetar o crescimento dos animais, além de afetar negativamente a resposta imune dos animais. Esta deficiência pode ser identificada por meio da determinação de seus níveis no plasma. Outra forma é a dosagem da concentração de hemoglobina no sangue, que se



apresenta reduzida caracterizando a anemia; no entanto, diversas doenças e outras deficiências nutricionais também podem causar anemia (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Zinco

O zinco possui diversas funções fisiológicas que incluem o envolvimento no metabolismo do DNA, nos processos de cicatrização, na resposta imune e na regulação do apetite. A carência pode resultar da ingestão de quantidade insuficiente e em decorrência do excesso de cálcio na dieta. A deficiência de zinco é reconhecida como responsável por reduzir a taxa de crescimento, a produção leiteira, a fertilidade masculina e feminina e a sobrevivência embrionária e pós-natal. Outros efeitos desta deficiência incluem o retardo na cicatrização, a redução na resposta imune e alterações na pele e pelos. A identificação da deficiência de zinco pode ser feita por meio da determinação dos níveis plasmáticos deste elemento e da metalotioneína, uma proteína sintetizada no fígado (UNDERWOOD; SUTTLE, 2001; GONZÁLEZ; SILVA, 2006; ORTOLANI, 2011).

## Cobre

As diversas funções fisiológicas do cobre incluem a constituição de metaloenzimas envolvidas em processos como síntese de mielina e formação do colágeno, a formação dos pelos, a resposta imune e a produção dos eritrócitos e síntese de hemoglobina. O excesso de molibdênio e enxofre na dieta interferem com a absorção do cobre. A deficiência de cobre resulta em anemia, diminuição no crescimento e na produção de leite e alterações na pele e pelos. Nos casos graves, são observadas alterações no músculo cardíaco dos bovinos, que pode resultar em morte súbita, e em ovinos jovens, pode afetar a locomoção por interferir na mielinização dos neurônios (UNDERWOOD; SUTTLE, 2001; GONZÁLEZ; SILVA, 2006; ORTOLANI, 2011). Para a determinação do estado nutricional de cobre em ruminantes, podem ser determinadas a concentração da proteína ceruloplasmina no soro e a atividade da enzima superóxido dismutase nos eritrócitos (MINATEL; CARFAGNINI, 2000; SENTHILKUMAR *et al.*, 2009). Nos casos de deficiência, a atividade da superóxido dismutase eritrocitária é afetada apenas após aproximadamente três semanas (UNDERWOOD; SUTTLE, 2001).

A intoxicação pelo cobre ocorre mais frequentemente em ovinos. Geralmente ocorre como consequência ao consumo de quantidades excessivas deste elemento, por meio de rações concentradas, sais minerais e resíduos da avicultura (cama de frango). Também já foram descritos casos de intoxi-

cação por sais de cobre usados para pulverização de plantas e pedilúvios. Inicialmente ocorre uma fase de acúmulo do cobre nos hepatócitos, sem qualquer alteração visualizável nos animais; esta fase pode durar por meses ou até mesmo anos. Após a saturação da capacidade de armazenamento nos hepatócitos, inicia uma fase de promoção de lesão hepática, seguida por liberação de grande quantidade de cobre para a circulação sanguínea que irá promover a destruição de eritrócitos (hemólise). Na fase hemolítica, pode ser feita a detecção de elevados níveis séricos de cobre, a presença de hemoglobinemia (hemoglobina livre na circulação sanguínea) e atividade aumentada de enzimas de função hepática, como aspartato aminotransferase (AST), sorbitol desidrogenase (SDH) e lactato desidrogenase (LDH) (UNDERWOOD; SUTTLE, 2001; GONZÁLEZ; SILVA, 2006; ORTOLANI, 2011).

## Manganês

O manganês atua no metabolismo energético, no desenvolvimento da matriz óssea, no desenvolvimento e atividade dos órgãos genitais e na síntese de colina e colesterol. A deficiência de manganês nas forragens pode ser decorrente de sua carência no solo. A captação deste elemento pelas plantas é prejudicada pelo pH alcalino e altos níveis de cálcio, fósforo e ferro no solo. Os efeitos da deficiência incluem a redução na fertilidade, neonatos com reduzido peso, deformações articulares e maior mortalidade; nas aves também pode haver queda na produção, qualidade das cascas e eclodibilidade dos ovos. Os níveis de manganês podem ser mensurados no plasma (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Iodo

