

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
CAMPUS DE PATOS-PB
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

MONOGRAFIA

Perfil hemogasométrico e eletrolítico de bovinos leiteiros hígidos no sertão da Paraíba

CLÉDSON CALIXTO DE OLIVEIRA

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
CAMPUS DE PATOS-PB
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

MONOGRAFIA

Perfil hemogasométrico e eletrolítico de bovinos leiteiros hígidos no sertão da Paraíba

Clédson Calixto de Oliveira
Graduando

Prof. Dr. Antônio Fernando de Melo Vaz
Orientador

Prof^ª. Dra. Tatiane Rodrigues da Silva
Co-orientadora

Patos – PB
Dezembro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSRT DA UFCG

O47p Oliveira, Clédson Calixto de
Perfil hemogasométrico e eletrolítico de bovinos leiteiros hígidos no sertão da Paraíba / Clédson Calixto de Oliveira. – Patos, 2017.
47f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2017.

“Orientação: Prof. Dr. Antônio Fernando de Melo Vaz.”

“Co-orientador: Prof. Dra. Tatiane Rodrigues da Silva.”

Referências.

1. Equilíbrio ácido-básico.
2. Ruminantes.
3. *Anion gap*.
4. Semiárido. I. Título.

619:636.2

CDU

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
CAMPUS DE PATOS-PB
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

Clédson Calixto de Oliveira

Graduando

Monografia apresentada a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG como requisito para graduação em Medicina Veterinária.

APROVADA EM ____/____/____

MÉDIA: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Fernando de Melo Vaz
ORIENTADOR

Nota

Prof. Dr. Eldinê Gomes de Miranda Neto
EXAMINADOR I

Nota

Prof. Dra. Tatiane Rodrigues da Silva
EXAMINADOR II

Nota

É com muita satisfação que dedico este trabalho ao meu avô Antonio Juvino, que sempre foi um grande incentivador aos meus estudos, acreditando desde muito cedo que um dia eu iria chegar até aqui. Obrigado por tudo vovô!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela energia e bênçãos atribuídas durante esta fase de minha vida. Por ter me feito acreditar que as coisas acontecem no seu tempo e por ter me guiado de maneira vitoriosa até aqui. No íntimo do meu coração estão às palavras que não consegui expressar.

Aos meus pais Otailma e Francimar por terem sido para mim e meus irmãos os melhores exemplos do mundo que uma mãe e um pai podem ser. Pelo carinho, amizade, proteção, ensinamentos, carões, conselhos, alegrias e amor que vocês me passam. O que sou hoje é o reflexo das pessoas que vocês são. Amo vocês!

Aos meus irmãos Clérison (por ter compartilhado comigo sua vida desde as primeiras batidas dos nossos corações, por ser o melhor amigo e companheiro, tão forte são meus sentimento que não consigo expressá-los em palavras) e a minhas irmãs Laryssa e a Larinha pelas alegrias e carinho compartilhados, amo todos vocês!

Aos meus avós Maria Gorete por ser uma mãe para mim, me acolhendo com amor, carinho, proteção e por ser exemplo de determinação, força e coragem junto com meu avô Antonio Juvino que também representa um pai, o que sou hoje é resultado do esforço de vocês em me educar e me guiar sempre pelo caminho certo. E a meus avós Maria do Socorro e Francisco (in memória) pelo carinho, amor e apoio que sempre me passaram. Posso dizer que tenho os melhores avós do mundo.

Ao meu tio “irmão” Ozimar e a minha tia Bebel que juntos com Julia, Bruna e Bia as “gurias” me transmitem muitas alegrias.

A Daniele por ser o melhor exemplo de namorada que se possa ter. Pela felicidade, carinho, amizade, respeito, dedicação, humildade e amor que me passa, por aturar meus estresses e abusos do dia a dia e por me tornar uma pessoa melhor a cada dia. Por me apoiar nos momentos difíceis e estar comigo também nos mais felizes. Peço a Deus que nosso relacionamento seja eterno e intenso assim como é hoje. Te amo!

A todos os meus professores, que foram essenciais no meu processo de formação. A professora Sara por ter me aceitado no Hospital Veterinário como estagiário desde o primeiro período do curso, isso foi essencial para minha formação. A professora Marcia Melo pelo apoio e ensinamentos atribuídos, pelas orientações nas monitorias e nos projetos. Ao professor Eldinê Gomes pelos ensinamentos, pelo exemplo de profissionalismo, dedicação e humildade, tantas vezes ao o ver trabalhar pensei “um dia quero ser igual a ele”. A professora

Tatiane pelo apoio e amizade, por ser exemplo para mim no quesito de amor e cuidado aos animais.

Ainda, quanto aos professores, em especial, gostaria de agradecer ao professor Fernando Vaz, sou grato a Deus por ter tido a oportunidade de acompanhá-lo durante a graduação em três anos de PIBIC e no TCC. Os ensinamentos que pude adquirir com ele vão muito além dos âmbitos da ciência e permanecerão comigo para o resto de minha vida, é para mim exemplo de humildade, caráter, responsabilidade, dedicação e muitas outras coisas boas. Não somente um professor, mas um amigo que quero ter por toda minha vida.

Aos amigos que tive oportunidade de dividir espaço na residência universitária: Laio Gomes “paea” (pela recepção e apoio no início e durante o tempo de convivência), João (pelos bons momentos compartilhados, as comidas, as noites de estudos, as brincadeiras e a amizade que representa muito para mim) e em especial Rodrigo que nem sei mais se posso chama-lo de amigo, pois, representa para mim um verdadeiro irmão. E aos que dividi apartamento, Laricio “cabinha” Italo, Alexandre “doidera” e Izaac pelas alegrias e companheirismo.

Aos componentes do grupo JatoGalera/SóBesteira (Isabel “Minha filhaaa”, Vinícius, Riquele, Thercynha, Tallisson, Jardel “Pivetão”, Juliana, Diana “Novinha”, Jânio “veio macho!”, João Lucas e Izaac) não tenho palavras que consigam descrever o quanto fui feliz com vocês!

A todos os meus colegas e amigos da graduação, Raimundo Júnior e a sua família pela atenção e amizade prestada, Ramon, Cynthia (pelo companheirismo, risos, choros e aventuras durante a graduação) e em especial a Vinícius Nunes pelo exemplo de melhor amigo que foi durante esses 5 anos, pelas matutagens, noites de conversas, comilanças, diversões, discussões, alegrias e tristezas compartilhadas, tenho fé em Deus que nossa amizade será eterna.

A equipe GEBU pela amizade e ciência.

A toda a equipe que se fez presente no dia do experimento (Daniele, Raimundo Júnior, Riquele, Rafael, Italo, Vinícius, Cinthia, Áthila, Joel, professora Tatiane e professor Fernando). A Expedito e toda sua família que abriram as portas de sua propriedade que além de disponibilizar os animais para o experimento, ajudaram nas coletas. O mérito desse experimento também é de vocês.

Gostaria também de agradecer aos funcionários do CSRT em especial os do HV, da biblioteca e do restaurante universitário.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	10
LISTA DE QUADROS.....	11
LISTA DE TABELAS	12
RESUMO.....	13
ABSTRACT	14
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Homeostase ácido-básico	17
2.1.1 Tamponamento químico	18
2.1.2 Controle respiratório.....	20
2.1.3 Controle renal	20
2.2 Distúrbios ácido-básico	21
2.2.1 Acidose metabólica.....	21
2.2.2 Alcalose metabólica.....	22
2.2.3 Acidose respiratória.....	22
2.2.4 Alcalose respiratória	23
2.2.5 Distúrbios mistos	23
2.3 Efeito do pH no metabolismo ruminal	23
2.3.1 Acidose ruminal.....	24
2.3.2 Alcalose ruminal.....	25
2.4 Hemogasometria.....	25
2.5 Equilíbrio eletrolítico.....	28
2.5.1 Sódio.....	28
2.5.2 Potássio.....	28

2.5.3 Cloro	29
2.5.4 Cálcio.....	30
2.5.5 Fósforo.....	31
2.5.6 Magnésio	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 Local do experimento	33
3.2 Animais e manejo	33
3.3 Coleta, Processamento e Análise das Amostras	33
3.4 Análise estatística	35
4 RESULTADOS	36
5 DISCUSSÃO	38
6 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS	45

LISTA DE ABREVIATURAS

ADP	Adenosina difosfato
AG	Anion gap
AGV	Ácidos Graxos Voláteis
AMP	Adenosina monofosfato
ATP	Adenosina trifosfato
Ca ⁺	Cálcio
CHCM	Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média
Cl ⁻	Cloro
CO ₂	Dióxido de Carbono
EB	Excesso de Base
FEC	Fluido Extracelular
FIC	Fluido Intracelular
H ⁺	Íon Hidrogênio
H ₂ CO ₃	Ácido Carbônico
H ₂ PO ₄	Fosfato diácido
HCO ₃	Bicarbonato
HPO ₄	Fosfato ácido
K ⁺	Potássio
mEq/l	Miliequivalente por litro
Mg ⁺	Magnésio
mmol/L	Milimol por litro
Na ⁺	Sódio
NH ₃	Amônia
NH ₄ ⁺	Amônio
P	Fósforo
pCO ₂	Pressão Parcial do Dióxido de Carbono
pH	Logaritmo Negativo a Concentração de Íons H ⁺
pKa	Constante de acidez
pO ₂	Pressão Parcial de Oxigênio
PTH	Paratormônio
SatO ₂	Saturação de Oxigênio
TCO ₂	Total de Dióxido de Carbono

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Valores de referência dos principais parâmetros avaliados na hemogasometria27

QUADRO 2: Valores de referência dos principais eletrólitos em bovinos32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias (\bar{X}) e desvios padrões (DP) dos valores encontrados na análise hemogasométrica das vacas e bezerros amostrados.	36
Tabela 2 - Médias (\bar{X}) e desvios padrões (DP) dos valores encontrados na análise eletrolítica das vacas e bezerros amostrados.	36
Tabela 3 - Médias (\bar{X}) e desvios padrões (DP) dos valores encontrados de hemoglobina lactato e temperatura retal nas vacas e bezerros amostrados.	37
Tabela 4 - Médias (\bar{X}) e respectivos desvios padrões (DP) dos principais parâmetros avaliados pela hemogasometria nas vacas, e intervalos de referências para tais parâmetros.	38
Tabela 5 - Médias (\bar{X}) e respectivos desvios padrões (DP) dos eletrólitos nas vacas e intervalo de referências.	400
Tabela 6 - Médias (\bar{X}) e respectivos desvios padrões (DP) dos valores de Temperatura retal das vacas e intervalos de referências para tais parâmetros.	411
Tabela 7 - Médias (\bar{X}) e respectivos desvios padrões (DP) dos principais parâmetros avaliados pela hemogasometria nos bezerros, e intervalos de referências para tais parâmetros.	422

RESUMO

OLIVEIRA, CLÉDSON CALIXTO. Perfil hemogasométrico e eletrolítico de bovinos leiteiros hígidos no sertão da Paraíba. UFCG, 2016, 47 pg. (Trabalho de Conclusão de Curso em Medicina Veterinária). Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2016.

