

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM ZOOTECNIA**

APARECIDA DA COSTA OLIVEIRA

**BALANÇO ELETROLÍTICO DA RAÇÃO DE SUÍNOS EM FASE INICIAL
SUBMETIDOS À CONDIÇÃO DE CONFORTO E ESTRESSE TÉRMICO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM ZOOTECNIA

APARECIDA DA COSTA OLIVEIRA

BALANÇO ELETROLÍTICO DA RAÇÃO DE SUÍNOS EM FASE INICIAL
SUBMETIDOS À CONDIÇÃO DE CONFORTO E ESTRESSE TÉRMICO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal e Forragicultura, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza
Co-orientador: Prof. Dr. Newton T. E. de Oliveira

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR

2012

À minha família...

... Presença, Incentivo, Carinho...

...Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me deu a vida, que constantemente ilumina meu caminho e pela oportunidade que me deu de alcançar os requisitos para minha educação e formação profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade de concluir o Curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Elcio Silvério Klosowski pela paciência, pelas valiosas orientações, pelo conhecimento repassado, pelo caráter e pela amizade consolidada desde a graduação e ao longo do Curso de Pós-Graduação.

Agradeço em especial aos professores [Paulo Cesar Pozza](#), Ricardo Vianna Nunes, Cláudio Yuji Tsutsumi, pela co-orientação e pelos ensinamentos repassados durante este trabalho.

Agradeço aos professores da banca examinadora, Dr^a. Jovanir Inês Muller Fernandes e Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, pela atenção e contribuição dedicadas a este trabalho.

Ao professor Newton Tavares Escocard de Oliveira pelo auxílio.

Agradeço de maneira especial ao meu namorado Thiago José Orssato e minhas irmãs Sirlene da Costa Oliveira e Claudia da Costa Barroso, pelo incentivo nos estudos, pela orientação e por torcerem pelo meu sucesso.

Aos amigos, Débora Cristiane Freitag, Cleiton Pagliari Sangali e Daiane Kappes, pela presença em minha vida, força, amizade sincera e pela lealdade.

Aos colegas Marli Busanello, Marcelo Luis Somensi, Ricardo Araujo Castilho, Tatiane Fernandes e [Leandro Dalcin Castilha](#), pela colaboração.

A todos os funcionários da Granja Samollé que sempre estiveram ao meu lado desde a graduação e ao longo do Curso de Pós-Graduação.

A todos os professores e funcionários do Centro de Ciências Agrárias da UNIOESTE, que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento do trabalho.

" ... O mundo está nas mãos daqueles
que sonham e tem a coragem de viver
seus sonhos ... "

Paulo Coelho

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar o balanço eletrolítico de rações sobre o metabolismo do balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, pH urinário e resposta fisiológica de suínos machos castrados na fase inicial, em condição de estresse e conforto térmico. Para o experimento foram utilizados 32 suínos machos castrados em fase inicial, com massa corporal média inicial de $18,5 \pm 0,73$. Distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 2×4 com quatro repetições totalizando 32 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de quatro rações isoprotéicas com 19,24% PB: R1: ração com BE 168 meq/kg; R2: ração com BE 212 meq/kg; R3: ração com BE 256 meq/kg; R4: ração com BE 300 meq/kg e duas condições térmica (conforto e estresse). Os parâmetros analisados foram Nitrogênio ingerido, excretado nas fezes, excretado na urina, absorvido, retido, retido/ingerido, retido/absorvido, excreção total, proteína bruta consumida (PBC), excretada nas fezes (PBF) e na urina (PBU), proteína bruta retida (PBR), utilização líquida de proteína (ULP), glicose, cloretos, uréia, creatinina, sódio (Na) e potássio (K), no plasma sanguíneo, pH da urina, condições ambientais da sala, frequência respiratória e temperatura retal. O uso de rações contendo níveis de BE entre 168 e 300 mEq/kg não influenciou o balanço de nitrogênio, metabolismo protéico e os parâmetros sanguíneos dos suínos. Os suínos expostos à temperatura de 21°C apresentam maiores consumo, excreção fecal de nitrogênio, proteína bruta, sódio e potássio plasmático do que suínos criados sob temperatura média de 30°C. O nitrogênio retido:ingerido (%), utilização líquida da proteína (%), Creatinina apresentaram maiores valores na condição de estresse térmico. As rações contendo níveis de BE entre 168 e 300 mEq/kg promovem aumento linear para o pH da urina. Os horários de observações diárias promoveram efeito linear positivo ($p < 0,05$) sobre os parâmetros fisiológicos avaliados (temperatura retal e frequência respiratória). A elevação da temperatura retal foi diretamente proporcional a temperatura do ambiente. A frequência respiratória apresentou aumento (57% acima do considerado normal) na condição de estresse térmico.

Palavras-chave: bioclimatologia, equilíbrio ácido-base, frequência respiratória, parâmetros sanguíneos, temperatura retal

ABSTRACT

This work aimed to study the electrolyte balance of diets on the metabolism of nitrogen balance, blood parameters, urinary pH and physiological response of barrows in the initial phase, in condition of stress and thermal comfort.. For the experiment were used 32 barrows in the early stages, with initial mean body mass of 18.5 ± 0.73 . Distributed in experimental design of randomized blocks in a 2x4 factorial design with four replicates of 32 experimental units. The treatments consisted of four isonitrogenous diets with CP: 19.24% BE ration with 168 mEq/kg, R2: BE ration with 212 mEq/kg; R3: BE diet with 256 mEq/kg; R4: ration with EB 300 mEq/kg and two thermal conditions (comfort and stress). The parameters studied were nitrogen ingested, excreted in feces, urine excreted, absorbed, retained, retained/ingested, retained/absorbed, total excretion, protein intake (PBC), excreted in the feces (PBF) and urine (PBU) crude protein retained (PBR), net protein utilization (ULP), glucose, chloride, urea, creatinine, sodium (Na) and potassium (K) in blood plasma, urine pH, environmental conditions of the room, respiratory rate and temperature rectal cancer. The use of feed containing levels of EB between 168 and 300 mEq/kg did not influenced nitrogen balance, protein metabolism and blood parameters of pigs. Pigs exposed to 21 °C have higher consumption, fecal excretion of nitrogen, protein, sodium and potassium plasma than pigs reared under average temperature of 30 °C. Nitrogen retained: intake (%), net protein utilization (%), had higher creatinine values in the condition of thermal stress. The rations containing levels of EB between 168 and 300 mEq/kg to promote linear increase urine pH. The hours of daily observations promoted a positive linear effect ($p < 0.05$) on the physiological parameter (rectal temperature and respiratory rate). The rise in rectal temperature was directly proportional to temperature. The respiratory rate showed an increase (57% above normal) in the heat stress condition.

Key-words: bioclimatology, acid-base balance, respiratory rate, blood parameters, rectal temperature

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Valores estimados de pH da urina em função do balanço eletrolítico da ração.....	31
Figura 4.1. Desenho esquemático do delineamento experimental.....	48
Figura 4.2. Temperatura retal de suínos em função dos horários de observação em condição de estresse térmico.....	53
Figura 4.3. Temperatura retal de suínos em função dos horários de observação em condição de conforto térmico.....	55
Figura 4.4. Frequência respiratória de suínos em função dos horários de observação em condição de estresse térmico.....	56
Figura 4.5. Frequência respiratória de suínos em função dos horários de observação em condição de conforto térmico.....	57

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1. Composição centesimal das rações experimentais contendo diferentes níveis de balanço eletrolítico para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....31
- Tabela 3.2. Efeito dos balanços eletrolíticos sobre o balanço de nitrogênio em suínos machos castrados em fase inicial, em condição de conforto e estresse térmico.....35
- Tabela 3.3. Metabolismo da proteína bruta em suínos machos castrados, em fase inicial, arraoados com diferentes níveis de balanço eletrolítico, em condição de conforto e estresse térmico.....36
- Tabela 3.4. Efeito dos balanços eletrolíticos das rações sobre os parâmetros sanguíneos de suínos machos castrados em fase inicial, em condição de conforto e estresse térmico.....37
- Tabela 4.1. Composição centesimal das rações experimentais contendo diferentes níveis de balanço eletrolítico para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....49
- Tabela 4.2. Testes de esfericidade relacionados às matrizes de covariância (Σ) da temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) na condição de estresse e conforto térmico.....52
- Tabela 4.3. Valores médios e desvios-padrão de temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura ambiente (TA) em condição de estresse e conforto térmico.....53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Produção de suínos no Brasil e no mundo.....	15
2.2 Índices do ambiente térmico.....	15
2.3 Estresse térmico em suínos na fase de crescimento.....	16
2.4 Efeito do estresse por calor no consumo de água.....	18
2.5 Efeito do estresse por calor no consumo de alimento.....	19
2.6 O equilíbrio acidobásico nos suínos.....	19
2.7 Balanço eletrolítico das rações.....	20
2.8 Referências.....	23
3 BALANÇO DE NITROGÊNIO EM SUÍNOS EM FASE INICIAL SUBMETIDOS A RAÇÕES COM NÍVEIS CRESCENTES DE BALANÇO ELETROLÍTICO, EM CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO E ESTRESSE TÉRMICO.....	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	27
3.1 Introdução.....	28
3.2 Material e métodos.....	28
3.2.1 Local, período experimental e clima.....	28
3.2.2 Animais e instalações.....	29
3.2.3 Delineamento, tratamentos e blocos experimental.....	29
3.2.4 Rações e manejo alimentar.....	29
3.2.5 Coletas de fezes, urina e sangue.....	32
3.2.6 Variáveis analisadas.....	32
3.2.7 Condições ambientais.....	33
3.2.8 Procedimento estatístico.....	33
3.3 Resultados e discussão.....	34
3.3.1 Parâmetros sanguíneos e pH da urina em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de balanço eletrolítico, em condição de conforto e estresse térmico.....	37
3.4 Conclusão.....	41
3.5 Referências.....	41

4 EFEITO DO BALANÇO ELETROLÍTICO DA RAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE SUÍNOS EM FASE INICIAL MANTIDOS EM CONDIÇÃO DE ESTRESSE E CONFORTO TÉRMICO.....	44
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
4.1 Introdução.....	46
4.2 Material e métodos.....	46
4.2.1 Local, período experimental e clima.....	46
4.2.2 Animais e instalações.....	47
4.2.3 Delineamento, tratamentos e blocos experimental.....	47
4.2.4 Rações e manejo alimentar.....	48
4.2.5 Condições ambientais e variáveis avaliadas.....	50
4.2.6 Procedimentos estatísticos.....	50
4.3 Resultados e discussão.....	52
4.3.1 Efeito dos horários de observação sobre a temperatura retal de suínos em condição de estresse e conforto térmico.....	52
4.3.2 Efeito dos horários de observação sobre a frequência respiratória de suínos em condição de estresse e conforto térmico....	55
4.4 Conclusões.....	57
4.5 Referências.....	57

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura nacional consiste em importante atividade para o desenvolvimento econômico, pois, promove efeitos multiplicadores de renda e emprego em todos os setores da economia, intensificando a demanda de insumos agropecuários, a expansão, a modernização dos setores de comercialização e da agroindústria (CARVALHO *et al.*, 2004).