O iodo é um elemento utilizado pela glândula tireoide para a síntese de seus hormônio. Sua deficiência resulta no hipotireoidismo, com reduzidos níveis séricos de tiroxina (T4) e triiodotironina (T3). Algumas substâncias, como os íons tiocianato ( $\text{SCN}^-$ ), perclorato ( $\text{ClO}_4^-$ ), perclorito ( $\text{ClO}_3^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), competem com o iodeto no transportador presente nas células foliculares, reduzindo a formação dos hormônios tireoideanos de forma similar à deficiência do iodo. A identificação da carência do iodo pode ser feita por meio da determinação dos seus níveis no plasma. Tanto a deficiência quanto a exposição aos íons competidores resultam na redução dos níveis de T4 e T3 com aumento do hormônio tireotrófico (TSH) (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Cobalto

O cobalto é constituinte da vitamina B12, que atua no metabolismo do ácido propiônico e da eritropoiese. A determinação da deficiência do cobalto pode ser feita por meio da determinação dos níveis séricos do próprio elemento (por espectrofotometria de absorção atômica) ou da vitamina B12 (por radioimunensaio). Como estas técnicas são bastante onerosas, uma alternativa é a determinação na urina do ácido metilmalônico, que é eliminado pela urina na deficiência da vitamina B12 (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

## Selênio

O selênio participa da ação antioxidante no interior das células e do metabolismo tireoideano. A deficiência de selênio é responsável por lesão nas fibras musculares (miosite aguda) em animais em crescimento, alterações funcionais nos neutrófilos e redução na fertilidade das vacas (ORTOLANI, 2011). O melhor indicador sanguíneo para o *status* do selênio no organismo é a enzima glutatona peroxidase, que é medida nos eritrócitos (WALDNER *et al.*, 1998). De fato, a atividade desta enzima apresenta correlação direta com os níveis sanguíneos de selênio (SCHOLZ; HUTCHINSON, 1979; VAN RYSSSEN *et al.*, 2013). Além disso, a suplementação dietética com este elemento resulta no aumento da atividade eritrocitária da glutatona peroxidase (GUYOT *et al.*, 2007; YU *et al.*, 2008). No entanto, quando se instaura a deficiência de selênio, a atividade desta enzima demora cerca de três semanas para reduzir (UNDERWOOD; SUTTLE, 2001).

## Avaliação do exercício

A avaliação bioquímica sérica do exercício é uma ferramenta muito útil para complementar o monitoramento dos programas de treinamento físico de cavalos atletas e para a seleção destes animais. Os parâmetros avaliados nas amostras de sangue dos animais estudados são o ácido láctico/lactato e as enzimas creatina quinase (CK), AST e LDH. Animais não adaptados ao exercício ou programas de treinamento inadequado resultam em aumentos dos valores destes compostos maiores do que em animais adaptados ou programas adequados (GONZÁLEZ; SILVA, 2006; CÂMARA E SILVA *et al.*, 2007).

## Variantes de hemoglobina

A hemoglobina é uma proteína que contém ferro presente nos eritró-

citose e tem por função fisiológica transportar o oxigênio captado nos alvéolos pulmonares até os diferentes tecidos do organismo. A molécula da hemoglobina apresenta pequenas variações em sua estrutura. As variantes de hemoglobina podem ser determinadas por meio de eletroforese. As variantes mais frequentemente observadas são a hemoglobina A e a B, formando as formas variantes homozigotas HbAA e HbBB e a heterozigota HbAB (HUISMAN *et al.*, 1969; JOHNSON *et al.*, 2002; LACERDA; SOTO-BLANCO, 2006). Outra variante, denominada HbD, já foi descrita, mas apresenta baixa frequência (HUISMAN *et al.*, 1969). Diversas raças caprinas apresentam apenas a variante HbAA, enquanto outras a HbAA e a HbAB (JOHNSON *et al.*, 2002; LACERDA; SOTO-BLANCO, 2006; LUZ *et al.*, 2010).

As diferenças nas frequências das variantes de hemoglobina nos animais estão claramente associadas às diferenças raciais (LACERDA; SOTO-BLANCO, 2006). O estudo do polimorfismo da hemoglobina possui significância para a determinação de variantes presentes na população avaliada, bem como para o diagnóstico de variantes patológicas (ALVES *et al.*, 2003). Em animais, o tipo de hemoglobina pode apresentar relação com a resistência a helmintos (BUVANENDRAN *et al.*, 1981; SOTOMAIOR; THOMAZ-SOCCOL, 1998), com a intensidade da resposta imune (CUPERLOVIC *et al.*, 1978) e com parâmetros produtivos, como eficiência reprodutiva e produção de lã e leite (DALLY *et al.*, 1980). Além disto, as variantes da hemoglobina podem ser ferramentas importantes para a determinação de variabilidade genética e de parentesco e em estudos de identificação de indivíduos e de parentesco (LACERDA; SOTO-BLANCO, 2006).