Grande parte das enfermidades que acometem o gado leiteiro sejam elas metabólicas ou não, que cursem com desidratação possuem um elevado potencial para causar alterações no equilíbrio ácido-básico e eletrolítico. O objetivo deste trabalho foi avaliar tais parâmetros em vacas adultas em lactação e em bezerros, ambos hígidos, mestiços de alta cruzada holandês, criados em fazenda de exploração leiteira no município de Patos – PB. Para o experimento foram utilizados cinquenta e dois animais. Sendo trinta vacas adultas com idade variando de 4 a 9 anos, em diferentes estágios de lactação e vinte e dois bezerros, de ambos os sexos com idade variando de 2 a 11 meses. Foi utilizada amostra de sangue venoso para análise dos parâmetros hemogasométricos (pH, pressão parcial de oxigênio, pressão parcial do dióxido de carbono, saturação de oxigênio, total de gás carbônico e excesso de base e *anion gap*), eletrolíticos (sódio, potássio, cloro, cálcio, fósforo e magnésio), lactato e hemoglobina. Os valores médios encontrados mediante a análise hemogasométrica das vacas mantiveram-se inseridos dentro da faixa de normalidade. Nos bezerros o valor médio do pH foi ligeiramente ácido e a pressão parcial do dióxido de carbono elevada, sugerindo assim que tais animais apresentam uma leve acidose respiratória. A média dos valores de *Anion gap* dos bezerros esteve elevada quando comparados com os dados da literatura e com o das vacas. Os eletrólitos avaliados nas vacas estavam normais, com exceção do cálcio e magnésio que se mostraram levemente diminuídos. Nos bezerros os valores de cloro e potássio foram similares aos valores de referência, porém verificou aumento nos níveis de sódio e os de cálcio levemente diminuídos. A média dos valores de bicarbonato, hemoglobina e temperatura retal, tanto nos bezerros como nas vacas foram similares aos encontrados na literatura científica, assim como a média de lactato para as vacas. A maioria dos valores médios encontrados para parâmetros avaliados foram similares aos citados na literatura, podendo os resultados obtidos serem usados como valores de referência para vacas adultas e bezerros de aptidão leiteira criadas na região semiárida, servindo ainda como base de referência para elucidação de diagnósticos e formulação de protocolos terapêuticos.

Palavras-chave: Equilíbrio ácido-básico, *anion gap*, ruminantes, semiárido.

ABSTRACT

OLIVEIRA, CLÉDSON CALIXTO. Hemogasometric and electrolytic profile of healthy dairy cattle in the sertão of Paraíba. UFCG, 2016, 47 pg. (Course Completion Work in Veterinary Medicine). Federal University of Campina Grande, Patos, 2016.

Most of the diseases that affect dairy cattle whether they are metabolic or not, that they are dehydrated, have a high potential to cause changes in acid-base and electrolyte balance. The objective of this study was to evaluate hemogasometric and letrolithic parameters in adult cows in lactation and on calves, both of them healthy, half-breed, with a high Holstein crossbreed and raised in a dairy farm in the city of Patos – PB. Were used fifty-two animals for the experiment, with thirty cows aged between 4 and 9 years old, in different lactation, and twenty-two calves, both sexes, with ages ranging from 2 to 11 months. Was used venous blood sample for the hemogasometric parameters analysis (pH, partial oxygen pressure, partial carbon dioxide pressure, oxygen saturation, total carbon dioxide, base excess and *anion gap*), electrolytes (sodium, potassium, chlorine, calcium, magnesium and phosphorus), lactate and hemoglobin. The mean values found by the hemogasometric analysis of the cows were kept within the normal range. In calves the mean pH value was slightly acid and the partial pressure of the carbon dioxide was high, thus suggesting that such animals exhibit mild respiratory acidosis. The mean *anion gap* values of calves were elevated when compared with the data of the literature and cows. The electrolytes evaluated in cows were normal, with the exception of calcium and magnesium, which were slightly decreased. In the calves the values of chlorine and potassium were similar to the reference values, but an increase in sodium levels and slightly decreased calcium levels were observed. The mean values of bicarbonate, hemoglobin and rectal temperature in both calves and cows were similar to those found in the scientific literature, as well as the mean lactate for cows. Most of the mean values found for the parameters evaluated were similar to those reported in the literature, and the results obtained can be used as reference values for adult dairy cows and dairy calves raised in the semi-arid region, serving as a reference base for elucidation of diagnoses and formulation of therapeutic protocols

Keywords: Acid-base balance, *anion gap*, ruminants, semiarid

1 INTRODUÇÃO

Dentre os segmentos do agronegócio brasileiro a bovinocultura tem se destacado de forma relevante. O Brasil possui o segundo maior rebanho efetivo de bovinos do mundo, com 200 milhões de cabeças e é líder em exportações de carne com 1/5 da carne comercializada internacionalmente e vendas para mais de 180 países (MAPA, 2016).

Além da produção de carne destaca-se também outro forte segmento da pecuária que é a produção de leite. Em 2015, o Brasil ocupava o quarto lugar no ranking mundial com 24 milhões de vacas ordenhadas e mais de 1 milhão de produtores (ZOCCAL, 2016). Estimativas apontam uma produção de 35.171 milhões de litros de leite em 2016, com crescimento de 1% comparado ao ano de 2015. Tais dados evidenciam a importância social e econômica que a bovinocultura exerce no Brasil (CONAB, 2016; MAPA, 2016).

Melhorias atribuídas ao setor da bovinocultura leiteira, como por exemplo, o aprimoramento e disseminação das biotécnicas da reprodução em conjunto ao melhoramento genético e avanços nos setores de nutrição e sanidade, contribuíram para impulsionar o crescimento do setor no Brasil nos últimos anos. Porém, salienta-se que o aumento da capacidade produtiva geralmente culmina com a diminuição da rusticidade e resistência, predispondo os animais a uma série de enfermidades, que no gado leiteiro quase sempre estão associadas a um contexto metabólico e com potencial efeito a causar desordens ácido-básicas e eletrolíticas.

Praticamente todas as enfermidades que acometem o gado leiteiro, sejam elas metabólicas ou não, que cursem com desidratação (deslocamento de abomaso, acidose, endotoxemias, parasitoses gastrointestinais, hemoparasitoses, dentre outras) possuem um elevado potencial para causar alterações no equilíbrio ácido-básico e eletrolítico, sendo tais desequilíbrios dificilmente corrigidos de maneira adequada.

A hemogasometria quando combinada a mensuração de eletrólitos constituem os métodos mais acurados para avaliar o estado ácido-básico e eletrolítico de um animal. Sendo estes parâmetros de fundamental importância no diagnóstico e prognóstico de muitas enfermidades, podendo assim os resultados obtidos no presente trabalho servirem de referencial à rotina clínica do Hospital Veterinário da UFCG e no âmbito da buiatria como um todo.

Mediante a escassez de dados literários que reflitam os parâmetros hemogasométricos e eletrolítico de bovinos saudáveis na região semiárida, objetivou-se com este trabalho avaliar tais parâmetros em vacas adultas em lactação e em bezerros, ambos hípidos, mestiços de alta

cruza holandês e criados em fazenda de exploração leiteira localizada no município de Patos – PB.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Homeostase ácido-básico

Para que as células do organismo desempenhem suas funções adequadamente, a composição iônica dos líquidos corporais deve ser mantida dentro de limites razoavelmente estreitos. O controle da concentração do íon hidrogênio (H^+ , *próton*) é extremamente importante, pois determina o pH dos líquidos corporais. Mudanças acentuadas no pH que saiam dos limites de normalidade podem interferir de forma severa no metabolismo celular e portanto nas funções corpóreas. O termo pH é definido como logaritmo negativo de base 10 da concentração de íon hidrogênio expressa em equivalentes por litro (CUNNINGHAN, 2004; DIBARTOLA, 2007; GUYTON; HALL, 2006).

O pH do fluido extracelular é uma das variáveis mais vigorosamente reguladas do organismo. Devido ao fato de ser difícil monitorar as condições intracelulares, os valores plasmáticos são usados como indicadores do pH do corpo. O pH do plasma sanguíneo mantém valores estreitos, entre 7,35 a 7,45, sendo que o pH compatível com a vida é de 6,8 a 7,8. O pH intracelular pode variar em função da célula. Nas hemácias este valor é de 7,2, enquanto que em outras células é 7,0. As células musculares constituem uma exceção, pois sob exercício prolongado o pH pode cair para 6,0, devido ao acúmulo de ácido láctico (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; REECE, 2014).

A concentração do íon hidrogênio relativamente constante nos fluidos corpóreos é o resultado do equilíbrio de ácidos e bases. Ácidos são substâncias que doam íons hidrogênio para uma solução; bases são substâncias que aceitam e ligam íons hidrogênio a partir de uma solução. A diminuição do pH sanguíneo para baixo da variação normal é conhecida como *acidemia*; o valor acima do pH normal é denominado *alcalemia*. O distúrbio provocado pela adição do excesso de ácido ou remoção da base dos fluidos corpóreos é conhecido como acidose. Sendo devido à adição do excesso de base ou da perda de ácido, o distúrbio é conhecido como alcalose (REECE, 2014).

No funcionamento diário o organismo é constantemente desafiado frente à adição de ácidos e bases aos fluidos corpóreos, seja pela ingestão ou como resultado da produção no metabolismo celular. Muitos intermediários metabólicos e alimentos são ácidos orgânicos que ionizam e contribuem com (H^+) para os líquidos do corpo. Exemplos de ácidos orgânicos incluem aminoácidos, intermediários do ciclo do ácido cítrico, ácido láctico produzido pelo

metabolismo anaeróbio e em especial nos ruminantes os ácidos graxos voláteis (REECE, 2014; SILVERTHORN, 2010).

No organismo, constantemente são produzidas grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) pelo metabolismo oxidativo celular. Embora o dióxido de carbono não seja um ácido, uma vez adicionado a corrente sanguínea, combina-se com água, resultando na formação de ácido carbônico, um ácido fraco, que, devido a sua instabilidade, dissocia-se em (H^+) e (HCO_3). Sem a ação da Anidrase Carbônica, esta reação por si só ocorreria muito lenta. A relação entre (CO_2), (HCO_3) e (H^+) no plasma é expressa pela seguinte equação:



De acordo com a lei das massas, qualquer mudança na concentração de (CO_2), (H^+) ou (HCO_3) na solução causa um deslocamento na reação até que um novo equilíbrio seja alcançado (CARLSON, BRUSS, 2008; LOPES; VENDRAME, 2006).

Em contrapartida a constantes mudanças no pH, o organismo dispõe de três mecanismos básicos de controle: 1°- o tamponamento químico, 2°- ajuste respiratório da concentração sanguínea de dióxido de carbono e 3°- regulação renal de (H^+) e (HCO_3). Os tampões são a primeira linha de defesa, seguida da ventilação que é uma resposta rápida regulada reflexamente, assim como o tamponamento. E por último a resposta renal, que é mais lenta, porém mais eficiente (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; KLEIN, 2014).