Devido à melhoria genética na produção de suínos, houve uma revisão nos níveis nutricionais e no manejo da alimentação, adaptando-os à nova realidade de produção e à exigência do mercado, refletindo positivamente na qualidade do produto final. No entanto, as condições brasileiras de clima tropical com altas temperaturas e umidade relativa do ar geram problemas em relação ao conforto térmico proporcionado pelo ambiente para produção (AGRIBUSINESS, 2009).

O conforto térmico é dependente de diversos fatores, alguns ligados ao animal, tais como: massa corporal, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética, e outros ligados ao ambiente como temperatura, velocidade do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, tipo de piso e cobertura. Estes parâmetros do ambiente térmico atuando de forma mais intensa podem ocasionar estresse por calor aos suínos (BRIDI, 2010).

O estresse é entendido como uma reação do animal aos estímulos ou influências adversas, provocando maior síntese e secreção de esteróides e corticosteróides que afetam o estado imunitário, aumentando o catabolismo e interferindo na utilização de nutrientes e síntese de tecidos. O estresse por calor em suínos aumenta a exigência de energia para manutenção, quando comparado à temperatura de conforto térmico, visto que maior quantidade desta é utilizada pelos animais para dissipar calor, principalmente pelo aumento na frequência respiratória. Isso significa que menos energia estará disponível para o crescimento (BRÊTAS *et al.*, 2010).

Além das alterações fisiológicas, a manutenção do equilíbrio dos eletrólitos no fluido corporal é de extrema importância visto que também podem influenciar na produtividade. Eletrólito pode ser definido como uma substância química, que se dissocia nos seus constituintes iônicos, tendo como função fisiológica principal a manutenção do equilíbrio ácido-base corporal. O sódio (Na^+), o potássio (K^+) e o cloro (Cl^-) são íons fundamentais na manutenção da pressão osmótica e no equilíbrio ácido-base dos líquidos corporais. Assim, os efeitos do balanço iônico da dieta no desempenho de suínos podem estar relacionados com as

variações no balanço ácido-base (MONGIN, 1981). Consequentemente, afetar os processos metabólicos relacionados ao crescimento, resistência a doenças, sobrevivência ao estresse e desempenho (VIEITES et al., 2005).

O K^+ é o principal cátion do fluido intracelular, enquanto que o Na^+ e o Cl^- são os principais íons do fluido extracelular. A osmorregulação é conseguida pela homeostasia destes íons intra e extracelular. Em condições ótimas, os conteúdos de água e eletrólitos são mantidos dentro de limites estreitos (CUNNINGHAM, 2004).

A alcalose respiratória, em mamíferos, provoca a redução da competição entre H^+ e K^+ para excreção urinária e, portanto, aumenta a perda de K^+ na urina. O excesso de íons K^+ compete com os ânions tampões do líquido tubular renal, impedindo a remoção do H^+ , sendo este reabsorvido, podendo levar a uma acidose (BORGES *et al.*, 2003). Mecanismo pelo qual pode aumentar a necessidade de K^+ pelos animais quando expostos a estresse por calor. Há evidências de que as células intercaladas do ducto coletor, secretoras de ácidos, também secretam H^+ e este processo é aumentado pela hipocalemia e parece ser um importante contribuinte para acidificação renal (CUNNINGHAM, 2004).

Os níveis de Na^+ , K^+ e Cl^- do plasma são afetados pelo estresse por calor. A concentração de K^+ e Na^+ diminui à medida que a temperatura se eleva enquanto que o Cl^- aumenta (BORGES *et al.*, 2003). Portanto, para prevenção do desequilíbrio ácido básico, há necessidade de suplementação de rações com eletrólitos como bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e cloreto de potássio (KCl) em regiões de clima quente.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar o balanço eletrolítico de rações sobre o metabolismo do balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, urinários e resposta fisiológica de suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, em condições de estresse e conforto térmico.

2 Revisão de Literatura

2.1 Produção de suínos no Brasil e no mundo

A carne suína é a fonte de proteína mais produzida e consumida no mundo, sendo responsável por 40,41% da oferta de carnes no mercado mundial, embora seu consumo varie amplamente de lugar para lugar, em função de hábitos, proibições religiosas ou dogmáticas. A China está no topo dos países produtores, seguida por União Européia, Estados Unidos e Brasil. No Brasil, em 2010 foram exportadas aproximadamente 625 mil toneladas. Os maiores clientes foram Japão, Rússia, México e Estados Unidos. Os estados brasileiros que mais exportaram carne suína em 2010 foram Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (ABIPECS, 2010).

Desse modo, a suinocultura brasileira tem desempenhado importante papel no mercado mundial, principalmente em função dos problemas sanitários ocorridos em outros grandes países produtores e exportadores de carne. Com o objetivo de continuamente atender à demanda, a produtividade dos sistemas de criação nacionais tem aumentado, sobretudo com o advento de novas tecnologias e com os conhecimentos aprofundados sobre nutrição, fisiologia e sanidade dos suínos.

Entretanto, por ser um país tropical, caracterizado por temperaturas altas, prejudiciais à criação de suínos, o ambiente térmico brasileiro é determinante sobre o sistema produtivo e, muitas vezes, é responsável pelo desenvolvimento subótimo do plantel (MANNO *et al.*, 2006). Novas pesquisas têm sido desenvolvidas no intuito de se avaliar a intensidade com que o ambiente térmico prejudica o desempenho dos animais.

2.2 Índices do ambiente térmico

Animais homeotérmicos como suínos têm sua temperatura corpórea interna constante. Termodinamicamente, isso significa que precisam trocar calor continuamente com o ambiente, entretanto, esse processo só se mostra eficiente quando a temperatura do ambiente está dentro dos limites da termoneutralidade (HANNAS *et al.*, 1999).

Segundo Orlando *et al.* (2006), suínos mantidos em ambiente termoneutro tendem a expressar seu máximo potencial genético. Porém, quando a temperatura do ambiente efetiva aumenta, os animais utilizam mecanismos comportamentais, físicos e químicos que podem

levar conseqüentemente, a um desvio de energia disponível de produção para a termorregulação, modificando assim a exigência de nutrientes.

O conforto térmico em suínos é dependente de diversos fatores, alguns relacionados ao animal, como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética e outros ligados ao ambiente em que esta alojado como temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa do ar e radiação (SARAIVA *et al.*, 2003).

Apenas a mensuração de um elemento climático não é suficiente para se caracterizar o ambiente no qual o suíno está exposto. Flutuações na umidade relativa do ar, por exemplo, poderão alterar os processos evaporativos para a termorregulação dos animais naquele momento. Nesse caso, o monitoramento de mais elementos climáticos permite a descrição mais precisa da realidade nas instalações.

Segundo Ferreira (2005), a utilização dos índices bioclimáticos na suinocultura permite expressar o conforto e o desconforto do animal em determinado ambiente. Atualmente existe uma variedade de índices bioclimáticos, mas em geral são considerados dois ou mais elementos climáticos.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1958), foi obtido por simples ajustamento linear (BAETA & SOUZA, 2010), levando em consideração as temperaturas dos termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido ou a temperatura do ponto de orvalho para relação com o desempenho produtivo dos animais.

A utilização do Índice de Temperatura e Umidade permite aos produtores e pesquisadores uma avaliação mais precisa dos elementos climáticos que possam vir a comprometer a produtividade do plantel associado ao aumento no valor do ITU. De acordo com Hahn (1985), um valor de ITU igual a 70 ou menos indica condição normal, não estressante; um valor entre 71 e 78 é crítico; entre 79 e 83, indica perigo; acima de 83 já constitui uma emergência.

2.3 Estresse térmico em suínos na fase de crescimento

O estresse no animal é um termo geral que implica em uma ameaça à qual o corpo precisa se ajustar. Esta adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais que funcionam para tentar manter a homeostase (VON BORELL, 1995).

Os suínos são animais homeotérmicos e, portanto, mantêm sua temperatura corporal por meio de mecanismos fisiológicos e comportamentais. O calor gerado pelos processos

metabólicos e o recebido do ambiente devem ser dissipados do corpo para o meio, a fim de manter a homeotermia. Essas trocas de calor são realizadas com gasto mínimo de energia em ambiente termoneutro (HANNAS *et al.*, 1999).

A zona de termoneutralidade está relacionada a um ambiente térmico ideal, no qual os suínos encontram condições perfeitas para expressar suas características produtivas (MANNO *et al.*, 2006). A condição de conforto térmico se caracteriza quando o calor produzido pelo organismo dos suínos, somado ao calor ganho do ambiente, for igual ao calor dissipado.

Em geral, nas trocas de calor entre o animal e o ambiente em instalações onde a temperatura é inferior a 25°C predominam os processos não evaporativos. No entanto, em locais onde a temperatura ambiente se encontra acima de 30°C predominam as perdas por processo evaporativo, principalmente através da evaporação de água pela respiração (ESMAY, 1982).

Suínos submetidos à elevadas temperaturas do ambiente tendem a perder a eficácia na utilização de energia líquida disponível à medida que acionam mecanismos de termorregulação para reduzir o impacto do calor ambiente sobre o seu organismo (KERR *et al.*, 2003).

Há evidências de que se pode alterar o equilíbrio dos nutrientes quando os suínos estão expostos a altas temperaturas. No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos do estresse por calor no seu estado nutricional e muito menos com relação à utilização dos nutrientes (PATIENCE *et al.*, 2005).

As elevadas temperaturas são associadas à redução do desempenho devido à diminuição do consumo de alimento e ao custo energético associado à dissipação do calor, e especialmente suínos em crescimento que apresentam elevadas taxas de deposição de proteína corporal, são mais prejudicados pelas altas temperaturas ambientais (PAIANO *et al.*, 2007). O calor adicional produzido por suínos com alta deposição de proteína aumenta a dificuldade para a manutenção da homeotermia em ambientes quentes. Essa dificuldade faz com que as novas linhagens sejam mais susceptíveis ao estresse térmico (BROWN-BRANDL *et al.*, 2001).

Segundo Manno *et al.* (2006) suínos mais leves podem responder de forma diferenciada quando submetidos ao mesmo ambiente adverso em relação aos suínos mais pesados. Todavia, suínos em fase de crescimento modificam seu comportamento, as respostas fisiológicas e o desempenho quando submetidos a temperaturas ambientais elevadas (KIEFER *et al.*, 2009).

2.4 Efeito do estresse por calor no consumo de água

A água é um dos nutrientes mais importantes, desempenhando diversas funções metabólicas no organismo animal e representando aproximadamente 70% da composição corporal. Desta maneira, a água deve ser considerada como alimento essencial, com funções específicas (GIESEN, 2005).

A água contribui em diversos processos vitais como digestão (hidrólise de carboidratos, gorduras e proteínas), absorção e circulação dos nutrientes, no metabolismo intermediário, na excreção de resíduos, no sistema nervoso, no transporte dos hormônios, na visão e audição, manutenção do balanço hidrolítico da solução corporal, facilita a passagem dos alimentos pelo trato gastrointestinal, participação na composição de subprodutos como leite e carne, na respiração e temperatura corporal dos animais (SEYNAEVE et al., 1996).

O efeito da termorregulação segundo Ferreira et al. (1996), se deve a grande quantidade de calor carreada (alto calor específico). Na passagem do estado líquido para o gasoso, a água retira calor do organismo, mantendo a temperatura corporal adequada. Desta maneira, quanto mais alta a temperatura ambiente, maior será o consumo de água pelos animais.