### Considerações finais

Há um grande número de compostos que podem ser quantificados no sangue para a determinação dos distúrbios metabólicos e nutricionais, bem como para monitorar o exercício físico e identificar alguns marcadores genéticos. O conhecimento de quais são os parâmetros a serem avaliados e como interpretar os resultados das análises são essenciais para o adequado uso desta ferramenta.

### Referências

ALVES, R. T.; MATTOS, L. C.; FERRARI, F.; BONINI-DOMINGOS, C. R. Avaliação do polimorfismo de grupos sanguíneos e fenótipo de hemoglobinas em um grupo de universitários de São José do Rio Preto, SP. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 25, n. 1, p. 65-71, 2003.

BERMUDES, R. F.; LÓPEZ, J.; GALLARDO, M.; SILVA, J. H. S.; CUATRIN, A. Gordura protegida na dieta de vacas de alta produção a campo, em alfafa verde ou pré-secada, na fase inicial da lactação: parâmetros plasmáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 405-410, 2003.

BRAUN, J. P.; TRUMEL, C.; BÉZILE, P. Clinical biochemistry in sheep: a selected review. **Small Ruminant Research**, v. 92, n. 1-3, p. 10-18, 2010.

BUVANENDRAN, V.; SOORIYAMOORTHY, T.; OGUNSUSI, R. A.; ADU, I. F. Haemoglobin polymorphism and resistance to helminths in red Sokoto goats. **Tropical Animal Health and Production**, v. 13, n. 4, p. 217-221, 1981.

CAMARA E SILVA, I. A.; DIAS, R. V. C.; SOTO-BLANCO, B. Determinação das atividades séricas de creatina quinase, lactato desidrogenase e aspartato aminotransferase em equinos de diferentes categorias de atividade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 1, p. 250-252, 2007.

CRAY, C.; ZAIAS, J.; ALTMAN, N. H. Acute phase response in animals: a review. **Comparative Medicine**, v. 59, n. 6, p. 517-526, 2009.

CUPERLOVIC, K.; ALTAIF, K. I.; DARGIE, J. D. Genetic resistance to helminths: a possible relationship between haemoglobin type and the immune response of sheep to non-parasitic antigens. **Research in Veterinary Science**, v. 25, n. 1, p. 125-126, 1978.

DALLY, M. R.; HOHENBOKEN, W.; THOMAS, D. L.; CRAIG, A. M. Relationships between hemoglobin type and reproduction, lamb, wool and milk production and health-related traits in crossbred ewes. **Journal of Animal Science**, v. 50, n. 3, p. 418-427, 1980.

ECKERSALL, P. D.; BELL, R. Acute phase proteins: biomarkers of infection and inflammation in veterinary medicine. **Veterinary Journal**, v. 185, n. 1, p. 23-27, 2010.

FEITOSA, F. L. F.; MENDES, L. C. N.; PEIRÓ, J. R.; CIARLINI, P. C.; MARQUES, F. J.; TAKADA, L.; PERRI, S. H. V. Comparação do proteinograma e da atividade da gamaglutamiltransferase no soro sanguíneo de bezerros e de cabritos após ingestão de colostro. **Ars Veterinaria**, v. 22, n. 1, p. 16-21, 2006.

FEITOSA, F. L. F.; MENDES, L. C. N.; PEIRÓ, J. R.; CADIOLI, F. A.; YANAKA, R.; BOVINO, F.; FÉRES, F. C.; PERRI, S. H. V. Influência da faixa etária nos valores de enzimas hepáticas e de uréia e creatinina em bezerros holandeses do nascimento até os 365 dias de vida. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 10, n. 2/3, p. 54-61, 2007.

GOMES, F. C.; DIAS, R. V. C.; SOTO-BLANCO, B. Concentrações de uréia em soro e leite de bovinos do município de Mossoró, Rio Grande do Norte. **Ciência Animal**, v. 15, n. 2, p. 115-118, 2005.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2 ed. Porto Alegre. Ed. UFRGS, 2006. 364 p.

GUYOT, H.; SPRING, P.; ANDRIEU, S.; ROLLIN, F. Comparative responses to sodium selenite and organic selenium supplements in Belgian Blue cows and calves. **Livestock Science**, v. 111, n. 3, p. 259-263, 2007.

HENDRIX, C. M.; SIROIS, M. **Laboratory procedures for veterinary technicians**. 5 ed. St. Louis. Mosby Inc., 2007. 400 p.

HUISMAN, T. H. J.; LEWIS, J. P.; BLUNT, H. M.; ADAMS, H. R.; MILLER, A.; DOZY, A. M.; BOYD, E. M. Hemoglobin C in newborn sheep and goats: a possible explanation for its function and biosynthesis. **Pediatric Research**, v. 3, n. 3, p. 189-198, 1969.