2.1.1 Tamponamento químico

Um tampão é qualquer substância que modera as mudanças no pH. Geralmente as soluções tampão são formadas por um ácido fraco e sua base conjugada, ou por uma base igualmente fraca com o seu ácido conjugado correspondente. Muitos tampões contêm ânions que possuem uma forte afinidade por moléculas de (H^+). Quando são adicionados (H^+) livres a uma solução tampão, esses anions ligam-se ao (H^+), minimizando, assim, qualquer mudança no pH. A ação de um tampão é imediata, porém, limitada em sua capacidade de manter ou restaurar o equilíbrio ácido-básico normal (DIBARTOLA, 2007; LOPES; VENDRAME, 2006).

No organismo animal, os tampões são encontrados tanto no espaço intracelular, como no plasma. No fluido intracelular, os tampões mais importantes são proteínas celulares, grupos fosfatos e a hemoglobina. No espaço extracelular atuam o bicarbonato, a albumina e o carbonato ósseo (REECE, 2014; SILVERTHORN, 2010).

Os níveis de (HCO_3^-) e (H^+) produzidos no organismo a partir de (CO_2) e (H_2O) apresentam uma proporção de 1:1, porém esses dois íons não aparecem no plasma na mesma concentração. Tal condição se deve principalmente ao tamponamento intracelular do (H^+) pela hemoglobina. O (CO_2) dissolvido no plasma difunde-se para dentro dos eritrócitos, onde pode reagir com água na presença da anidrase carbônica e formar (H_2CO_3) . O ácido carbônico então se dissocia em um íon (H^+) e um (HCO_3^-) . Dois mecanismos atuam no controle destes íons, o primeiro é um processo de transporte conhecido como desvio de cloreto, no qual um íon bicarbonato deixa a célula em troca de um (Cl^-) , a transferência do (HCO_3^-) para o (FEC) propicia a atuação do mesmo como tampão no plasma. O segundo mecanismo remove o (H^+) livre do citoplasma dos eritrócitos, sendo este ligado a hemoglobina onde a mesma atua como um tampão (DIBARTOLA, 2007; KLEIN, 2014; SILVERTHORN, 2010).

O sistema-tampão bicarbonato é o principal tampão do sangue e do fluido extracelular, tal característica dá-se em consequência a dois principais fatores. O primeiro se deve a grande quantidade de (HCO_3^-) (24 mEq/L) no sangue, a qual é aproximadamente 600.000 vezes maior que a concentração de (H^+) . O segundo é que os rins podem regular a concentração de (HCO_3^-) , e os pulmões a de (H_2CO_3) . Tais fatores fazem deste um sistema aberto, este fato aumenta consideravelmente sua capacidade tamponante (KLEIN, 2014; REECE, 2014; SILVERTHORN, 2010).

O efeito tampão exercido pelas proteínas deve-se aos seus radicais laterais dissociáveis, os radicais amino-transferase e o anel imidazol de resíduos de histidina são os principais, sendo este último o mais importante. A hemoglobina representa mais de 80% da capacidade tampão (não-bicarbonato) do sangue total, enquadrando-se como o segundo tampão de maior importância. Enquanto os 20% restantes são exercidos pelas proteínas plasmáticas, tendo a albumina maior importância que as globulinas (DIBARTOLA, 2007).

Enquanto a hemoglobina e o bicarbonato exercem uma ação mais imediata de tamponamento para evitar alterações bruscas no pH do sangue, tampões intracelulares nos tecidos corporais (com exceção do sangue) propiciam uma outra importante reserva de capacidade de tamponamento no organismo. O fosfato inorgânico é o tampão mais importante do compartimento intracelular, sendo essencial no controle do pH da urina. Os ossos também são importantes fontes de tampões, em especial em casos de acidose crônica, onde podem ceder carbonato de cálcio e em menor quantidade fosfato de cálcio (DIBARTOLA, 2007; KLEIN, 2014).

2.1.2 Controle respiratório

Como citado anteriormente além do tamponamento intra e extracelular, o ajuste respiratório da concentração sanguínea de dióxido de carbono também exerce grande importância sobre o controle do pH, uma vez que o (CO_2) é o responsável pela maior parte da carga ácida produzida durante os processos metabólicos (DRAGE; WILKINSON, 2001; FREITAS et al., 2010).

Alterações nos níveis de hidrogênio e (CO_2) são detectadas por quimiorreceptores periféricos, e através destes é iniciado o controle da ventilação pulmonar. Mudanças na ventilação podem corrigir alterações no equilíbrio ácido-básico, porém podem também desencadeá-las. Em consequência ao equilíbrio dinâmico entre (CO_2) e (H^+), qualquer alteração na (pCO_2) plasmática afeta o conteúdo de (H^+) e (HCO_3) no sangue (LOPES; VENDRAME, 2006; SILVERTHORN, 2010).

2.1.3 Controle renal

A regulação renal de (H^+) e (HCO_3) é a terceira linha de defesa do equilíbrio ácido-básico. Embora os sistemas de tamponamento e respiratório sejam capazes de estabilizar o pH sanguíneo, os rins são responsáveis pela excreção real da maioria do (H^+) excedente derivado de ácidos fixos. Os rins podem atuar sob o controle do pH de duas diferentes maneiras: diretamente, excretando ou reabsorvendo (H^+) ou indiretamente, com base na taxa de reabsorção ou síntese do tampão bicarbonato (KLEIN, 2014; SILVERTHORN, 2010).

O metabolismo da amônia nos rins, também exerce grande importância no controle do equilíbrio ácido-básico. Nas células do túbulo proximal, o aminoácido glutamina é metabolizado, produzindo (NH_4^+), este processo é conhecido como amoniogênese. Nesse processo sugere-se que (NH_3) difunde-se passivamente através da membrana luminal da célula tubular para o fluido tubular, assim os íons hidrogênio oriundos da dissociação do (H_2CO_3) podem se combinar com (NH_3) para formar (NH_4^+), como os rins excretam amônia, este processo é importante na excreção diária de ácidos fixos. O íon (H^+) presente no fluido tubular pode reagir também com (HPO_4) para formar (H_2PO_4), o qual é excretado como ácido titulável (DIBARTOLA, 2007; GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; KLEN, 2014).

2.2 Distúrbios ácido-básico

Em decorrência da causa geral ou do transtorno subjacente, alterações no equilíbrio ácido-básico podem ser classificadas como respiratórias, metabólicas e mistas. Os distúrbios de origem respiratória ocorrem como resultado de mudanças na ($p\text{CO}_2$) resultantes de hipo ou hiperventilação que provocam alterações de pH. Já os distúrbios metabólicos decorrem de alterações de ácidos ou bases que não sejam originados a partir do (CO_2). Distúrbios mistos caracterizam-se pela ocorrência de no mínimo duas alterações ácido-básicas primárias (DIBARTOLA, 2007; SILVERTHORN, 2010).

Alterações no pH fora dos limites de normalidade podem acarretar uma série de desordens no funcionamento do organismo. As proteínas intracelulares, como as de canais de membrana e enzimas, os hormônios (proteicos) e os anticorpos são particularmente sensíveis a alterações de pH, uma vez que suas funções estão estritamente correlacionadas a sua forma tridimensional, mudanças na concentração de (H^+) alteram a estrutura terciária das proteínas por interagir com as pontes de hidrogênio nas moléculas, prejudicando a atividade das mesmas (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; SILVERTHORN, 2010).

O pH anormal pode afetar significativamente a atividade do sistema nervoso. Se o pH é muito baixo, os neurônios tornam-se menos excitáveis, resultando em depressão do SNC. Caso contrário, onde o pH encontre-se muito elevado, os neurônios tornam-se hiperexcitáveis, disparando potenciais de ação ao mais brando sinal. Além disso, pode interferir também na distribuição de (K^+) no organismo, bem como na atividade da bomba de sódio-potássio e na diminuição da afinidade da hemoglobina pelo oxigênio em casos de diminuição do pH (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; KLEIN, 2014; SILVERTHORN, 2010).

2.2.1 Acidose metabólica

Acidose metabólica é a alteração ácido-básico mais comum observada na medicina veterinária. As causas mais comuns incluem a acidose láctica, decorrente da alimentação com excesso de carboidratos (acidose ruminal); cetoacidose no jejum prolongado, cetose em vacas em lactação ou na toxemia da prenhez em ovelhas e cabras; problemas gastrointestinais, tais como cólicas, indigestão ou diarreia, levando a perda de (HCO_3) e insuficiência renal, que pode resultar em uma diminuição da capacidade de excretar hidrogênio, e assim, reter bicarbonato (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; CARLSON, BRUSS, 2008).

Em um animal com acidose metabólica uma série de mecanismos compensatórios serão desencadeados com a finalidade de estabilizar as alterações no pH. A resposta inicial é realizada pelos sistemas tampão em especial o tampão bicarbonato. Em poucos minutos a diminuição do pH é captada por quimiorreceptores dos grandes vasos, estimulando uma hiperventilação que desencadeará uma diminuição da ($p\text{CO}_2$), sendo este um efeito de curta duração. Os rins exercem a ação em longo prazo, reabsorvendo bicarbonato pelos túbulos renais e excretando (H^+) (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014).

2.2.2 Alcalose metabólica

O desencadeamento de uma alcalose metabólica pode ser em consequência a perda excessiva de hidrogênio ou retenção de bicarbonato como, por exemplo, numa alcalose de contração onde ocorre a redução do (FEC) resultante de uma perda ou sequestro de fluido contendo sódio e cloreto sem perda proporcional de bicarbonato (CARLSON, BRUSS, 2008).

Em ruminantes este distúrbio geralmente está associado a deslocamento de abomaso com torção (fase inicial); administração oral de bicarbonato de sódio em excesso (usado como tamponante ruminal); intoxicação por ureia e depleção de potássio (K^+), uma vez que baixas concentrações deste elemento no sangue resultam no aumento da excreção de (H^+) pelos rins (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; KLEIN, 2014).

O principal mecanismo compensatório frente a um quadro de alcalose metabólica é desencadeado pelo sistema respiratório, havendo uma diminuição da ventilação alveolar, elevando-se assim a ($p\text{CO}_2$). Em animais hígidos é observado também a excreção de bicarbonato pelos rins (CARLSON, BRUSS, 2008; DIBARTOLA, 2007).

2.2.3 Acidose respiratória

Se caracteriza por diminuição do pH e aumento da ($p\text{CO}_2$). Ocorre em consequência a uma hipoventilação pulmonar. A hipoventilação pode ser desencadeada em consequência a bloqueio dos mecanismos respiratórios tais como: obstrução do trato respiratório, pneumonia, pneumotórax, edema pulmonar, botulismo e fratura de costelas. E também por depressão do sistema nervoso central (centro respiratório). Tal desequilíbrio é frequentemente observado em bezerros acometidos por enfermidades respiratórias (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; KLEIN, 2014; SILVERTHORN, 2010; REECE, 2014).