Particularmente em suínos, o aumento da temperatura ambiente associada a umidade relativa do ar (BERTECHINI, 2006) implica em maior consumo de água, pois, a perda de calor corporal é dificultada, pela espessa camada de tecido adiposo subcutâneo e pela limitada capacidade de perda de calor por sudorese pelo reduzido número de glândulas sudoríparas (KUNAVONGKRIT & PRATEEP, 1995). Fato comprovado por Kiefer et al. (2009), para suínos em crescimento expostos a altas temperaturas (31,3°C) que apresentaram maior frequência de acesso e tempo de permanência nos bebedouros quando comparados aos expostos a termoneutralidade (21,5°C). Segundo os autores, o fato é explicado pelo aumento da exigência diária de água, causada pelo aumento da taxa respiratória, propiciando aumento na dissipação de calor por evaporação através do trato respiratório em condição de alta temperatura.

Em contrapartida, condições de temperaturas amenas, levam ao catabolismo das proteínas orgânicas que aumenta a exigência de água (BERTECHINI, 2006). Devido ao papel fundamental nos mecanismos termorreguladores, na condição de estresse térmico, a temperatura da água de bebida deve estar ao redor de 20°C.

2.5 Efeito do estresse por calor no consumo de alimento

A temperatura do ambiente exerce grande influência no consumo de ração, afetando diretamente o ganho de peso e a conversão alimentar, e por conseqüência o desempenho de suínos em crescimento.

Quando a temperatura do ambiente e/ou umidade relativa do ar se elevam, acima da zona de termoneutralidade, os suínos diminuem sua capacidade em dissipar calor. Em conseqüência disso, a temperatura corporal do animal se eleva, aparecendo posteriormente os sinais de estresse por calor. Nesta condição há elevação da frequência respiratória, aumento do consumo de água e diminuição no consumo de ração, na tentativa de manter sua temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos (PATIENCE et al., 2005).

O menor consumo de ração reduz o combustível disponível para o metabolismo, desta forma há menor produção de calor (BELAY & TEETER, 1993), no entanto, e implica em redução no fornecimento ideal de nutrientes (LANA et al., 2000). A redução no consumo de ração pode ser observada na condição de estresse térmico e também no decorrer do dia.

Este é um mecanismo de defesa para minimizar a produção de calor resultante dos processos digestivos e metabólicos, relacionados principalmente à ingestão de alimentos. Pois segundo Manno et al. (2006), em alta temperatura ambiente apresentaram redução ($p < 0,01$) de 25,5% no ganho de peso e piora ($p < 0,01$) de 13,6% na conversão alimentar em relação aos animais mantidos em condição de conforto térmico. Constatação também realizada por Kiefer et al. (2009), em que animais sob estresse térmico reduziram o número de visitas ao comedouros e no tempo total de ingestão diária de alimento, resultando em redução de cerca de 14% no consumo de alimentos.

2.6 O equilíbrio ácido-básico nos suínos

A manutenção da quantidade ideal de íons hidrogênio nos líquidos intra e extracelular depende do equilíbrio entre ácidos e as bases existentes no organismo, denominado equilíbrio ácido-básico (MACARI et al., 1994). Este equilíbrio tem grande importância fisiológica e bioquímica, pois, as atividades das enzimas celulares, as trocas eletrolíticas e a manutenção do estado estrutural das proteínas são profundamente influenciadas por mínimas alterações na concentração hidrogeniônica do sangue (PATIENCE, 1990).

O balanço entre ácidos e bases se caracteriza pela busca permanente do equilíbrio, pois, a quantidade de ácido produzida pelo organismo animal pode variar, dependendo das

modificações da ração, nível de atividade física ou em função de outros processos fisiológicos (MACARI et al., 1994).

Para evitar que estes ácidos ou bases em excesso interfiram na manutenção do pH sanguíneo, três mecanismos são utilizados para manter o equilíbrio: tampões extra e intracelulares, o ajuste respiratório da concentração sanguínea de dióxido de carbono e a excreção dos íons hidrogênio ou bicarbonato pelos rins. Os dois primeiros são responsáveis pela correção rápida das alterações de pH, enquanto que os rins são responsáveis pela homeostasia ácido-básica em longo prazo e pela excreção do excesso de íons hidrogênio (CUNNINGHAM, 1999).

Os tampões são substâncias químicas que podem se combinar com ácidos e bases, com a finalidade de prevenir as mudanças bruscas do pH sanguíneo quando às mesmas são adicionadas em quantidades relativamente pequenas de ácido (H^+) ou base (OH^-). Os tampões consistem em um ácido fraco (o doador de prótons) e sua base conjugada (o receptor de prótons). Sabe-se que o íon bicarbonato (HCO_3^-) e o dióxido de carbono (CO_2) constituem-se no mais importante sistema tampão para todos os vertebrados (LEHNINGER et al., 1995), responsável por 53% da capacidade tamponante do plasma sanguíneo (SWENSON & REECE, 1993).

2.7 Balanço eletrolítico das rações

O Balanço eletrolítico (BE) também chamado de balanço ácido-base ou equilíbrio cátion-aniônico (ECA) refere-se ao equilíbrio iônico dos fluídos orgânicos que regulam o balanço ácido-básico para manutenção da homeostase orgânica. Definido como a diferença entre os principais cátions e ânions da ração e se refere à acidogenia ou alcalogenia metabólica da ração (MOGIN, 1980).

De acordo com Borges et al. (2003), o eletrólito pode ser definido como uma substância química, que dissocia nos seus constituintes iônicos, tendo como função fisiológica principal a manutenção do equilíbrio ácido-base corporal.

Segundo Vieites et al. (2005), o balanço eletrolítico da ração pode exercer influência no equilíbrio acidobásico e, conseqüentemente, afetar os processos metabólicos relacionados ao crescimento, à resistência a doenças, à sobrevivência ao estresse e ao desempenho do animal.

Grande parte das bases do soro sanguíneo é constituída pelo Na^+ , principalmente nos líquidos extracelulares. O Na^+ é o cátion em maior quantidade no líquido extracelular,

intervém no equilíbrio da pressão osmótica e na permeabilidade da membrana celular. Entre suas funções está a de manutenção do equilíbrio acidobásico do organismo e na transmissão dos impulsos nervosos pelo potencial energético associado à sua troca pelo K^+ através da membrana celular (BERTECHINI, 2006).

A absorção intestinal do Na^+ ocorre por transporte passivo e ativo. No transporte ativo este é carregado junto à glicose ou aminoácidos. Em outro processo trata-se da troca de íons H^+ intracelulares por Na^+ luminal através de proteínas. Nesse processo ocorre absorção acoplada de Cl^- , em razão do acúmulo de HCO_3^- transcelular. Assim, ocorre a troca de Cl^- , sendo este processo chamado de transporte acoplado de $NaCl$ (CUNNINGHAM, 1999).

Segundo Pond et al. (2005), há excreção de Na^+ através dos rins e a reabsorção parcial deste ocorre através dos túbulos renais. O controle dos níveis plasmáticos de Na^+ ocorre por ação do hormônio aldosterona, que para aumentar a reabsorção deste mineral nos túbulos renais, sendo que outros hormônios, como o antidiurético, agem na excreção de sódio em resposta as mudanças na pressão osmótica do líquido extracelular. Segundo o autor, em suínos a deficiência de sódio decorre do rápido declínio deste elemento na urina, hemoconcentração e redução do volume plasmático.

O cloreto (Cl^-) é o íon mais comum e o ânion mais abundante nos fluídos extracelulares dos mamíferos, está distribuído tanto nas células como nos fluidos extracelulares e compõe a secreção gástrica na forma de HCl . Suas funções estão relacionadas à regulação da pressão osmótica extracelular e a manutenção do equilíbrio acidobásico no organismo do animal (BERTECHINI, 2006).

Segundo Cunningham (1999), o cloreto pode ser absorvido por transporte ativo no intestino e em maior quantidade por difusão no estômago, porém não absorvido por difusão facilitada no intestino grosso. Também pode ser absorvido através da via paracelular, co-transporte de glicose, aminoácidos e pela troca direta por HCO_3^- intracelular.

O metabolismo do Cl^- é controlado em relação ao do Na^+ , desta forma, quando existe um excesso de Na^+ excretado na urina, certamente haverá excesso de Cl^- sendo excretado. Isto ocorre visando a manutenção do equilíbrio das quantidades de cátion e ânions do organismo animal (DEL CLARO et al., 2005).

O potássio (K^+) é um cátion monovalente que atua no equilíbrio do excesso de ânions através do mecanismo fisiológico da bomba sódio-potássio, que transporta ativamente Na^+ para fora da célula contra seu forte gradiente eletrolítico e K^+ para o interior (LIZARDO, 2006). Este cátion está relacionado com as rotas bioquímicas importantes como a glicólise e a

glicogênese, além da utilização das proteínas, estando ligado à função enzimática celular (ANDRIGUETO et al., 2002).

Segundo Pond et al. (2005), a homeostase do K^+ e do Cl^- são altamente correlacionadas, sendo que a deficiência de um causa deficiência do outro e em nível de túbulo renal a reabsorção de K^+ necessita da presença de Cl^- .

O desafio para a nutrição de suínos é formular dietas que amenizem os problemas do estresse térmico oriundos de diversas situações inadequadas de manejo, dentre outro. Um ambiente adverso ao conforto térmico, responsável por desequilíbrios fisiológicos como a alcalose respiratória, compromete a produção (FERREIRA, 2000), podendo inclusive colocar em risco a sobrevivência do animal (BORGES et al., 2003). Por outro lado, a nutrição deverá estar fundamentada no menor incremento calórico produzido pelo organismo, associado à menor quantidade de calor a ser dissipado (FERREIRA, 2005).

2.8 Referências

- ABIPECS. [2010] Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora da Carne Suína. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>, acessado em 07/12/2011.
- AGRIBUSINESS G. Revista suinocultura industrial. n.138, Porto Feliz-SP. p.156, 2009.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição animal: As bases e os fundamentos da nutrição animal – os alimentos**. São Paulo: Nobel, 2002. 395p.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010, 71p.
- BELAY, T.; TEETER, R.G. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**, v.72, n.2, p.116-124, 1993.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301p.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; FISHER DA SILVA, A.V. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Revista Ciência Rural**, v.33, n.5, p.975-981, 2003.
- BRÊTAS, A.A.; FERREIRA, R.A.; JUNIOR, V.S.A. et al. Balanço eletrolítico para suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambiente de alta temperatura. **Ciência agrotecnologia**, v.35, n.1, p.186-194, 2010.
- BRIDI, A.M. Adaptação e aclimatação animal. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/...arquivos/adaptacaoeacimatacaoanimal.pdf>> Acesso em: 24/11/2010.
- BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A. et al. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, v.71, p.253-260, 2001.
- CARVALHO, L.E.; OLIVIERA, S.M.; TURCO, S.H.N. Utilização da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.486-491, 2004.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1999. 454p.
- CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara, 2004. 455p.
- DEL CLARO, G.R.; ZANETTI, M.A.; PAIVA, F.A. Influência do balanço cátion-aniônico da dieta no rúmen e no desempenho de ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.644-651, 2005.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport : Avi, 1982. 325p.

- FERREIRA, R.A. Efeitos do clima sobre a nutrição de suínos. In: Encontros técnicos da Abraves, 1., 2000, Chapecó. **Anais...** Chapecó: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos. 2000. p.01-15.
- FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos.** Ed. Aprenda Fácil, 2005, 374p.
- FERREIRA, R.A.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. Criação Técnica de Suínos. **Boletim Técnico** da UFLA. Lavras, MG, Ano 5 Nº 3, p.58,1996.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.548-556, 2005.
- GIESEN A., 2005. The value of organic acids in drinking water. **World Poultry**, v.21 n.12, p.15-17.
- HAHN, G.L. Management and housing of farm animals en hot environments. In: YOUSEF, M.K. (Ed.) **Stress physiology in livestock**. Boca Raton: CRC Press, v.2, p.151-174, 1985.
- HANNAS, M.I., OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L. et al. Efeito da Temperatura ambiente sobre parâmetros fisiológicos e hormonais de leitões dos 15 aos 30Kg. In: XXXVI REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.
- KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. et al. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environment temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1998-2007, 2003.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.55-64, 2009.
- KUNAVONGKRIT, A.; PRATEEP, P. Influence of ambient temperature on reproductive efficiency in pigs: boar semen quality. **Pig Journal**, v. 35, p. 43-47, 1995.
- LANA, G.R.Q.; ROSTAGNO H.S.; ALBINO L.F.T. et al. Efeito da temperatura Ambiente e da Restrição alimentar sobre o Desempenho e a Composição da Carcaça de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1117-1123, 2000.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. 3 Ed. Sarvier, São Paulo, 1995. 839p.
- LIZARDO, R. Balance eletrolítico del pienso y su efecto sobre los resultados productivos en lactación. In: **Nutrición Animal**. IRTA. Espanha, 2006.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALEZ, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1994. 246p.

- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.471-477, 2006.
- MOGIN, P. **Electrolytes in nutrition**. 3.ed. Orlando: International Minerals, 1980. 16p.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitoas mantidas em ambiente termoneutro dos 60 aos 100kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.478-484, 2006.
- PAIANO, D.; BARBOSA, O. R.; MAREIRA, I. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.3, p.345-351, 2007.
- PATIENCE, J.F., UMBOHA J.F., CHAPLINB R.K. et al. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. **Livestock Production Science**, v.96, p.205–214, 2005.
- PATIENCE, J.F.; WOLYNETZ,M.S. Influence of dietary undetermined anion on acid-base status and performance in pigs. **Journal of Nutrition**. p.579-587, 1990.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R.; SCHOKNECHT, A. **Basic animal nutrition and feeding**. 5.ed. Hoboken, USA.. John Wiley & Sons Inc., 2005. 580p.
- SARAIVA, E.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta em rações para suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, mantidos em ambiente de baixa temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1690-1696, 2003.
- SEYNAEVE, M.; DEWILDE, R.; JANSSENS, G. et al. The influence of dietary salt level on water consumption, farrowing, and reproductive performance of lactating sows. **Journal Animal Science**. v.74, p.1047–1055, 1996.
- SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11 Ed. Guanabara & Koogan, 1993, 856p.
- VON BORELL, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. **Applied Animal Behaviour Science**. v.44, p.219-227, 1995.
- VIEITES, F.M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T. et al. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2076-2085, 2005.

3 BALANÇO DE NITROGÊNIO EM SUÍNOS EM FASE INICIAL SUBMETIDOS A RAÇÕES COM NÍVEIS CRESCENTES DE BALANÇO ELETROLÍTICO, EM CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO E ESTRESSE TÉRMICO

Resumo: O trabalho teve por objetivo estudar o balanço eletrolítico de rações sobre o metabolismo do balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e pH urinário de suínos machos castrados em fase inicial, em condição de estresse e conforto térmico. Para o experimento foram utilizados 32 suínos machos castrados em fase inicial, com massa corporal média inicial de $18,5 \pm 0,73$. Distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4 com quatro repetições totalizando 32 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de quatro rações isoprotéicas com 19,24% PB: R1: ração com BE 168 meq/kg; R2: ração com BE 212 meq/kg; R3: ração com BE 256 meq/kg; R4: ração com BE 300 meq/kg e duas condições ambientais (conforto e estresse). Os parâmetros analisados foram Nitrogênio ingerido, excretado nas fezes, excretado na urina, absorvido, retido, retido/ingerido, retido/absorvido, excreção total, proteína bruta consumida (PBC), excretada nas fezes (PBF) e na urina (PBU), retida (PBR), utilização líquida de proteína (ULP), glicose, cloretos, uréia, creatinina, sódio (Na) e potássio (K) no plasma sanguíneo e pH da urina de suínos na fase inicial. O uso de rações contendo níveis de BE entre 168 e 300 mEq/kg não influenciou o balanço de nitrogênio, metabolismo protéico e os parâmetros sanguíneos dos suínos em crescimento. Os suínos expostos à temperatura de 21°C apresentam maiores consumo e excreção fecal de nitrogênio e proteína bruta, sódio e potássio plasmático do que suínos criados sob temperatura média de 30°C. O nitrogênio retido:ingerido (%), utilização líquida da proteína (%), creatinina apresentaram maiores concentrações na condição ambiental de estresse térmico. As rações contendo níveis de BE entre 168 e 300 mEq/kg promovem aumento linear para o pH da urina de suínos em fase inicial.

Palavras-chave: ambiência, equilíbrio ácido-base, parâmetros sanguíneos, temperatura do ar, umidade relativa do ar

3 NITROGEN BALANCE IN GROWING PIGS UNDER DIETS WITH INCREASING LEVELS OF ELECTROLYTE BALANCE IN CONDITIONS OF THERMAL COMFORT AND HEAT STRESS

Abstract: This work aimed to study the electrolyte balance of diets on the metabolism of nitrogen balance, blood parameters and urinary pH of barrows growing in stress condition and thermal comfort. For the experiment were used 32 barrows in the early stages, with initial mean body mass of 18.5 ± 0.73 . Distributed in experimental design of randomized blocks in a 2x4 factorial design with four replicates of 32 experimental units. The treatments consisted of four isonitrogenous diets with CP:19.24% BE ration with 168 mEq / kg, R2: BE ration with 212 mEq / kg; R3: BE diet with 256 mEq / kg; R4: ration with EB 300 mEq / kg and two thermal conditions (comfort and stress). The parameters studied were nitrogen ingested, excreted in feces, urine excreted, absorbed, retained, retained / ingested, retained / absorbed, total excretion, protein intake (PBC), excreted in the feces (PBF) and urine (PBU) crude protein retained (PBR), net protein utilization (ULP), glucose, chloride, urea, creatinine, sodium (Na) and potassium (K) in blood plasma and urine pH of starter pigs. The use of feed containing levels of EB between 168 and 300 mEq / kg did not influence nitrogen balance, protein metabolism and blood parameters of growing pigs. Pigs exposed to 21 ° C have higher consumption and fecal excretion of nitrogen and crude protein, and plasma sodium and potassium than pigs reared under average temperature of 30 °C. Nitrogen retained: intake (%), net protein utilization (%), had higher creatinine concentrations in the environmental condition of thermal stress. The rations containing levels of EB between 168 and 300 mEq / kg linear increase in the pH of the urine of pigs in early stages.

Key-words: ambience, acid-base balance, blood parameters, air temperature, relative humidity

3.1 Introdução

As exigências nutricionais dos suínos têm sido modificadas pelo intenso melhoramento genético, o que fez com que passassem a apresentar maior deposição de tecido muscular em detrimento da deposição de gordura na carcaça. Constata-se, na literatura científica, um número expressivo de pesquisas visando determinar as exigências protéicas, aminoacídicas e energéticas para as linhagens geneticamente melhoradas (OLIVEIRA et al., 2009). Contudo, existem poucas informações relacionadas às exigências de minerais, principalmente referentes às de eletrólitos como o sódio em dietas para suínos quando submetidos a condições de estresse e conforto térmico.

Em situações práticas, os nutricionistas têm utilizado níveis de sódio superiores aos recomendados pelos comitês científicos nas dietas dos suínos. Este procedimento tem sido justificado considerando-se que níveis elevados de sódio na ração podem reduzir os problemas de canibalismo, a incidência de problemas digestivos e favorecer o consumo de ração (PUPA et al., 2005).

Por sua vez, o balanço eletrolítico das rações pode exercer influência no equilíbrio ácido-básico e, conseqüentemente, afetar os processos metabólicos relacionados ao crescimento, à resistência a doenças, a resposta ao estresse térmico e assim como influenciar o metabolismo de nutrientes essenciais ao desenvolvimento normal dos animais (VIETES et al., 2005).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar o balanço eletrolítico de rações sobre o metabolismo do balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e urinários de suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, em condições de estresse e conforto térmico.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local, período experimental e clima

O experimento foi realizado no período de Fevereiro a Março (estresse térmico) e Maio a Junho (conforto térmico) de 2011, no Laboratório de Fisiologia e Metabolismo de Aves da Fazenda Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, localizada na Linha Guará no Município de Marechal Cândido Rondon-PR. A fazenda encontra-se a 24° 33' 33'' de latitude Sul, 54° 08'

18'' de longitude Oeste e em uma altitude média de 420 metros.

O clima local, segundo a classificação KÖPPEN, é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias mínimas no período variam entre 17 e 18 °C e máximas entre 28 e 29 °C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam entre 1600 e 1800 mm, com o trimestre mais chuvoso apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2001).

3.2.2 Animais e instalações

No experimento foram utilizados 32 suínos machos castrados, com massa corporal média inicial de $18,5 \pm 0,73$ kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em uma sala com aproximadamente 12 m², em galpão de alvenaria, coberto com telha de cerâmica e com piso de concreto compacto. Para que a temperatura permanecesse em $29,47 \pm 1,34$ °C e $20,70 \pm 0,84$ foram utilizadas placas térmicas elétricas para o aquecimento do ar e ar condicionado modelo Split, marca Electrolux de 12000 btu para manter a temperatura de conforto.

3.2.3 Delineamento, tratamentos e blocos experimentais

Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso em um esquema fatorial constituído de duas temperaturas de ambiente (estresse e conforto térmico) e quatro níveis crescentes de balanço eletrolítico (168, 212, 256 e 300 mEq kg⁻¹), totalizando oito tratamentos com quatro repetições.

O período experimental teve duração de doze dias, sendo sete dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às rações e cinco dias de coletas de fezes e urina.

3.2.4 Rações e manejo alimentar

Os animais receberam ração inicial (Tabela 1) para suínos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, seguindo as recomendações descritas por Rostagno *et al.* (2005). As rações foram isoprotéicas com 19,24% PB compostas de quatro níveis crescentes de balanço eletrolítico, em que: R1: ração BE 168 meq/kg; R2: ração BE 212 meq/kg; R3: ração BE 256 meq/kg; R4: ração BE 300 meq/kg.

Para correção do balanço eletrolítico da dieta (BED) foi adicionado bicarbonato de

sódio (NaHCO_3), em substituição ao inerte (areia lavada e sal comum) da ração. Os valores de balanço eletrolítico das rações experimentais foram calculados, considerando o peso molecular de cada elemento químico, conforme proposto por Mongin (1981), utilizando-se a seguinte equação:

$$BE = \left(\frac{Na^+}{23,00} + \frac{K^+}{39,10} + \frac{Cl^-}{35,45} \right) \times 10$$

Em que:

Na = quantidade de sódio presente em cada um dos alimentos (mg/kg).