A resposta compensatória a uma acidose respiratória ocorre por meio da retenção de (HCO_3) pelo sistema renal (CARLSON, BRUSS, 2008).

2.2.4 Alcalose respiratória

A alcalose respiratória é caracterizada por aumento no pH e diminuição da (pCO_2), e ocorre como resultado de uma hiperventilação. Pode ser estimulada por hipoxemia associada à doença pulmonar, insuficiência cardíaca congestiva, anemia grave, distúrbios psicogênicos, ou neurológicos que estimulem o centro respiratório medular, intoxicação por salicilato, em animais com dor ou sobestresse psicológico e na acidose metabólica (CARLSON; BRUSS, 2008).

O mecanismo compensatório em uma alcalose respiratória é realizado inicialmente através do tamponamento por meio do sistema bicarbonato, ocorre deslocamento do (HCO_3) para formação de (CO_2). Seguida da ativação do sistema renal que atuará diminuindo a taxa de excreção do íon (H^+) e da absorção de (HCO_3) (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014).

2.2.5 Distúrbios mistos

Quando coexistem dois ou mais distúrbios primários independentes, diz-se que há um distúrbio misto. Acidose ou alcalose metabólica podem coexistir com acidose ou alcalose respiratória. A avaliação das anomalias ácido-básico mistas requer uma compreensão do *anion gap*, da relação entre a alteração da concentração sérica de sódio e cloreto e dos limites de compensação para os desequilíbrios ácido-básico primários. Os achados clínicos e a história também são necessários para definir os fatores que podem contribuir para o desenvolvimento de distúrbios mistos (CARLSON, BRUSS, 2008; LOPES; VENDRAME, 2006).

2.3 Efeito do pH no metabolismo ruminal

Para se ter uma boa compreensão acerca da fisiopatogenia das desordens metabólicas ruminais, é importante compreender os mecanismos fisiológicos desse órgão, bem como, os efeitos do pH frente o funcionamento ruminal como um todo. O rúmen pode ser compreendido como um ecossistema microbiano diverso e único. Seu meio é anaeróbico,

possuindo baixa concentração de oxigênio, com temperatura em torno de 39 a 42°C e pH que varia normalmente de 6,0 a 7,0 com base na dieta ofertada ao animal (KOZLOSKI, 2011).

No ambiente ruminal habitam três tipos de microorganismos ativos responsáveis pela fermentação alimentar: bactérias, fungos e protozoários. Os ruminantes apresentam um sofisticado sistema de simbiose com os microorganismos ruminais. O animal fornece o alimento e o ambiente para o crescimento microbiano, em troca os microrganismos fornecem ácidos graxos voláteis (AGV) principalmente, o acético, butírico e propiônico, como a principal fonte de energia para os ruminantes. Além dos ácidos, a proteína microbiana também é outro substrato oriundo desse sistema de simbiose (KOZLOSKI, 2011, REECE, 2014).

É de extrema necessidade que o pH do fluido ruminal seja mantido dentro de valores adequados, para que os microrganismos desempenhem suas funções de forma eficiente. O rúmen é um ambiente relativamente bem tamponado, principalmente pela saliva que possui um elevado teor de (HCO_3) e (HPO_4) sendo estes responsáveis pela sua alta alcalinidade (pH de 8,1). A saliva é responsável por tamponar cerca de metade dos ácidos graxos voláteis produzidos no rúmen (KOZLOSKI, 2011, REECE, 2014).

Além de prejudicar o funcionamento microbiano ruminal, mudanças acentuadas no pH interferem na absorção de ácidos graxos voláteis haja vista que a absorção é favorecida pelo alto gradiente de concentração e pelo gradiente de pH existente entre o fluido ruminal e o sangue (KOZLOSKI, 2011).

2.3.1 Acidose ruminal

A acidose ruminal surge como resultado da ingestão excessiva de carboidratos que são rapidamente fermentados no rúmen, em animais não adaptados, em mudanças bruscas na dieta, após período de jejum. A doença manifesta-se tanto sob a forma clínica e subclínica, acometendo principalmente vacas adultas em lactação e animais jovens em confinamento. Em algumas regiões do Brasil tal enfermidade pode representar cerca de 10% dos casos de distúrbios digestivos dos ruminantes (RIET-CORREA et al., 2007).

O desencadeamento da acidose é resultado de um desequilíbrio entre bactérias produtoras e consumidoras de lactato. Com a oferta excessiva de carboidratos solúveis, ocorre um aumento na produção de (AGV) com destaque o propionato, que ocasiona a diminuição do pH ruminal, favorecendo a proliferação de *Streptococcus bovis* e síntese significativa de ácido láctico, baixando o pH para valores menores que 5,5, prejudicando a atividade das

bactérias Gram-negativas como as celulolíticas e os protozoários (RIET-CORREA et al., 2007; ORTOLANI; MARUTA; MINERVINO 2010).

Quando o pH do fluido ruminal alcança valores extremos de 5,0 as bactérias *Streptococcus bovis* tendem a desaparecer e então os *Lactobacillus* sp., encontram o meio ideal para se desenvolverem. Conseqüentemente a estes eventos a microflora e a composição físico-química do rúmen ficam comprometidas, diminui-se a produção de (AGV) e aumenta substancialmente a produção de ácido láctico nas formas D e L, que posteriormente são absorvidas pelo organismo, desencadeando desordens no equilíbrio ácido-básico, por reduzir as reservas de (HCO₃), causando acidose metabólica e hemoconcentração (RIET-CORREA et al., 2007; ORTOLANI; MARUTA; MINERVINO 2010).

2.3.2 Alcalose ruminal

A alcalose ruminal embora frequente nos sistemas de produção de ruminantes ainda é uma enfermidade pouco estudada. Ocorre devido à alta concentração de amônia no rúmen. Diversas causas podem desencadear a enfermidade, desde os erros de manejo com incremento em excesso de proteínas solúveis no rúmen associado a baixos índices de energia, ingestão de alimentos deteriorados como silagens estragadas e água contaminada com fezes ou urina. No entanto, na maioria das vezes, costumam ser em decorrência do consumo exacerbado de ureia (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014).

A maior parte do nitrogênio consumido pelos ruminantes é convertido em amônia por ação da urease. Quando a quantidade de ureia é ofertada de forma excessiva acelera a produção de amônia. O excesso de amônia no rúmen (maior que 80 mg/dL), alcaliniza o fluido ruminal elevando sua taxa de absorção. Além do comprometimento ruminal, a intoxicação por ureia em casos graves pode ocasionar uma alcalose metabólica, com potencialidade de levar o animal à morte (GONÇALVES; TEXEIRA; SALVADOR, 2011; GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014).

2.4 Hemogasometria

A análise dos gases sanguíneos por meio da hemogasometria é o método mais adequado para diagnosticar alterações no equilíbrio ácido-básico dos líquidos e compensações orgânicas (SUCUPIRA; ORTOLANI, 2003; YAMAMOTO, 2008).

Os parâmetros avaliados por meio da hemogasometria segundo Yamamoto, (2008) são os seguintes:

- ✓ pH;
- ✓ Pressão parcial de oxigênio (pO_2) que faz referência ao oxigênio que é transportado no sangue;
- ✓ Pressão parcial de dióxido de carbono (pCO_2) que representa a quantidade de dióxido de carbono transportada pelo sangue;
- ✓ Saturação de oxigênio ($SatO_2$) representa a quantidade de oxigênio retido pela hemoglobina;
- ✓ Bicarbonato (HCO_3);
- ✓ CO_2 total indica a quantidade total de (CO_2) que pode ser recuperada de uma amostra de plasma coletado sob condições anaeróbicas;
- ✓ Excesso de base (EB) que é o número de miliequivalentes de ácido ou base necessários para titular 1L de sangue em pH de 7,4 a $37^\circ C$, em uma (pCO_2) constante de 40 mmHg;
- ✓ Intervalo aniônico ou *anion gap* que representa a diferença entre os principais cátions e ânions determinados.

O “excesso ou déficit” de base são parâmetros calculados a partir da análise de gases sanguíneos, que podem fornecer além da concentração de (HCO_3), informações valiosas para estimar o componente metabólico do desequilíbrio ácido-básico, auxiliando na identificação e distinção de acidose ou alcalose metabólica. Valores aumentados de (EB) indicam uma alcalose metabólica quando tais valores encontram-se diminuídos apontam para uma acidose metabólica. Através da análise do valor de (EB) é possível quantificar diretamente os tampões existentes no sangue. Tal análise se faz necessária para o cálculo da quantidade de tampão a fornecer a um animal com desequilíbrio ácido-básico (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014).

O cálculo do valor de (*anion gap*) também conhecido como hiato aniônico é um procedimento útil que auxilia na interpretação de distúrbios ácido-básicos. É utilizado para classificar os desequilíbrios como acidose metabólica devida a perda de (HCO_3) ou ao acúmulo excessivo de ácidos orgânicos, alcalose metabólica ou transtornos ácido-básicos mistos. O (*anion gap*) é calculado supondo-se que o organismo apresenta eletroneutralidade (quantidade total de *ânions* igual à de *cátions*) de modo que as cargas se equivalham. Os *cátions* comumente dosados são (Na^+) e (K^+) e os *ânions* (Cl^-) e (HCO_3) por meio da seguinte

equação: $\text{anion gap} = (\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{HCO}_3)$ (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; THRALL, 2006).

As diminuições no *anion gap* ocorrem mais comumente associadas à hipoalbuminemia (a diminuição das proteínas aniônicas acarretam o aumento de Cl^- como resposta compensatória), na acidose metabólica hiperclorêmica de origem gastrointestinal ou renal (perda de fluidos e bicarbonato), e também podem ser observado em casos de hiper-hidratação. As principais causas que cursam com o aumento do *anion gap* são: acidoses orgânicas (cetoacidose ou acidose láctica) e na insuficiência renal em decorrência a retenção de ácidos (CARLSON, BRUSS, 2008; THRALL, 2006).

A correta coleta e manipulação de amostras sanguíneas destinadas a análise hemogasométrica é tão importante quanto a interpretação dos valores de pH e pCO_2 no aparelho de hemogasometria. Amostras de sangue arterial são preferíveis em relação ao sangue venoso porque a oxigenação do sangue pode ser avaliada e a amostra não é alterada pela estase do fluxo sanguíneo e do metabolismo tecidual local. Por outro lado, o sangue venoso oferece informações a respeito da perfusão tecidual e do estado ácido-básico metabólico. A principal discrepância encontrada na análise de sangue arterial e venoso é a pO_2 (DIBARTOLA, 2007).

Os intervalos de referência encontrados na literatura para os principais parâmetros avaliados pela hemogasometria em bovinos estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 - Valores de referência dos principais parâmetros avaliados na hemogasometria.