K = quantidade de potássio presente em cada um dos alimentos (mg/kg).

Cl = quantidade de cloro presente em cada um dos alimentos (mg/kg).

A quantidade de ração fornecida diariamente a cada animal foi calculada com base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$). Para evitar perdas e facilitar a ingestão, as rações foram umedecidas e fornecidas duas vezes ao dia (7h00min e 19h00min). A água foi fornecida à vontade, após a ingestão da ração.

TABELA 3.1 Composição centesimal das rações experimentais contendo diferentes níveis de balanço eletrolítico para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.

Ingredientes (%)	BE ⁶ (mEq kg ⁻¹)			
	168	212	256	300
Milho	65,000	65,000	65,000	65,000
Farelo de soja	29,700	29,700	29,700	29,700
Óleo de soja	1,087	1,088	1,086	1,088
Fosfato bicálcico	1,600	1,600	1,600	1,600
Calcário	0,586	0,586	0,586	0,586
Antioxidante ¹	0,020	0,020	0,020	0,020
Sal comum	0,424	0,162	0,116	0,116
Mistura mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Mistura vitamínica ³	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Lisina HCl	0,338	0,338	0,338	0,338
DL-Metionina	0,091	0,091	0,091	0,091
L-Treonina	0,094	0,094	0,094	0,094
Cloreto de colina	0,038	0,038	0,038	0,038
Inerte ⁴	0,850	0,724	0,385	0,010
Bicarbonato de sódio	0,010	0,400	0,781	1,160
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes calculados (%)				
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta	19,240	19,240	19,240	19,240
Cálcio	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo disponível	0,400	0,400	0,400	0,400
Sódio	0,200	0,200	0,283	0,390
Potássio	0,720	0,720	0,720	0,720
Cloro	0,367	0,209	0,182	0,190
Lisina digestível	1,145	1,145	1,145	1,145
Treonina digestível	0,721	0,721	0,721	0,721
Met+Cis digestível	0,641	0,641	0,641	0,641
Metionina digestível	0,361	0,361	0,361	0,361
Triptofano digestível	0,202	0,202	0,202	0,202
Arginina digestível	1,181	1,181	1,181	1,181
Valina digestível	0,797	0,797	0,797	0,797
Leucina digestível	1,558	1,558	1,558	1,558
Isoleucina digestível	0,721	0,721	0,721	0,721
Histidina digestível	0,467	0,467	0,467	0,467
Glicina + serina dig.	1,444	1,444	1,444	1,444
Fenilalanina digestível	0,855	0,855	0,855	0,855
Fenilalanina + tirosina dig.	1,425	1,425	1,425	1,425
Tilosina-ppm	44,00	44,00	44,00	44,00

¹BHT. ²Conteúdo/kg: ferro 100 g; cobre 10 g; cobalto 1 g; manganês 40 g; zinco 100 g; iodo 1,5 g; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. ³Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D₃, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B₁- 2,0 g; vit B₂ - 5,0 g; vit. B₆ - 3,0 g; vit B₁₂ - 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit. K₃, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. ⁴Areia fina lavada. ⁶Balanço eletrolítico da ração.

Para definir o início e o final do período de coleta de fezes foi utilizado óxido férrico (Fe_2O_3) na ração como marcador fecal segundo recomendações de Sakomura e Rostagno (2007).

Os animais foram pesados no início e no final do experimento. As rações foram pesadas todas as vezes que fornecidas aos animais e as sobras pesadas ao término do arraçoamento para determinação do consumo.

No final de cada período experimental, foi realizada a coleta de sangue, para determinação de uréia, creatinina, glicose, cloretos, sódio e potássio no plasma sanguíneo.

3.2.5 Coletas de fezes, urina e sangue

As coletas de fezes foram realizadas duas vezes ao dia, às 7h30min e às 19h30min, sendo pesadas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em congelador (-5°C) para evitar a fermentação das amostras até o final do período de coleta. Ao final do período experimental as amostras foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secadas em estufa ventilada a 60°C e posteriormente moídas para realização das análises.

A urina foi filtrada e coletada uma vez ao dia, às 7h30min, sendo colhida em baldes plásticos contendo 20 mL de ácido clorídrico (HCl) diluído na proporção 1:1 para evitar a proliferação bacteriana, fermentação e possíveis perdas de nitrogênio por volatilização. Do volume total de urina foram retiradas alíquotas de 5% e acondicionadas em frascos de vidro devidamente identificados e armazenados em refrigerador (3°C). Ao término das coletas de urina foi realizada a limpeza dos coletores, não sendo adicionado o ácido clorídrico nos baldes, e à medida que os animais excretavam a urina era imediatamente submetida à leitura de pH.

As coletas de sangue foram realizadas após o término de cada período experimental, tendo submetido os animais a período de jejum alimentar de 12 horas. O sangue foi colhido por meio de punção na veia cava, coletando-se 10mL de cada animal, em tubos do tipo Vacutainer com EDTA- K_3 e Fluoreto de sódio/oxalato. As amostras de sangue foram centrifugadas a 3000 rpm, por dez minutos, para obtenção do plasma.

3.2.6 Variáveis analisadas

As análises de glicose, cloretos, uréia e creatina foram realizadas com uso de Kits específicos, conforme os procedimentos operacionais padrão de cada Kit, sendo utilizado espectrofotômetro para leitura de absorbância. As análises de sódio (Na) e potássio (K), no plasma sanguíneo, foram realizadas com auxílio de fotômetro de chama, sendo as amostras previamente diluídas.

As análises de nitrogênio (N) das fezes e urina foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, de acordo com as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002).

Para o balanço de nitrogênio, foram determinados o N ingerido, excretado nas fezes, excretado na urina, absorvido, retido, retido/ingerido, retido/absorvido e a excreção total.

Os valores de proteína bruta consumida (PBC), excretada nas fezes (PBF) e na urina (PBU) foram obtidos por meio da multiplicação dos teores de proteína pelas quantidades de ração consumida, de fezes e de urina excretadas, respectivamente. A partir desses valores, foram calculadas a PB retida ($PBR = PBC - PBF - PBU$) e a utilização líquida de proteína ($ULP = PBR/PBC$), conforme descrito por Adeola (2001).

3.2.7 Condições ambientais

As condições ambientais da sala foram monitoradas às 08h00min, 11h00min, 14h00min e 17h00min, com auxílio de um Datalogger portátil, marca Homis, modelo 494 com sensor de temperatura, com tempo de resposta de 20 segundos, exatidão de $\pm 1,0$ °C, e temperatura de operação de -40 °C a +70 °C, e sensor de umidade relativa, com tempo de resposta de 5 segundos, exatidão de $\pm 3,0\%$ e umidade de operação de 0 a 100%.

3.2.8 Procedimentos estatísticos

Os efeitos de balanço eletrolítico, condições ambientais e interação foram avaliados pela Análise de Variância. O efeito da temperatura do ambiente foi determinado por meio do teste F. O efeito de balanço eletrolítico foi estimado por meio de regressão respeitando a significância do fator incluído no modelo estatístico, em nível de 5% de probabilidade.

O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = m + B_i + E_j + T_k + ET_{jk} + E_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = Observação feita ao i-ésimo bloco, na j-ésima ração e na k-ésima condição térmica;

m = média geral da característica;

B_i = efeito do i-ésimo bloco, sendo $i = 1, 2, 3, 4$;

E_j = efeito da j-ésima temperatura ambiente, sendo $j=1, 2$;

T_k = efeito k-ésima ração, sendo $k=1, 2, 3$ e 4 ;

ET_{jk} = efeito da interação entre a j-ésima temperatura ambiente e a k-ésima ração

E_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) desenvolvido pela UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV (1999).

3.3 Resultados e discussão

Durante o período experimental realizado em condição de conforto térmico, a média temperatura do ar manteve-se em $20,70 \pm 0,84^\circ\text{C}$, umidade relativa de $74,98 \pm 2,90\%$, resultando no Índice de Temperatura e Umidade (ITU) de $67,66 \pm 1,07$. Na condição de estresse térmico, a média temperatura do ar manteve-se em $29,47 \pm 1,34^\circ\text{C}$, umidade relativa de $81,07 \pm 2,25\%$ e ITU de $80,00 \pm 1,69$. Estas condições dificultariam as perdas de calor por processos evaporativos para termorregulação. A temperatura do ar e a umidade relativa mantiveram-se acima da faixa considerada ideal. A temperatura do ar ideal para suínos em fase inicial é de 16 a 24°C , (ORLANDO et al. 2007) e umidade relativa do ar é de 60 a 70% (TOLON et al. 2010).

Os suínos apresentam elevada susceptibilidade ao estresse calórico, devido a sua dificuldade em eliminar calor. Em consequência tendem a diminuir a ingestão de alimento e aumentar a ingestão de água. A forma mais eficiente dessa espécie em eliminar calor corporal produzido é por meio de respiração ofegante, que dependendo do grau de estresse calórico pode levar a uma alcalose respiratória, que deve interferir no equilíbrio ácido-base (PATIENCE et al., 2005).

Os resultados das variáveis nitrogênio das fezes ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), da urina (g/dia , $\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), absorvido (g/dia , $\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), retido (g/dia , $\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$) e retido:absorvido (%) não foram influenciados ($P>0,05$), pelos níveis crescentes de balanço eletrolítico na ração dos leitões. Para variáveis nitrogênio ingerido (g dia^{-1} , $\text{g kg}^{-1} \text{PV}^{0,75} \text{dia}^{-1}$), fezes (g dia^{-1}), retido:ingerido, excreção total (g dia^{-1} , $\text{g kg}^{-1} \text{PV}^{0,75} \text{dia}^{-1}$) foram observadas

diferenças significativas ($P < 0,01$) de acordo com a condição térmica (conforto e estresse) (Tabela 3.2).

TABELA 3.2 Efeito dos balanços eletrolíticos sobre o balanço de nitrogênio em suínos machos castrados em fase inicial, em condição de conforto e estresse térmico.

VARIÁVEIS	BE – Ração				Condição Térmica		CV (%)
	168	212	256	300	Conforto	Estresse	
Nitrogênio ingerido (g dia^{-1})	27,24	27,48	27,21	27,48	31,96A	22,74B	8,76
Nitrogênio ingerido ($\text{g kg}^{-1} \text{PV}^{0,75} \text{ dia}^{-1}$)	2,68	2,69	2,68	2,67	3,13A	2,23B	6,11
Nitrogênio fezes (g dia^{-1})	11,91	13,65	12,67	12,79	17,15A	8,37B	16,38
Nitrogênio retido / N ingerido (%)	21,10	28,23	29,09	24,99	18,31B	33,40A	34,39
Excreção total N (g dia^{-1})	21,77	20,00	19,44	21,20	26,10A	15,11B	11,03
Excreção Total N ($\text{g kg}^{-1} \text{PV}^{0,75} \text{ dia}^{-1}$)	2,14	1,97	1,92	2,05	2,56A	1,48B	10,14

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F, em nível de 1% de probabilidade

Estes resultados corroboram com estudo realizado por Patience (1991), que não observou alteração da digestibilidade de nitrogênio ou de lisina, quando analisou rações para suínos contendo 130 a 440 mEq/kg. No entanto, com 630 mEq/kg foi observada uma redução da digestibilidade. Por outro lado, Dersjant-Li et al. (2001), em estudo com leitões alimentados com ração contendo 10% de polissacarídeos não amiláceos, verificaram melhora na digestibilidade do nitrogênio, ao passar o balanço eletrolítico de -100 a 200 mEq/kg.