PARÂMETROS	Bovinos adultos			
	González; Corrêa; Silva, 2014.	Carlson; Bruss, 2008.	Rasdostits et al., 2007.	Smith, 2006.
pH	7,29 - 7,40	7,32 - 7,44	7,35 - 7,50	7,31 - 7,53
HCO_3 (mmol/L)	20 - 29	20 - 30	20 - 30	17 - 29
EB (mm/L)	-2,3 - 3,7	-	-	-
pCO_2 (mmHg)	35 - 44	35-44	34 - 45	35 - 44
pO_2 (mmHg)	80 - 102	-	-	-
<i>anion gap</i> (mmol/L)	13,9 - 20,2	13,9-20,2	17,2	14 - 20

2.5 Equilíbrio eletrolítico

2.5.1 Sódio

O sódio é o principal cátion do fluido extracelular; é um cofator essencial para várias reações metabólicas como, por exemplo, o desencadeamento do potencial de membrana, importante para o desempenho de funções como as contrações musculares, transmissão de impulsos nervosos, dentre outros. Atua como indutor oculto na maioria das transferências de fluidos pelas superfícies epiteliais do organismo (CUNNINGHAM, 2004; THRALL, 2006).

A concentração de sódio no organismo deve-se ao balanço entre a ingestão do mineral na dieta e sua excreção na urina, nas fezes e no suor. Já a manutenção do equilíbrio se dá em ocorrência pelo mecanismo renina angiotensina aldosterona pelas superfícies epiteliais dos rins, no sistema gastrointestinal e nas glândulas sudoríparas (THRALL, 2006).

Alterações nos níveis séricos de (Na^+) , classificados como hiponatremia ou hipernatremia, são condições frequentemente encontradas em animais enfermos. A hiponatremia geralmente está associada à deficiência dietética. A depleção cônica de sódio já foi relatada em vacas leiteiras, sendo a dieta pobre em sal mineral ocorrendo a emigração do eletrólito para o leite, apontados como principais causas. Esta condição pode ser potencializada em vacas com mastite. A hiponatremia também pode ser ocasionada por perdas gastrointestinais como vômitos ou diarreia, hemorragias e doença renal com deficiência na reabsorção de (Na^+) (CARLSON; BRUSS, 2008; MICHELL, 1985).

A hipernatremia geralmente ocorre em consequência à excessiva retenção ou perda de água corporal devido à depleção excessiva deste mineral (desidratação hipertônica). A insuficiência cardíaca congestiva, a hipoalbuminemia e a fibrose hepática podem levar à incapacidade de manter um volume circulante eficaz, resultando em retenção renal de sódio compensatória (CARLSON; BRUSS, 2008; THRALL, 2006).

2.5.2 Potássio

O potássio é o principal cátion do fluido intracelular, 89% do conteúdo total deste eletrólito estão localizados no interior das células. A disposição de (K^+) através da membrana celular desempenha uma função determinante na manutenção da excitabilidade cardíaca e neuromuscular. O potássio exerce um papel significativo na manutenção do ritmo e da

frequência cardíaca, no controle renal de (Na^+) no metabolismo acidobásico e em vários processos metabólicos intermediários (CARLSON; BRUSS, 2008; REECE, 2014; THRALL, 2006).

A hipocalemia em bovinos pode ocorrer secundariamente à anorexia, diarreia, torção à direita e impactação de abomaso. Tal condição leva a um aumento no potencial de membrana, desencadeando bloqueio da hiperpolarização. Embora na maioria dos casos não seja suficientemente acentuada, os principais sinais clínicos são debilidade muscular, arritmias cardíacas, rabdomiólise, alterações renais (poliúria) e câimbras (GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; RADOSTITS et al., 2007).

A hipercalemia geralmente está associada a casos de comprometimento da função renal em excretar (K^+) e a casos de acidose metabólica onde uma quantidade excedente de prótons (H^+) no (FEC) penetram nas células e são tamponados pelas proteínas intracelulares. O aumento nos níveis de potássio causa diminuição do potencial de ação das membranas musculares reduzindo assim a excitabilidade do músculo, enquanto a hipocalemia está associada à contração espástica, a hipercalemia causa flacidez e dilatação cardíaca (CARLSON; BRUSS, 2008; GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; THRALL, 2006).

2.5.3 Cloro

O cloro é o principal ânion do (FEC) e corresponde a aproximadamente 2/3 dos ânions do plasma. Este eletrólito é filtrado pelos glomérulos e reabsorvido nos túbulos renais. Atua principalmente no mecanismo de transporte que envolve o equilíbrio entre água e cátion e como ânion conjugado no metabolismo acidobásico (MORAIS; BIONDO, 2007; THRALL, 2006).

A concentração de (Cl^-) tende a ser secundariamente controlada pelas concentrações de (Na^+) e bicarbonato. Caso ocorra excesso na excreção de sódio pelos rins o cloreto geralmente irá acompanhá-lo. E em consequência a uma condição de alcalose, onde o nível plasmático de bicarbonato se eleve, quantidade do íon cloro será excretada, para manter a eletroneutralidade (REECE, 2014).

Casos de hiperclorêmia são observados em associação com uma acidose metabólica de intervalo anionico baixo a normal como decorrência do aumento da reabsorção renal de cloro, como resposta diminuição da relação entre íons cloreto e bicarbonato, pela redução do bicarbonato plasmático. A elevação dos níveis de cloro também podem ser observadas em

casos de respostas compensatórias a uma alcalose respiratória (CARLSON; BRUSS, 2008; GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014).

A hipocloremia é uma característica consistente da alcalose metabólica (a diminuição de cloro se dá em consequência ao aumento de (HCO_3^-)) ou numa acidose respiratória compensada, onde se eleva a absorção de bicarbonato que ocasiona perda de (Cl^-) . Em bovinos, é comum se observar casos associado com alcalose metabólica em animais acometidos com deslocamento de abomaso para direita ou esquerda e em processos obstrutivos nos segmentos proximais do intestino delgado. A diminuição ou atraso do fluxo do conteúdo abomasal para o duodeno compromete a absorção intestinal de cloretos, ocasionando assim o quadro (BARROS FILHO; BORGES, 2007; GONZÁLEZ; CORRÊA; SILVA, 2014; SMITH, 2006).

2.5.4 Cálcio

O cálcio é um eletrólito fundamental para manutenção de muitos processos vitais do organismo. Em torno de 98% deste localiza-se no esqueleto onde em associação com o fosfato atuam no processo de resistência estrutural e dureza do osso. Os outros 2% são encontrados nos fluidos extracelulares. Além da função estrutural nos ossos o cálcio extracelular é necessário para processos de reações enzimáticas, transporte e estabilidade de membranas, coagulação sanguínea, transmissão neuromuscular secreção hormonal, desenvolvimento e divisão celular, dentre outras (REECE, 2014; SCHENCK et al., 2007).

Grandes alterações nas concentrações séricas de cálcio geralmente ocorrem em decorrência a falhas nos mecanismos homeostáticos deste eletrólito, e não como resultado de um déficit de cálcio absoluto. A hipocalcemia é uma das principais enfermidades do gado leiteiro conhecida também como “paresia puerperal bovina ou febre do leite”, ocorre na maioria das vezes quando o início rápido da produção de colostro e leite provoca diminuição aguda do cálcio sérico ionizado. Esta enfermidade é a principal causa de morte em vacas leiteiras adultas, nos rebanhos brasileiros a incidência anual da forma clínica é de 3 a 15% podendo alcançar 50% do rebanho sob a forma subclínica (CAVALIERI; SANTOS, 2001; SANTOS, 2011; SMITH, 2006).

Algumas doenças sistêmicas que acarretam anorexia como, cetose, deslocamento de abomaso, reticuloperitonite traumática ou condições de toxemia aguda em vacas leiteiras como mastite por coliformes pneumonia aspirativa e septicemias possivelmente podem acarretar quadros de hipocalcemia (SMITH, 2006).

2.5.5 Fósforo

O fósforo é o principal ânion intracelular do organismo, tem seu metabolismo controlado por uma estreita interação com o cálcio. Desempenha importante função na estrutura e funcionamento celular, é essencial aos processos de degradação e síntese de diversos compostos. O fósforo sob a forma de trifosfato de adenosina (ATP), difosfato de adenosina (ADP), e monofosfato de adenosina (AMP) é a principal forma de armazenamento e fornecimento de energia necessária para quase todos os processos biológicos (DIBARTOLA; WILLARD, 2007; THRALL, 2006; SMITH, 2006).

Os níveis sanguíneos de fósforo não fornecem indicações confiáveis do conteúdo do elemento em um animal, pois a concentração deste eletrólito pode permanecer em nível normal por longos períodos, mesmo em bovinos acometidos com séria deficiência de fósforo (RADOSTITS et al., 2007).

A hipofosfatemia pode ser um achado comum em vacas com hipocalcemia puerperal. A hemoglobínúria pós-parto é um distúrbio encontrado principalmente em bovinos leiteiros que geralmente está associado a dietas com baixos níveis de fósforo. Casos de hiperfosfatemia podem ser observados em animais intoxicados por vitamina D (SMITH, 2006).

2.5.6 Magnésio

Pouca atenção tem se dado ao magnésio na medicina veterinária. Estimativas apontam que 99% deste eletrólito estejam presentes no (FIC). Aproximadamente 67% estão armazenados nos ossos em associação com cálcio e fósforo, 20% no tecido muscular e 11% em outros tecidos moles. Sua principal função é a de cofator na produção de ATP, assegurando energia para atividade de bombas de íons intracelulares, tais como Na^+/K^+ -ATPase, HCO_3^- -ATPase e Ca^{2+} -ATPase (BATEMAN, 2007).

São desempenhadas também pelo magnésio algumas funções estruturais nos processos de desenvolvimento e manutenção óssea; liberação de PTH pelas glândulas paratireoides; desempenha papel fundamental na mitocôndria durante o processo de fosforilação oxidativa e no metabolismo anaeróbico da glicose; síntese e degradação de ácido desorribonucléico (BATEMAN, 2007; THRALL, 2006).

A hipomagnesemia em ruminantes pode ser observada em duas situações principais, a primeira é a conhecida “tetania do leite” os afetados são bezerras submetidos à dieta exclusivamente a base de leite com baixo teor de (Mg^+). A segunda é a “tetania das

pastagens” que se manifesta em animais adultos alimentados com forragens verdes jovens que possuem altos teores de (K+), o potássio bloqueia a absorção de magnésio no rúmen (BATEMAN, 2007; THRALL, 2006).

Em vacas leiteiras de elevada produção fatores que levam a redução do consumo voluntário de alimentos como acidose ruminal, cetose subclínica e estresse por podem desencadear hipomagnesemia (CORBELLINI, 1998).

A manifestação clínica da hipomagnesemia se caracteriza por excitabilidade neuromuscular, fasciculações e tremores musculares podendo evoluir para decúbito lateral. Opistótonos e convulsões podem ser observadas na fase terminal, podendo levar o animal a morte por parada cardíaca ou respiratória.

O aumento sérico dos níveis de magnésio geralmente está associado a deficiência em sua excreção. O excesso deste mineral no organismo é controlado pela excreção fecal e urinária (THRALL, 2006). Raramente são vistos sinais clínicos desencadeados pela hipermagnesemia, quando ocorrem caracterizam-se por disfunção neuromuscular mais expressivamente paresia e paralisia, depressão cardiovascular hipotensão, arritmias e distúrbios gastrintestinais como náuseas e vômito (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011; THRALL, 2006).

No quadro 2 está descrito os principais intervalos de referência encontrados nas principais literaturas clássicas para bovinos.

Quadro 2 - Valores de referência dos principais eletrólitos em bovinos.

Parâmetros	Bovinos			
	Kaneko et al., 2008.	Rasdotits et al., 2007.	Smith, 2006.	Thrall, 2006.
Na (mEq/L)	132 – 152	132 - 152	132 – 152	136 - 147
K (mEq/L)	3,9 - 5,8	3,9 - 5,8	3,9 - 5,8	3,6 - 5,2
Cl (mEq/L)	97 – 111	95 - 110	97 – 111	95 - 105
Ca (mg/dL)	9,7 - 12,4	9,7-12,4	9,7 - 12,4	8,2 - 9,9
Mg (mg/dL)	1,8 - 2,3	1,8 - 2,3	1,8 - 2,3	-
P (mg/dL)	5,6 - 6,5	5,6 - 6,5	5,6 - 6,5	4,3 - 7

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O município de Patos está localizado na região Nordeste, mesorregião do sertão paraibano. Situado a latitude -7.079836° e longitude -37.272817° , com altitude de 264 metros. As temperaturas mínimas variam em torno de 22°C e as máximas em torno de 38°C (INMET, 2016). A avaliação hemogasométrica foi realizada em uma fazenda de exploração leiteira localizada no município de Patos - PB. Já as análises dos eletrólitos, lactato e hemoglobina foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Campina Grande.

3.2 Animais e manejo

Para o experimento foram utilizados cinquenta e dois animais hígidos. Sendo trinta vacas adultas com idade variando de 4 a 9 anos, em diferentes estágios de lactação e vinte e dois bezerros de ambos os sexos, com idade variando de 2 a 11 meses.

As vacas na propriedade são manejadas em regime semi-intensivo, sendo a forragem ofertada sob a forma de pastejo rotacionado com as variedades de capins *Panicum maximum* cv. tanzânia e *Panicum maximum* cv. mombaça e capim elefante (*Pennisetum purpureum*) moído. As mesmas são ordenhadas duas vezes ao dia e recebem uma média de 1 kg de concentrado a base de milho (60%), soja (30%), e farelo de trigo (10%) por dia para cada 4L de leite produzidos, sendo dividido essa oferta em metade manhã e o restante à tarde, sempre no momento da ordenha. É ofertado sal mineral à vontade.

Os bezerros são mantidos com a vaca durante 12 horas por dia até atingirem uma média de dois meses. Posteriormente são separados das vacas e passam a ser alimentados em cocho coletivo com capim elefante (*Pennisetum purpureum*) moído, e mistura múltipla preparada na própria propriedade.

3.3 Coleta, processamento e análise das amostras

As amostras de sangue foram coletadas por meio de punção da veia jugular externa após contenção física do animal e desinfecção local com álcool iodado. Para as vacas foram

utilizadas seringas estéreis de 5 mL e agulhas hipodérmicas descartáveis (40 X 12 mm), para os bezerros seringas estéreis de 3 mL e agulhas hipodérmicas (25 X 7 mm).

As seringas foram heparinizadas com heparina de sódio, conforme descreve Dibartola (2007). Simultaneamente a coleta de sangue, foi aferida temperatura retal dos animais.

Após a coleta do sangue a agulha era dobrada para evitar a exposição da amostra ao oxigênio, e encaminhada imediatamente para análise hemogasométrica do sangue heparinizado em Hemogasômetro modelo AGS 22 (Drake). Os valores de pH, Pressão Parcial de Oxigênio (pO_2), Pressão Parcial do Dióxido de Carbono (pCO_2) foram mensurados através de eletrodos específicos. A concentração de bicarbonato foi obtida indiretamente através da Equação de Henderson-Hasselbalch:

$$[HCO_3^-] = 0,031PCO_2 \times 10^{(pH-6,1)}$$

A Saturação de Oxigênio (Sat O_2) foi obtida indiretamente a partir da pressão parcial de oxigênio segundo Kelman e Thomas. O total de gás carbônico (TCO_2) e excesso de base (EB) foram indiretamente obtidos conforme equações abaixo:

$$TCO_2 = (HCO_3^-) + 0,031PCO_2$$

$$BE = (1-0,014Hb)([HCO_3^-]-24) + (9,5+1,63Hb)(pH - 7,4), \text{ segundo Siggaard-Andersen}$$

Os valores obtidos foram transcritos para fichas de dados e armazenados. Subsequente à análise hemogasométrica foi retirado 100 microlitros de sangue total da amostra e armazenado em eppendorf sob-refrigeração para posteriormente ser calculada a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM). O plasma heparinizado foi separado por centrifugação a (2.500 RPM) durante 10 minutos, e acondicionado em caixa de isopor com gelo reciclável. Os eletrólitos (sódio, potássio, cloro e cálcio) foram mensurados através de eletrodos específicos em analisador de eletrólitos (Max íon, Maxion, China) e os valores de magnésio e fósforo e lactato foram obtidos através de ensaios enzimáticos colorimétricos em analisador Bioquímico automatizado (Cobas C111 – Roche).

Após a obtenção dos valores de (CHCM) os dados da hemogasometria foram transcritos para o Microsoft Excel e por meio deste Software mediante protocolo padrão do laboratório foram corrigidos os valores de bicarbonato, saturação de oxigênio, total de gás

carbônico e excesso de base. Por meio da mesma planilha do Excel foram calculados os valores de *anion gap*, utilizando a fórmula $(\text{Na}) - (\text{Cl} + \text{HCO}_3) = \text{AG}$.

3.4 Análise estatística

Foi realizada uma estatística descritiva dos parâmetros de equilíbrio ácido-básico e eletrolíticos expressa na forma de média e desvio padrão.

4 RESULTADOS

Tabela 1 - Médias (\bar{X}) e desvios padrões (DP) dos valores encontrados na análise hemogasométrica das vacas e bezerros amostrados.

PARÂMETRO	VACAS	BEZERROS
	$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$
pH	7,39 \pm 0,03	7,30 \pm 0,03
Bicarbonato (mmol/L)	27,31 \pm 2,87	26,94 \pm 2,44
pO ₂ (mmHg)	27,8 \pm 5,05	37,80 \pm 6,07
pCO ₂ (mmHg)	44,26 \pm 3,41	53,57 \pm 3,76
SatO ₂	36,47 \pm 12,36	45,37 \pm 8,21
TCO ₂	28,72 \pm 3,12	28,45 \pm 2,58
Excesso de Base (mm/L)	2,75 \pm 3,12	-0,10 \pm 2,93
Anion gap (mmol/L)	7,41 \pm 10,39	22,52 \pm 19,96

Tabela 2 - Médias (\bar{X}) e desvios padrões (DP) dos valores encontrados na análise eletrolítica das vacas e bezerros amostrados.

PARÂMETRO	VACAS	BEZERROS
	$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$
Sódio (mmol/L)	143,90 \pm 16,56	158,87 \pm 28,75
Potássio (mmol/L)	4,40 \pm 0,45	4,66 \pm 0,72
Cloro (mmol/L)	109,17 \pm 6,47	109,40 \pm 11,39
Cálcio total (mg/dL)	8,68 \pm 0,73	8,72 \pm 0,80
Magnésio (mmol/L)	0,81 \pm 0,16	-
Fósforo (mg/dL)	5,65 \pm 1,10	-

Tabela 3 - Médias (\bar{X}) e desvios padrões (DP) dos valores encontrados de hemoglobina lactato e temperatura retal nas vacas e bezerros amostrados.

PARÂMETRO	VACAS	BEZERROS
	$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$
Hemoglobina	11,14 \pm 2,43	10,43 \pm 2,29
Lactato (mg/dL)	9,90 \pm 2,74	-
Temperatura retal	38,34 \pm 0,40	39,07 \pm 0,36

5 DISCUSSÃO

Os parâmetros hemogasométricos (pH, bicarbonato, (pCO₂), *Anion gap* e excesso de base) das vacas amostradas, mostraram-se similares aos intervalos de referência citados em literaturas, como pode se observar na tabela 4. Embora o sangue arterial seja preferencial para realização da análise hemogasométrica, foi constatado que a análise do sangue venoso foi eficiente em descrever os parâmetros avaliados, além de, oferecer uma maior facilidade na coleta. Em contrapartida ao sangue arterial o sangue venoso oferece informações a respeito da perfusão tecidual e do estado ácido-básico metabólico, sendo este também de grande utilidade em descrever o quadro clínico do animal (DIBARTOLA, 2007). A respeito das observações feitas sobre a utilização do sangue venoso, constata que Rodrigues et al., (2013), Carlson e Bruss (2008) e Sucupira e Ortolani (2003) também fizeram considerações similares.

Tabela 4 – Médias (\bar{X}) e respectivos desvios padrões (DP) dos principais parâmetros avaliados pela hemogasometria nas vacas, e intervalos de referências para tais parâmetros.

PARÂMETRO	$\bar{X} \pm DP$	Valores de referência para bovinos			
		González; Corrêa; Silva, 2014.	Carlson; Bruss, 2008.	Rasdostits et al., 2007.	Smith, 2006.
pH	7,39 \pm 0,03	7,29 - 7,40	7,32 - 7,44	7,35 - 7,50	7,31 - 7,53
HCO ₃ (mmol/L)	27,31 \pm 2,87	20 – 29	20 – 30	20 – 30	17 – 29
pCO ₂ (mmHg)	44,26 \pm 3,41	35 – 44	35 – 44	34 – 45	35 – 44
EB (mm/L)	2,75 \pm 3,12	-2,3 - 3,7	-	-	-
<i>Anion gap</i> (mmol/L)	7,41 \pm 10,39	13,9 - 20,2	13,9 - 20,2	17,2	14 – 20

Por outro lado o valor médio da (pCO₂) encontrado foi muito próximo aos limites máximos. Sugere-se que este leve aumento seja consequência dos efeitos climáticos, em especial as elevadas temperaturas que normalmente são vistas na região, uma vez que Tranquilli, Thurmon e Grimm (2013) atestaram que alterações na temperatura corpórea podem interferir na concentração de prótons no organismo alterando o pH sanguíneo em 0,015 a 0,02 unidades/°C. A medida que a temperatura corpórea aumenta, a pK_a e a

solubilidade de (CO_2) no sangue diminuem, ocasionando diminuição do pH e elevação da (pCO_2).

O pH e a média dos valores de bicarbonato também mantiveram-se dentro da faixa de normalidade, porém, assim como a (pCO_2), foi verificado que o bicarbonato esteve próximo aos limites máximos. Tal fato que pode ser justificado com base na equação ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$), ao ponto que se eleva os níveis de (CO_2) a equação é deslocada para a direita, formando ácido carbônico, este se dissocia em (H^+) e (HCO_3^-), em animais hígidos o próton é excretado pelos rins ou tamponado pelos mais diferentes mecanismos, e o bicarbonato formado é deslocado para o (FEC), podendo este realmente ser visto próximo aos valores máximos (CARLSON; BRUSS, 2008; DIBARTOLA, 2007).