A maior quantidade de nitrogênio ingerido foi apresentada pelos suínos na condição de conforto quando comparado a condição de estresse térmico, conforme observado na Tabela 3.2. Isto pode estar relacionado com a quantidade de ração consumida pelos animais quando expostos a condições de conforto térmico, comprovado pelos resultados obtidos por Kiefer et al. (2009).

A relação nitrogênio retido e ingerido (%) foi superior ($P < 0,01$) para condição de estresse térmico (33,40%) comparado a condição de conforto térmico (18,31%). Isso significa que, mesmo os animais ingerindo mais nitrogênio na condição de termoneutralidade, apresentaram uma melhor relação retido/absorvido na condição de estresse térmico. Esta relação poderia ter sido ainda melhor, pois, segundo Figueroa et al. (2002), esses valores podem variar de 50 a 60% do nitrogênio consumido pelos suínos, alimentados com rações convencionais, sendo o restante eliminado nas fezes e urina.

A excreção total de nitrogênio foi maior na condição de conforto ($26,10 \text{ g dia}^{-1}$) do que no estresse térmico ($15,11 \text{ g dia}^{-1}$). Justificando em parte a menor retenção de nitrogênio para animais na condição de conforto, pois, a excreção foi maior nesse período. Ao passo que Patience et al. (2005), em um estudo com suínos em fase inicial, expostos a estresse por calor

(38°C) e conforto térmico (20°), não observaram diferença significativa na excreção de N. Estes autores constataam ainda, que suínos expostos a altas temperaturas constantes podem melhorar a digestibilidade de nitrogênio, pois, o estresse por calor pode alterar a digestibilidade dos nutrientes, reduzindo a absorção de nutrientes na luz intestinal ou pela redução dos níveis de hormônios da tireóide que altera a motilidade gastrointestinal e taxa de passagem da digesta.

Os níveis de BE não influenciaram ($P>0,05$) os valores de proteína bruta consumida (PBC), proteína bruta excretada nas fezes (PBF), proteína bruta excretada na urina (PBU), proteína bruta retida (PBR) e utilização líquida de proteína (ULP) nos animais. No entanto, houve efeito de condição térmica para PBC, PBF e ULP, conforme apresentado na Tabela 3.3.

TABELA 3.3 Metabolismo da proteína bruta em suínos machos castrados, em fase inicial, arraçoados com diferentes níveis de balanço eletrolítico, em condição de conforto e estresse térmico.

VARIÁVEIS*	BED – Ração				Condição Térmica		CV (%)
	168	212	256	300	Conforto	Estresse	
PBC (g dia ⁻¹)	170,30	171,70	170,00	171,70	199,74A	142,14B	8,76
PBF (g dia ⁻¹)	74,45	85,33	79,18	79,94	107,16A	52,29B	16,38
PBR (g dia ⁻¹)	34,24	46,71	48,55	41,41	36,64A	48,82B	38,96
ULP (%)	21,10	28,23	29,09	24,99	18,31B	33,40A	34,39

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F, em nível de 1% de probabilidade

*PBC: proteína bruta consumida, PBF: proteína bruta excretada nas fezes, PBR: proteína bruta retida, ULP: utilização líquida de proteína.

A ausência de efeito dos níveis de balanço eletrolítico sobre a PBC nos animais pode estar relacionada à ausência de significância para a variável nitrogênio ingerido, haja vista que ambas as variáveis são expressas em (g dia⁻¹) e não houve efeito para a variável nitrogênio ingerido. De modo semelhante, não foram observados diferenças ($P>0,05$) para os valores de PBF, PBU, PBR e ULP uma vez que os valores de nitrogênio das fezes, da urina e retido também não foram influenciados quando os animais receberam as dietas com níveis crescentes de BE. Entretanto, Lizardo (2006), relatou efeito benéfico do aumento do balanço eletrolítico sobre a ingestão de ração para leitões que atingiram um platô em torno de 350 mEq kg⁻¹. Isto pode ser explicado pelo fato de que suínos expostos a elevadas temperaturas constantes tendem a melhorar a digestibilidade da matéria seca, nitrogênio e energia das dietas (COLLIN et al., 2001). Segundo Patience (1990), altos níveis de sódio da ração para suínos ocasionam aumento significativo no consumo de água, diminuição do consumo de ração e elevação na excreção de sódio pela urina.

As condições térmicas do ambiente influenciaram o metabolismo da proteína em suínos na fase inicial ($P < 0,01$) demonstrado pelas variáveis proteína bruta consumida (PBC), das fezes (PBF) e utilização líquida (ULP). A quantidade de proteína bruta consumida pelos animais durante o período de conforto térmico foi maior ($P < 0,05$) comparada a consumida no período de estresse térmico. Os dados demonstraram que houve melhor utilização da proteína pelos suínos na condição de estresse térmico, pois, a porcentagem de proteína utilizada pelos animais no período de estresse térmico foi significativamente superior (33,40%) quando se compara com conforto térmico (18,31%).

3.3.1 Parâmetros sanguíneos e pH da urina em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de balanço eletrolítico, em condição de conforto e estresse térmico

Os suínos alimentados com rações contendo níveis crescentes de balanço eletrolítico não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) para os parâmetros sanguíneos, havendo efeito somente das condições térmicas sobre os níveis plasmáticos de creatinina, sódio e potássio (Tabela 3.4).

TABELA 3.4 Efeito dos balanços eletrolíticos das rações sobre os parâmetros sanguíneos de suínos machos castrados em fase inicial, em condição de conforto e estresse térmico.

Variáveis (mg dL ⁻¹)	BED – Ração				Condição Térmica		CV (%)
	168	212	256	300	Conforto	Estresse	
Cloreto plasmático	92,95	91,40	93,91	101,05	91,410	98,250	20,08
Uréia plasmática	29,62	26,75	28,20	27,12	27,910	27,930	24,22
Creatinina plasmática	01,07	1,04	01,03	01,00	00,83B	1,24A	12,57
Glicose plasmática	94,70	101,80	98,44	99,20	94,160	102,910	26,79
Sódio plasmático	39,06	40,86	38,19	41,19	43,82A	35,83B	06,29
Potássio plasmático	12,45	13,38	11,33	13,41	15,87A	9,41B	22,24

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F, em nível de 1% de probabilidade

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) para cloretos no plasma sanguíneo dos suínos em função do aumento no balanço eletrolítico da dieta. Segundo Dibartola (2007), o cloreto tem grande importância para manter a osmolalidade, mas também participa ativamente do equilíbrio ácido-básico. Os rins regulam este equilíbrio pela troca de íons cloreto, que são reabsorvidos com o sódio.

As concentrações plasmáticas de uréia não diferiram estatisticamente entre os níveis de balanço eletrolítico da ração, tal como observado por Derouchey *et al.* (2003), para níveis de balanço eletrolítico de 0, 100, 200, 350 e 500 mEq kg⁻¹.

Estes resultados, no entanto, diferiram dos encontrados por Savaris (2008), que em experimento realizado com suínos em crescimento expostos a uma temperatura média de 31,1°C, testando rações com 16,8% PB (159 e 251 mEq kg⁻¹) e 13,8% PB (135 e 260 mEq Kg⁻¹) encontraram diferença significativa (P<0,05) sobre a concentração sanguínea de uréia. Os animais alimentados com maiores teores de proteína bruta apresentaram maiores concentrações de uréia no sangue, a menor porcentagem de proteína bruta na ração o que permitiu um melhor balanço protéico, caracterizado pela menor formação de uréia via catabolismo de aminoácido.

Um dos motivos pelo qual os suínos não apresentarem diferenças significativas entre as concentrações plasmáticas de uréia, pode ser devido às rações fornecidas aos animais serem isoprotéicas. Segundo afirmam Tavares & Ferreira (2005), quando um aminoácido é metabolizado, o principal produto final nitrogenado é a amônia que reage com o ácido carbônico, liberando íons amônio e bicarbonato, sendo grande parte para produção hepática de uréia.

Não foram encontradas diferenças para efeito de balanço eletrolítico nas concentrações plasmáticas de creatinina. Estes resultados apresentam concordância com aqueles obtidos por Derouchey et al. (2003), que testaram rações em suínos contendo balanço eletrolítico de 0, 100, 200, 350 e 500 mEq kg⁻¹ e não encontraram diferenças significativas (P>0,05) para creatinina. Segundo os autores, altas concentrações de creatinina no plasma e na urina são consideradas indicadores de excesso do catabolismo de massa corporal magra. Assim, a falta de diferenças nas concentrações plasmáticas de creatinina, sugerem redução no estado catabólico, de suínos alimentados com diferentes níveis de balanço eletrolítico.

As concentrações plasmáticas de creatinina de suínos foram menores no período de conforto térmico (0,83) quando comparadas com o período de estresse térmico (1,24 mg dL⁻¹), sugerindo que houve maior catabolismo protéico dos suínos na condição de estresse térmico.

As rações utilizadas não influenciaram (P>0,05) os níveis plasmáticos de glicose em suínos na fase inicial, cujos valores médios variaram de 94,70 a 101,80 mg dL⁻¹. A concentração de glicose é uma resposta direta do aumento de glicocorticóides (KOLB, 1984), em decorrência do estresse. Os glicocorticóides têm efeitos primários sobre o metabolismo, estimulando a gliconeogênese a partir da proteína do tecido muscular, tecido linfóide e conjuntivo.

Para os níveis plasmáticos de sódio em suínos observou-se efeito de condição térmica (P<0,01). Os animais expostos ao conforto térmico (43,82) apresentaram concentrações

plasmáticas de sódio superiores ao estresse térmico (35,82 mg dL⁻¹). O maior consumo de ração no período de conforto térmico pode ter contribuído para um aumento nos níveis de sódio. A concentração de sódio no plasma sanguíneo dos animais não apresentou diferenças significativas ($P>0,05$) com o aumento do balanço eletrolítico da ração. Estando em discordância com trabalho realizado por Budde & Crenshaw (2003), que observaram aumento do sódio sanguíneo dos animais quando compararam balanço eletrolítico de 112 mEq kg⁻¹ e 193 mEq kg⁻¹.

O aumento do BE está associado à maior concentração de HCO₃⁻ na ração, que é inversamente proporcional a quantidade de sódio. Segundo Dersjant-Li et al. (2002), o aumento nos níveis de sódio do plasma pode ter ocorrido em função do bicarbonato de sódio utilizado para elevar os níveis de BE.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) para potássio no plasma sanguíneo, que variou de 11,33 a 13,41 mg dL⁻¹. Os resultados foram semelhantes aos observados por Patience & Chaplin (1997), que também não obtiveram diferenças entre os níveis de potássio no soro dos animais utilizando rações com níveis crescentes de BE. A diferença significativa ocorrida nos animais expostos ao conforto e estresse térmico (15,87 e 9,41 mg dL⁻¹, respectivamente) para os níveis de potássio (K) no plasma, pode ser explicado pelo fato da taxa de excreção ser variável, estando ligada à concentração plasmática de Na⁺ e ao estado de hidratação do animal, sendo que as perdas podem ser causadas por um aumento no consumo de água, já que o gradiente osmótico favorece o movimento de água do fluido intracelular para urina, podendo carrear o K⁺.