Os valores médios de total de gás carbônico e excesso de base foram similares aos encontrados por Rodrigues et al., (2013), Lisboa et al., (2001) e Sucupira e Ortolani (2003).

Os resultados de (pO_2) para vacas e bezerros foram ($27,8 \pm 5,05$) e ($37,80 \pm 6,07$), respectivamente. No entanto, não foram encontrados na literatura muitas informações sobre este parâmetro para as categorias animais estudadas, possivelmente porque é mais amplamente estudado quando se avalia sangue arterial. Sucupira e Ortolani (2003) afirmam que a análise da (pO_2) em sangue venoso não reflete os valores reais de oxigênio transportado no sangue, pois apresentam valores muito discrepantes, o que não foi tão evidente nos valores encontrados neste trabalho. Os valores de (pO_2) das vacas foram semelhantes aos que os autores citados anteriormente encontraram.

A média de (SatO_2) nas vacas que representa a quantidade de oxigênio retido pela hemoglobina, foi de ($36,47 \pm 12,36$) apresentando similaridade com os valores encontrados por Rodrigues et al., (2013).

Os valores médios dos eletrólitos das vacas, seguidos dos intervalos de referência das principais literaturas estão descritos na tabela 5. Os níveis de sódio, potássio cloro e fósforo estavam normais, enquanto que os níveis de cálcio e magnésio levemente baixos, quando comparados aos níveis de normalidade.

Tabela 5 – Médias (\bar{X}) e respectivos desvios padrões (DP) dos eletrólitos nas vacas e intervalo de referências.

PARÂMETRO	$\bar{X} \pm DP$	Valores de referência para bovinos			
		Kaneko et al., (2008).	Thrall, (2006).	Rasdostits et al., (2007).	González; Corrêa; Silva, (2014)
Sódio (mmol/L)	143,90 \pm 16,56	132 – 152	136 – 147	132 – 152	132 – 152
Potássio (mmol/L)	4,40 \pm 0,45	3,9 - 5,8	3,6 - 5,2	3,9 - 5,8	4,4 - 5,3
Cloro (mmol/L)	109,17 \pm 6,47	97 – 111	95 – 105	95 – 110	-
Cálcio total (mg/dL)	8,68 \pm 0,73	9,7 - 12,4	8,2 - 9,9	9,7-12,4	8,0 - 12,4
Magnésio (mmol/L)	0,81 \pm 0,16	1,8 - 2,3	-	1,8 - 2,3	1,7 – 3,0
Fósforo (mg/dL)	5,65 \pm 1,10	5,6 - 6,5	4,3 – 7	5,6 - 6,5	3,4 – 7,1

O nível de magnésio plasmático levemente baixo, pode estar relacionado as suas concentrações nas pastagens, ou a presença de elementos antagônicos, pois, segundo Gonzáles, Corrêa e Silva (2014) pastagens que apresentam ciclo vegetativo rápido (como no caso os capins do gênero *Panicum* sp.) podem possuir elevadas concentrações de nitrogênio e potássio, e estes interferem na absorção de magnésio. Como os níveis de potássio mensurados apresentaram-se dentro dos limites de normalidade, supõe-se que, caso exista um excesso de potássio, este está sendo excretado via urina, ou que as pastagens estejam realmente com baixos níveis de magnésio.

Os valores de cálcio total das vacas (8,68 \pm 0,73), encontraram-se abaixo dos valores citados por Kaneko et al., (2008) e Rasdostits et al., (2007), no entanto, para Thrall (2006) e González; Corrêa; Silva (2014) normais, sendo tal observação em decorrência ao fato de se tratar de vacas leiteiras com alto potencial produtivo, segundo González; Corrêa; Silva (2014), dietas deficientes em magnésio causam inibição da mobilização do cálcio, podendo interferir na absorção intestinal deste eletrólito, outro fator que pode ser apontado como determinante pois a média dos valores de magnésio também foi baixa.

O lactato é um produto intermediário do metabolismo dos carboidratos, sendo este o produto final da glicólise anaeróbica. Em ruminantes a principal desordem que cursa com aumento dos níveis sanguíneos de lactato é a acidose láctica ruminal. A média dos valores plasmáticos de lactato das vacas e seu respectivo desvio padrão foi $(9,90 \pm 2,74 \text{ mg/dL})$. O valor encontrado de lactato está inserido nos valores de referência citados por Kaneko et al., (2008); Gonzáles, Corrêa e Silva, (2014).

A média dos valores de temperatura retal das vacas manteve-se inserida dentro dos intervalos de referência das principais literaturas encontradas, tais correlações são descritas na tabela 6.

Tabela 6 – Médias (\bar{X}) e respectivos desvios padrões (**DP**) dos valores de Temperatura retal das vacas e intervalos de referências para tais parâmetros.

PARÂMETRO	$\bar{X} \pm \text{DP}$	Valores de referência para bovinos		
		Feitosa, (2014).	Smith, (2006).	Radostits et al., (2007).
Temperatura retal	$38,34 \pm 0,4$	37,80 – 39,2	38 – 39	38,5 – 39,5

Assim como discutido anteriormente há respeito da análise dos resultados encontrados nas vacas, há pouca literatura científica que retrate o perfil hemogasométrico de bezerros hígdios criados no semiárido com idade igual ou superior a 2 meses. Grande parte dos dados da literatura expressam valores de normalidade para bezerros com até 30 dias de idade.

O valor médio de pH nos bezerros foi ligeiramente ácido quando comparado aos valores das vacas e com relação aos intervalos de referências citados na tabela 7, sendo tal característica sugestiva de uma leve acidose. A possível explicação para o valor médio de pH está discretamente reduzido, assim como a (pCO_2) aumentada, pode ser a mesma feita para as vacas, com base na descrição dos efeitos da temperatura sob tais parâmetros segundo Tranquilli, Thurmon e Grimm (2013), haja vista que os bezerros amostrados são alojados em curral sem cobertura adequada para proteção da luz solar.

A média dos valores de pCO_2 acima dos intervalos de referência, como citado na tabela 7.

A média dos valores de bicarbonato mostrou-se dentro dos intervalos de normalidades citados para bovinos adultos na tabela 4, porém não foram similares aos valores encontrados

para bezerros com idade variando de 3 a 30 dias citados pelas literaturas descritas na tabela 10. Com base em tais observações supõe-se que os parâmetros para (HCO_3) nos bezerros amostrados assemelham-se mais com os valores de referência para vacas que para os bezerros de até 30 dias de idade.

Tabela 7 – Médias (\bar{X}) e respectivos desvios padrões (DP) dos principais parâmetros avaliados pela hemogasometria nos bezerros, e intervalos de referências para tais parâmetros.

PARÂMETRO	$\bar{X} \pm \text{DP}$	Valores de referência para bezerros		
		Silva; Silva; Fagliari, 2010. (Bez. 10-15 dias)	Freitas et al., (2009) (Bez. 30 dias)	Ferreira, (2012) (Bez. 3 dias)
pH	7,30 \pm 0,03	7,35 \pm 0,3	7,41 \pm 0,04	7,39 \pm 0,04
Bicarbonato (mmol/L)	26,94 \pm 2,44	24,7 \pm 1,77	28,78 \pm 1,3	30,85 \pm 3,61
pCO₂ (mmHg)	53,57 \pm 3,76	46,6 \pm 2,91	45,9 \pm 3,5	49,90 \pm 6,42
pO₂ (mmHg)	37,80 \pm 6,07	38,5 \pm 5,17	-	-
Excesso de Base (mm/L)	-0,10 \pm 2,93	-0,72 \pm 1,95	4,16 \pm 1,5	5,85 \pm 3,89
Total CO₂ (mmol/L)	28,45 \pm 2,58	22,7 \pm 1,30	30,2 \pm 1,5	32,34 \pm 3,82
Saturação de O₂	45,37 \pm 8,21	60,20 \pm 4,80	-	-
Anion gap (mmol/L)	22,52 \pm 19,96	-	12 \pm 1,5	10,43 \pm 3,20

Os valores de (SatO_2) dos bezerros diferiu dos resultados encontrados por Silva; Silva; Fagliari, (2010) em trabalho realizado com bezerros de dez a quinze dias, porém foram similares aos valores encontrados por Lisbôa et al (2002) em trabalho com bovinos com idade de um a cinco anos.

A respeito da média e o respectivo desvio padrão observados nos valores de excesso de base dos bezerros nota-se que os animais jovens apresentaram valores mais baixos para tal parâmetro. Em trabalho realizado com caprinos Nunes et al., (2014) também observou menor média para o excesso de base em animais jovens comparado com os adultos. A média dos valores de (EB) apresentam similaridade com os encontrados por Silva, Silva e Fagliari,

(2010) em bezerros com idade entre 10-15 dias, e está de acordo com o intervalo de referência citado por Gonzáles, Corrêa e Silva, (2014) e Lisbôa et al., (2001) para bovinos adultos.

A média dos valores de *anion gap* dos bezerros foi bastante diferente do encontrado nas vacas, apresentando considerável discrepância, além de desvio padrão elevado. As alterações nos valores de *anion gap* podem estar relacionadas aos níveis de sódio que também se mostraram elevados.

Os valores de potássio, cloro e cálcio avaliados nos bezerros foram similares aos citados na tabela 5. Já a média dos valores de sódio consideravelmente elevadas e as de cálcio ligeiramente diminuído.

A elevação nos níveis de sódio nos bezerros pode estar associada a possíveis causas que cursem com moderada desidratação como, privação de água e estresse térmico, conforme sugerido por Gonzáles, Corrêa e Silva (2014); Stockham e Scott (2011) e Smith (2006). Outras possíveis hipóteses que pode ter levado a elevações nos níveis deste eletrólito nos bezerros é a água ofertada aos animais que por ser de poço e apresentar caráter salino pode conter níveis elevados de sódio e a suplementação à vontade com mistura múltipla.

A temperatura retal média encontrada nos bezerros ($39,07 \pm 0,36$) apresentou-se inserida no intervalo de referência citado por Feitosa (2014).

A média dos valores de hemoglobina, tanto das vacas ($11,14 \pm 2,43$) como dos bezerros ($10,43 \pm 2,29$) esteve dentro dos valores de referência citados por Kaneko et al., (2008).

6 CONCLUSÃO

Ao se consultar a literatura científica a respeito dos parâmetros hemogasométricos dos animais amostrados, poucos dados foram encontrados quando se trata de animais mestiças de alta cruza holandês, hípidos e mantidos na região semiárida. A literatura na maioria das vezes expressa dados de animais de outras regiões, até mesmo de fora do Brasil, quando se trata dos bezerros a maioria dos trabalhos refletem parâmetros de animais de até 30 dias de idade.