As rações contendo níveis crescentes de BE exerceram efeito linear positivo sobre ($P<0,01$) o pH da urina dos suínos conforme a Figura 3.1.

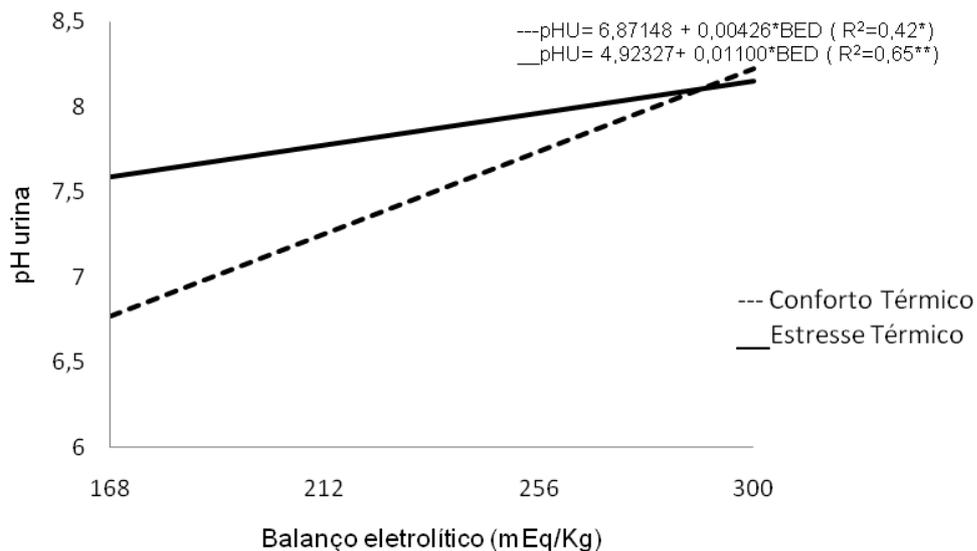


Figura 3.1 Valores estimados de pH da urina em função do balanço eletrolítico da ração.

O pH da urina foi superior no período de estresse térmico comparado ao conforto térmico para balanço eletrolítico mais baixo. Sendo que os valores aumentaram de 7,62 a 8,19 na condição de estresse e 6,51 a 7,74 na condição de conforto com o respectivo aumento do BE. O menor pH foi encontrado para o BE de 168 mEq kg⁻¹ no período de conforto que correspondeu a 6,51 e o maior para 300 mEq kg⁻¹ (Figura 1). O mesmo foi observado por Budde & Crenshaw (2003), em trabalho realizado com suínos, que testaram diferentes níveis de BE (-35, 112 e 212 mEq kg⁻¹) e constataram aumento no pH da urina em função do aumento do BE. Estes autores observaram que para o BE 212 mEq kg⁻¹ o pH urinário foi de 7,65, sendo igual ao presente trabalho.

O aumento do pH urinário pode ser devido ao fato da urina ser a principal forma de eliminação de água pelo organismo de suínos, sendo o volume determinado pela quantidade de água a ser eliminada pelo corpo. Sua variação é extremamente influenciada pela quantidade de solutos e água, eliminada ou consumida, em relação às reais necessidades do animal (PATIENCE et al., 1993).

Porém em estudos mais recentes realizados por Patience et al. (2005), observaram que suínos em crescimento, mantidos sobre estresse térmico (38°C), apresentaram uma redução do pH urinário de 6,59 para 6,06, se comparado aos animais sob condições termoneutras (20°C), resultante de uma redução da concentração de HCO₃⁻ do sangue dos animais, juntamente com uma diminuição do pH da urina, sugerindo que o organismo animal buscou uma compensação renal via aumento da excreção H⁺. Durante casos de desequilíbrio ácido-base, os rins excretam urina ácida ou básica como forma de ajuste do pH.

3.4 Conclusão

O uso de rações contendo níveis de BE entre 168 e 300 mEq kg⁻¹ não influenciaram o balanço de nitrogênio, metabolismo protéico e os parâmetros sanguíneos dos suínos em crescimento.

Os suínos expostos à temperatura de conforto térmico apresentam maiores consumo e excreção fecal de nitrogênio e proteína bruta, sódio e potássio plasmático do que suínos criados sob temperatura média de 30°C. Os níveis de nitrogênio retido:ingerido (%), utilização líquida da proteína (%), Creatinina apresentaram maiores valores na condição de estresse térmico.

As rações contendo níveis de BE entre 168 e 300 mEq kg⁻¹ promovem aumento linear para o pH da urina de suínos em fase inicial, independente da condição térmica.

3.5 Referências

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2Ed. Boca Raton: CRC, p.903-916, 2001.
- BERTECHINI, A.G. Principal função da água, In: **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Ed. UFLA, 2006. p.50-51.
- BUDDE, R.A.; CRENSCHAW, T.D. Chronic metabolic acid load induced by changes in dietary electrolyte balance increased chloride retention but did not compromise bone in growing swine. **Journal of Animal Science**, n.81, p.197-208, 2003.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2001. Disponível em: <[www.http://IAPAR.BR/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677](http://IAPAR.BR/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677)>. Acesso em: 20 jul. 2009.
- COLLIN, A., VAN MILGEN, J., DUBOIS, S. et al. Effect of high temperature and feeding level on energy utilization in piglets. **Journal of Animal Science**, n.79, 1849–1857, 2001.
- DERSJANT-LI, Y.; SCHULZE, H.; SCHRAMA, J.W. et al. Feed intake, growth, digestibility of dry matter and nitrogen in young pigs as affected by dietary cation–anion difference and supplementation of xylanase. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** v.85, p.101-109, 2001.
- DERJANST-LI, Y.; VERSTEGEN, M.N.A.; JANSMAN, A. et al. Changes in oxygen content and acid-base balance in arterial and portal blood in response to the dietary electrolyte

- balance in pigs during a 9-h period after a meal. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1233-1239, 2002.
- DEROUCHEY, J.M.; HANCOCK; R.H., HINES, K.R. et al. Effects of dietary electrolyte balance on the chemistry of blood and urine in lactating sows and sow litter performance. **Journal Animal Science**, v.81, p. 3067-3074, 2003.
- DIBARTOLA, S.P. **Anormalidades de fluidos, eletrólitos e equilíbrio ácido-básico na clínica de pequenos animais**. Ed. Rocca, 3. ed, p.664, 2007.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standart corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2911-2919, 2002.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F.; CARRIJO, A.S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.55-64, 2009.
- KOLB, E. **Fisiologia veterinária**. Ed 4, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984. 612p.
- LIZARDO, R. O bicarbonato de sódio na alimentação dos suínos. **Revista SUIS BRASIL**. Abril, n.11, p.14-23, 2006.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- OLIVEIRA, A. L. S.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T. et al. Exigência de lisina digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de saúde e Produção Animal**, v. 10, p. 106-114, 2009.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1573-1578,2007.
- PATIENCE, J.F. A review of the role acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal Animal Science**, v.68, p.398-408, 1990.
- PATIENCE, J.F., UMBOHA J.F., CHAPLINB R.K. et al. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. **Livestock Production Science**, v.96, p.205–214, 2005.
- PATIENCE, J.F.; CHAPLIN, R.K. The relationship among dietary undetermined anion, acid-base balance, and nutrient metabolism in swine. **Journal of Animal Science**, v.75. p.2445-2452, 1997.
- PATIENCE, J.F.; COLE, D.J.A.; HARESIGN, W. et al. **The physiological basis of electrolytes in animal nutrition**. In: Recent Developmente in Pig Nutrition. Nottingham University Press, Loughdorough, UK, p.225-242, 1993.

- PUPA, J. M. R.; ORLANDO, U. A. D.; HANNAS, M. I. et al. Níveis nutricionais utilizados nas dietas de suínos no Brasil. In: Simpósio internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos, 2., 2005. **Anais...** Viçosa: UFV, p.349-374, 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 150p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 2007, 59p.
- SAVARIS, V.D.L. **Estudos do balanço eletrolítico e da proteína bruta da ração para suínos em crescimento em condições de alta temperatura.** (Dissertação de Mestrado). Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense. 45p, 2008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3. ED. Viçosa: Ed. UFV, p. 235, 2002.
- TAVARES, S.L.S.; FERREIRA, R.A. **Respostas Fisiológicas ao Ambiente Térmico na Suinocultura.** In: Textos didáticos. Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, Vitória da Conquista, p.32, 2005.
- TOLON, Y.; BARACHO, M.S.; NÄÄS, I. de A.; ROJAS, M. Ambiência térmica, aérea e acústica para reprodutores suínos. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.1, p.1-13, 2010.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG 9.1: Sistema de Análises Estatística.** Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 2007. (CD-ROM).
- VIEITES, F.M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.2076-2085, 2005.

4 EFEITO DO BALANÇO ELETROLÍTICO DA RAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE SUÍNOS EM FASE INICIAL MANTIDOS EM CONDIÇÃO DE ESTRESSE E CONFORTO TÉRMICO

Resumo: Este trabalho objetivou estudar o balanço eletrolítico de rações sobre a resposta fisiológica de suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, em condições de estresse e conforto térmico. Para o experimento foram utilizados 32 suínos machos castrados em fase inicial, com massa corporal média inicial de $18,5 \pm 0,73\text{kg}$, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968) e distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso e esquema fatorial de parcelas subdivididas no tempo, com 32 tratamentos e um suíno por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro níveis de balanço eletrolítico (BE) na ração (168, 212, 256 e 300 mEq kg^{-1}), casualizados nas parcelas, e quatro horários de observação durante o dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 hs), que constituíram as subparcelas. Os parâmetros analisados foram as condições ambientais da sala, frequência respiratória e temperatura retal monitoradas às 08h00min, 11h00min, 14h00min e 17h00min. Não houve efeito ($p>0,05$) de BE e de interação entre BE e horário sobre todas as variáveis dependentes avaliadas. Os horários de observação exerceram efeito linear positivo ($p<0,05$) sobre os parâmetros fisiológicos avaliados em condição de estresse e conforto térmico. A elevação da temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) foi diretamente proporcional a temperatura ambiente e ao período de observação e a frequência respiratória foi 57% maior que o valor considerado normal na condição de estresse térmico. As variações de BE utilizadas nas rações não influenciaram significativamente os parâmetros fisiológicos avaliados.

Palavras-chave: bioclimatologia, equilíbrio ácido-básico, frequência respiratória, temperatura retal

4 EFFECT OF ELECTROLYTE BALANCE IN FEED ON THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF GROWING PIGS MAINTAINED IN A CONDITION OF STRESS AND THERMAL COMFORT

Abstract: This work aimed study the electrolyte balance of diets on the physiological response of barrows in growing pigs of under conditions of stress and thermal comfort. For the experiment were used 32 barrows in growing, with initial mean body mass of 18.5 ± 0.73 kg were housed individually in metabolism cages similar to those described by Pekas (1968) and distributed in experimental design and randomized block factorial split plot in time, with 32 treatments and one pig experimental unit. The treatments were a combination of four levels of electrolyte balance (EB) in the diet (168, 212, 256 and 300 mEq kg⁻¹), randomized plots, and four hours of observation during the day (8:00, 11:00, 14:00 and 17:00), which constituted the subplots. The parameters analyzed were the environmental conditions of the room, respiratory rate and rectal temperature were monitored at 08:00, 11:00, 14:00 and 17:00. There was no effect ($p > 0.05$) interaction between BE and BE and time on all dependent variables evaluated. The times of observation have had a positive linear effect ($p < 0.05$) on the physiological parameters evaluated in stress condition and thermal comfort. The rise in rectal temperature (° C) was directly proportional to temperature and the feeding period and respiratory rate (mov. min⁻¹) was high (57% above normal) in the heat stress condition. Changes in BE used in diets did not affect the physiological parameters evaluated.