A maioria dos valores médios encontrados para os parâmetros avaliados foram similares aos citados na literatura. Podendo os resultados obtidos serem usados como valores de referência para vacas adultas e bezerros de aptidão leiteira criadas na região semiárida, servindo ainda como base de referência para elucidação de diagnósticos e formulação de protocolos terapêuticos, seja no Hospital Veterinário da UFCG ou no âmbito da buiatria como um todo.

REFERÊNCIAS

- AQUINO-NETO, H. M. **PERFIL HIDROELETROLÍTICO, ÁCIDO-BASE, METABÓLICO E MINERAL DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA NO PÓS-PARTO E AVALIAÇÃO DA FLUIDOTERAPIA ORAL**. Belo Horizonte: UFMG, 2012. 104 p. Tese (Doutorado). Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. Disponível em <file:///C:/Users/vet/Downloads/perfil_hidroeletrolatico_acido-base_metabalico_e_mineral_de_vacas_lei.pdf > . Acesso em: 10 out. 2016.
- BARROS FILHO, I. R.; BORGES, I. R. J. Deslocamento de abomaso. In: RIET-CORREA, F. R. **Doenças de Ruminantes e Equinos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 2007. v. 1. p. 355 -365.
- BATEMAN, S. Distúrbios Relacionados ao Magnésio: Déficit e Excesso. In: DIBARTOLA, S. P. **ANORMALIDADES DE FLUIDOS, ELETRÓLITOS E EQUILÍBRIO ÁCIDO – BÁSICO na Clínica de Pequenos Animais**. 3 ed. São Paulo: Roca, 2007. p. 198 – 213.
- BERCHIELLI, T. T; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011.
- CARLSON, G. P.; BRUSS, M. Fluid, electrolyte and acid-base balance. In: KANEKO, J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. London: Academic Press, 2008. p. 529-559. Disponível em: <file:///C:/Users/vet/Downloads/perfil_hidroeletrolatico_acido-base_metabalico_e_mineral_de_vacas_lei.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016.
- CAVALIERI F. L. B.; SANTOS G. T. **Balanco catiônico-aniônico em vacas leiteiras no pré-parto**. 2001. Disponível em <http:// www.nupel.uem.br/balanco.pdf>Acesso em 15 out. 2016.
- Companhia Nacional de Abastecimento. **LEITE E DERIVADOS**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_04_17_33_34_leite_abril_2016.pdf>. Acesso em: 27 out. 2016.
- CORBELLINI, C. N. Etiopatogenia e controle da hipocalcemia e hipomagnesemia em vacas leiteiras. Traduzido por GONZÁLEZ, F. H. D. IN: GONZÁLEZ, F. H. D.; OSPINA, H. P.; BARCELLOS, J. O. J. **Anais do Seminário Internacional sobre deficiências Minerais em Ruminantes**. Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS. Brasil. 1998. Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/clinicacv/AULUSCAVALIERICARCIOFI/hipocalcemia-vaca-leiteira.pdf>. Acesso em: 15 out. 2016.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia Veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- DIBARTOLA, S. P. Introdução aos Distúrbios Ácido-básicos. In: DIBARTOLA, S. P. **ANORMALIDADES DE FLUIDOS, ELETRÓLITOS E EQUILÍBRIO ÁCIDO – BÁSICO na Clínica de Pequenos Animais**. 3 ed. São Paulo: Roca, 2007. p. 217 – 295.

DIBARTOLA, S. P.; WILLARD, M. D. Distúrbios Relacionados ao Fósforo: Hipo e Hiperfosfatemia. In: DIBARTOLA, S. P. **ANORMALIDADES DE FLUIDOS, ELETRÓLITOS E EQUILÍBRIO ÁCIDO – BÁSICO na Clínica de Pequenos Animais**. 3 ed. São Paulo: Roca, 2007. p. 184 – 1213.

DRAGE, S.; WILKINSON, D. Acid-base balance. **Pharmacology**, v.3, n.12, p.1-13, 2001. Disponível em: < <http://www.wfsahq.org/archive-update-in-anaesthesia/update-in-anaesthesia/update-013/download>>. Acesso em: 12 set. 2016.

FEITOSA, F. L. F. **SEMIOLOGIA VETERINÁRIA: A arte do Diagnóstico**. 3 ed. São Paulo: Roca, 2014.

FERREIRA, L. O. **PERFIL BIOQUÍMICO E ELETROLÍTICO, EQUILÍBRIO ÁCIDO- BASE E TRANSFERÊNCIA DE IMUNIDADE PASSIVA DE BEZERRAS ORIUNDAS DE PARTOS EUTÓCICOS E DISTÓCICOS**. Belo Horizonte: UFMG, 2012. 80 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-95ZH3R/final_disserta__o.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 out. 2016.

FREITAS, M. D.; FERREIRA, M. G.; FERREIRA, P. M.; CARVALHO, A. U.; LAGE, A. P.; HEINEMANN, M. B.; FILHO, E. J. F. Equilíbrio eletrolítico e ácido-base em bovinos. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2608–2615, 2010.

FREITAS, M. D. **Avaliação dos parâmetros clínicos e laboratoriais de bezerras com diarreia neonatal naturalmente adquirida**. Belo Horizonte: UFMG , 2009. 85 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais , Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SSLA-83KKES/aval._dos_parametros.pdf?sequence=1>. Acesso em 10 out. 2016.

GONÇALVES, C. C. M.; TEIXEIRA, J. C.; SALVADOR, F. M. **Ureia na alimentação de ruminantes**. Ilhéus: Departamento de Pós Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Santa Cruz, 2011. 30 p. [Apostila]. Disponível em: <[file:///C:/Users/vet/Downloads/bol_101%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/vet/Downloads/bol_101%20(1).pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2016.

GONZÁLES, F. H. D.; CORRÊA, M. N.; SILVA, S. C. **Transtornos metabólicos nos animais domésticos**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2014.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
IBGE. **Produção de leite – Brasil**. Disponível em: < <https://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/estatisticas/estatisticas-do-leite-milkpoint-96897n.aspx>>. Acesso em: 10 out. 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em 20 de nov. 2016.

KANEKO, J.J. et al. **Clinical biochemistry of domestic animal**. 6.ed. San Diego, California, USA Elsevier, 2008.

KLEINS, B. G. **Cunningham TRATADO DE FISIOLOGIA VETERINÁRIA**.5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

KOZLOSKI, G. V. **BIOQUÍMICA DOS RUMINANTES**. 3. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

LISBÔA, J. A. N. et al. Tempo De Viabilidade De Amostras De Sangue Venoso Bovino Destinadas Ao Exame Hemogasométrico, Quando Mantidas Sob Conservação Em Água Gelada. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 271–276, 2001.

LOPES, R. D.; VENDRAME, L. S. Distúrbios dos fluidos e eletrólitos. In: LOPES, A. C. **Diagnóstico e tratamento**. Barueri: Manole, 2006. v. 2.

MORAIS, H. A.; BIONDO, A. W. Distúrbios Relacionados ao Cloro: Hiper e Hipocloremia. In: DIBARTOLA, S. P. **Anormalidades de Fluidos, Eletrólitos e Equilíbrio Ácido-Básico na Clínica de Pequenos Animais**. São Paulo: Roca, 2007. Cap. 4, p. 77-86.

MICHELL, A. R. Sodium in health and disease: a comparative review with emphasis on herbivores. **Vet. Rec.**, v. 116, p. 653-657, 1985.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Bovinos e Bubalinos**. Disponível em:

<<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>>. Acesso em: 15 de out. de 2016.

NUNES, T. L. et al. Valores hemogasométricos e eletrolíticos de caprinos (*Capra Hircus*) da raça Canindé criados no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 36, n. 3, p. 255–260, 2014.

ORTOLANI, E. L.; MARUTA, C. A.; MINERVINO, A. H. H. Aspectos clínicos da indução experimental de acidose láctica ruminal em zebuínos e taurinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 47, n. 4, p. 253–261, 2010.

RADOSTITS, O. M. et al. **Clínica Veterinária: Um Tratado de Doenças dos Bovinos, Ovinos, Suínos, Caprinos e Equinos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2007.

RIET-CORREA et al. **Doenças de Ruminantes e Equídeos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007. v. 2.
RODRIGUES, M. DESCHK, M.; SANTOS, G. G.F.; PERRI, S. H.V.; MERENDA, V. R.;
HUSSNI, C. A.; ALVES, A. L. G.; RODRIGUES, C. A. Avaliação das características do líquido
ruminal, hemogasometria, atividade pedométrica e diagnóstico de laminite subclínica em vacas
leiteiras. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. SUPPL.1, p. 99–106, 2013.

SANTOS, J.E.P. Distúrbios metabólicos. In: BERCHIELLI T. T.; PIRES A. V.; OLIVEIRA S. G.
Nutrição de Ruminantes. 2. ed. Funep, Jaboticabal. 2011. p.439-450.

SCHENCK, P. A. Distúrbios Relacionados ao Cálcio: Hiper e Hipocalcemia. In: DIBARTOLA, S. P.
**ANORMALIDADES DE FLUIDOS, ELETRÓLITOS E EQUILÍBRIO ÁCIDO – BÁSICO na
Clínica de Pequenos Animais**. 3 ed. São Paulo: Roca, 2007. p. 115 – 183.

SILVA, D. G.; SILVA, P. R. L.; FAGLIARI, J. J. bezerros infectados experimentalmente com
Salmonella Dublin. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v. 62, n. 2, p. 251–257, 2010.

SILVERTHORN, D. V. **FISIOLOGIA HUMANA UMA ABORDAGEM INTEGRADA**. 5. ed.
Porto Alegre: ARTMED EDITORA S.A., 2010.

SMITH, B. P. **MEDICINA INTERNA DE GRANDES ANIMAIS**. 3. ed. Barueri, São Paulo:
Manole, 2006.

STOCKHAM, S. L.; SCOTT, M. A. **Fundamentos de Patologia Clínica Veterinária**. Rio de Janeiro:
Guanabara koogan, 2011.

SUCUPIRA, M. C. A.; ORTOLANI, E. L. Uso de sangue arterial e venoso no exame do equilíbrio
ácido-básico de novilhos normais ou com acidose metabólica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5,
p.863-868, set-out, 2003.

THRALL, M. A. et al. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**.1. ed. São Paulo: Roca, 2006.

TRANQUILLI, W. J; THURMON, John C; GRIMM, K. A. LUMB & JONES: **Anestesiologia e
Analgésia Veterinária**. 4. Ed. São Paulo: Roca, 2013.

YAMAMOTO, E. A. et al. Noções Básicas de Equilíbrio Ácido-básico – Hemogasometria e
Eletrólitos. In: **EMERGÊNCIA e TERAPIA INTENSIVA VETERINÁRIA em PEQUENOS
ANIMAIS**. 1. ed. São Paulo: Roca, 2008. p. 105 – 114.

ZOCCAL, R. Alguns números do leite. **BALDE BRANCO**, 2016. Disponível em:
<<http://www.baldebranco.com.br/alguns-numeros-do-leite/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.