Key-words: acid-base balance, bioclimatology, heat, rectal temperature, respiratory rate

4.1 Introdução

Os suínos são animais homeotérmicos e, portanto, mantêm uma temperatura corporal relativamente constante. Quando são mantidos em ambiente cuja temperatura está dentro da zona de termoneutralidade a produção de calor é mínima, o consumo alimentar e o comportamento dos animais não são influenciados. Por outro lado, animais alojados em temperaturas crítica inferior ou superior as zonas de termoneutralidade, necessitam energia para aquecer ou resfriar o corpo, respectivamente.

Suínos em fase inicial estão mais susceptíveis aos efeitos do estresse térmico devido as elevadas temperaturas que ocorrem na maioria das regiões do país durante os meses de verão. Altas temperaturas do ambiente estão associadas a aumento da temperatura corporal, redução no desempenho devido a diminuição no consumo de alimento e ao custo energético associado a dissipação do calor.

Uma das consequências do estresse é a mudança no equilíbrio ácido-base com o aparecimento da hiperventilação. Assim, um dos métodos usados para o controle do estresse calórico é a tentativa de manipulação química do equilíbrio ácido-base dos suínos por meio da manipulação do balanço eletrolítico da ração de compostos como bicarbonato de sódio (NaHCO_3) (VIETES *et al.*, 2005).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar o balanço eletrolítico de rações sobre a resposta fisiológica de suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, em condições de estresse e conforto térmico.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Local, período experimental e clima

O experimento foi realizado no período de Fevereiro a Março (estresse térmico) e Maio a Junho (conforto térmico), no Laboratório de Fisiologia e Metabolismo de Aves da Fazenda Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, localizada na Linha Guará no Município de Marechal Cândido Rondon-PR. A fazenda encontra-se a 24° 33' 33'' de latitude Sul, 54° 08' 18'' de longitude Oeste e em uma altitude média de 420 metros.

O clima local, segundo a classificação KÖPPEN, é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias mínimas no

período variam entre 17 e 18 °C e máximas entre 28 e 29 °C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam entre 1600 e 1800 mm, com o trimestre mais chuvoso apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2001).

4.2.2 Animais e instalações

No experimento foram utilizados 32 suínos machos castrados, com massa corporal média inicial de $18,5 \pm 0,73$ kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em uma sala com aproximadamente 12m², em galpão de alvenaria, coberto com telha de cerâmica e com piso de concreto compacto. Para que a temperatura permanecesse em $29,47 \pm 1,34$ °C e $20,70 \pm 0,84$ foram utilizadas placas térmicas elétricas para o aquecimento do ar e ar condicionado modelo Split, marca Electrolux de 12000 btu para manter a temperatura de conforto.

4.2.3 Delineamento, tratamentos e blocos experimentais

Em cada ensaio foram utilizados 16 suínos, em delineamento experimental de blocos completos inteiramente casualizados e esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 16 tratamentos e um suíno por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro níveis de balanço eletrolítico (BE) na ração (168, 212, 256 e 300 mEq kg⁻¹), casualizados nas parcelas, e quatro observações diárias de TR e FR (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 hs), que constituíram as subparcelas.

Cada bloco, em um total de dois, apresentou duas repetições experimentais por tratamento e foi representado por oito gaiolas metabólicas, correspondentes à quantidade utilizada no decorrer de 12 dias de coleta de dados, sendo sete dias para adaptação às rações e gaiolas, e cinco dias para a coleta de dados propriamente dita.

O croqui da sala, posicionamento das gaiolas, tratamentos e repetições encontram-se apresentados na Figura 4.1.

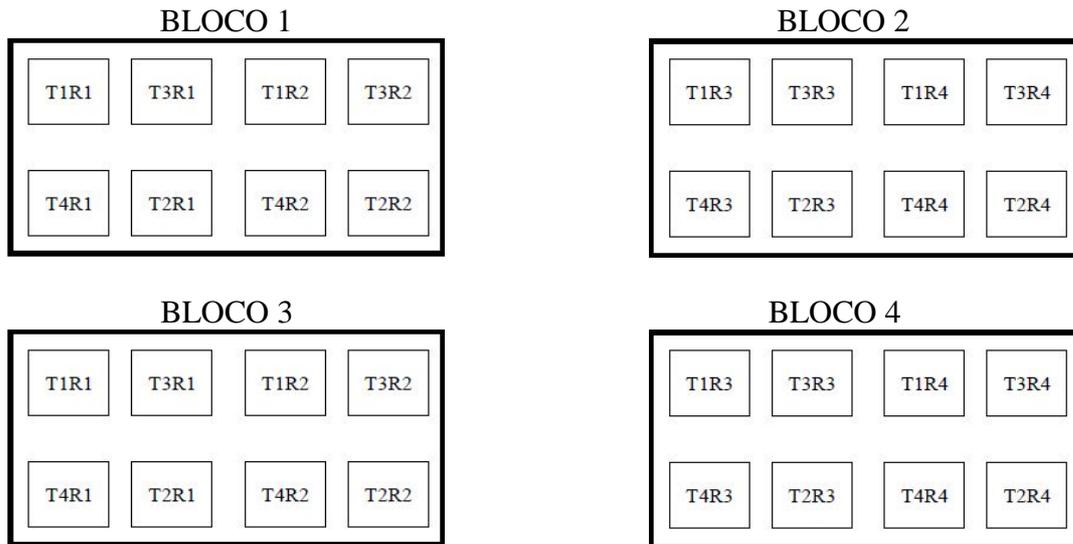


Figura 4.1. Desenho esquemático do delineamento experimental.

4.2.4 Rações e manejo alimentar

Os animais receberam ração inicial (Tabela 4.1) para suínos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, seguindo as recomendações descritas por Rostagno et al. (2005). As rações foram isoprotéicas com 19,24% PB compostas de quatro níveis crescentes de balanço eletrolítico, em que: R1: ração BE 168 meq kg⁻¹; R2: ração BE 212 meq kg⁻¹; R3: ração BE 256 meq kg⁻¹; R4: ração BE 300 meq kg⁻¹.

Para correção do balanço eletrolítico da dieta (BED) foi adicionado bicarbonato de sódio (NaHCO₃), em substituição ao inerte (areia lavada e sal comum) da ração. Os valores de balanço eletrolítico das rações experimentais foram calculados, considerando o peso molecular de cada elemento químico, conforme proposto por Mongin (1981), utilizando-se a seguinte equação:

$$BE = \left(\frac{Na^+}{23,00} + \frac{K^+}{39,10} + \frac{Cl^-}{35,45} \right) \times 10$$

Em que:

Na = quantidade de sódio presente em cada um dos alimentos (mg kg⁻¹).

K = quantidade de potássio presente em cada um dos alimentos (mg kg⁻¹).

Cl = quantidade de cloro presente em cada um dos alimentos (mg kg⁻¹).

A quantidade de ração fornecida diariamente a cada animal foi calculada com base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$). Para evitar perdas e facilitar a ingestão, as rações foram umedecidas e fornecidas duas vezes ao dia (7h00min e 19h00min). A água foi fornecida à vontade, após a ingestão da ração.

TABELA 4.1 Composição centesimal das rações experimentais contendo diferentes níveis de balanço eletrolítico para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.

Ingredientes (%)	BE ⁶ (mEq kg ⁻¹)			
	168	212	256	300
Milho	65,000	65,000	65,000	65,000
Farelo de soja	29,700	29,700	29,700	29,700
Óleo de soja	1,087	1,088	1,086	1,088
Fosfato bicálcico	1,600	1,600	1,600	1,600
Calcário	0,586	0,586	0,586	0,586
Antioxidante ¹	0,020	0,020	0,020	0,020
Sal comum	0,424	0,162	0,116	0,116
Mistura mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Mistura vitamínica ³	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Lisina HCl	0,338	0,338	0,338	0,338
DL-Metionina	0,091	0,091	0,091	0,091
L-Treonina	0,094	0,094	0,094	0,094
Cloreto de colina	0,038	0,038	0,038	0,038
Inerte ⁴	0,850	0,724	0,385	0,010
Bicarbonato de sódio	0,010	0,400	0,781	1,160
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes calculados (%)				
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta	19,240	19,240	19,240	19,240
Cálcio	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo disponível	0,400	0,400	0,400	0,400
Sódio	0,200	0,200	0,283	0,390
Potássio	0,720	0,720	0,720	0,720
Cloro	0,367	0,209	0,182	0,190
Lisina digestível	1,145	1,145	1,145	1,145
Treonina digestível	0,721	0,721	0,721	0,721
Met+Cis digestível	0,641	0,641	0,641	0,641
Metionina digestível	0,361	0,361	0,361	0,361
Triptofano digestível	0,202	0,202	0,202	0,202
Arginina digestível	1,181	1,181	1,181	1,181
Valina digestível	0,797	0,797	0,797	0,797
Leucina digestível	1,558	1,558	1,558	1,558
Isoleucina digestível	0,721	0,721	0,721	0,721
Histidina digestível	0,467	0,467	0,467	0,467
Glicina + serina dig.	1,444	1,444	1,444	1,444
Fenilalanina digestível	0,855	0,855	0,855	0,855
Fenilalanina + tirosina dig.	1,425	1,425	1,425	1,425
Tilosina-ppm	44,00	44,00	44,00	44,00

¹BHT. ²Conteúdo/kg: ferro 100 g; cobre 10 g; cobalto 1 g; manganês 40 g; zinco 100 g; iodo 1,5 g; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. ³Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D₃, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B₁- 2,0 g; vit B₂ - 5,0 g; vit. B₆ - 3,0 g; vit B₁₂ - 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit. K₃, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. ⁴Areia fina lavada. ⁶Balanço eletrolítico da ração.

4.2.5 Condições ambientais e variáveis avaliadas

As condições ambientais da sala foram monitoradas às 08h00min, 11h00min, 14h00min e 17h00min, com auxílio de um Datalogger portátil, marca Homis, modelo 494 com sensor de temperatura, com tempo de resposta de 20 segundos, exatidão de $\pm 1,0$ °C e temperatura de operação de -40 °C a +70 °C, e sensor de umidade relativa, com tempo de resposta de 5 segundos, exatidão de $\pm 3,0\%$ e umidade de operação de 0 a 100%.

No experimento, foram avaliadas individualmente a temperatura retal (TR), e a frequência respiratória (FR), coletadas diariamente às 8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 hs.

A temperatura retal (TR) foi obtida com auxílio de termômetro clínico digital introduzido no reto de cada animal durante um minuto expressa em (°C). A frequência respiratória (FR) foi obtida pela contagem dos movimentos dos flancos de cada animal durante 15 segundos e este resultado multiplicado por quatro para obtenção da frequência respiratória por minuto (movimentos por minuto).

4.2.6 Procedimentos estatísticos

Como passo inicial, foi procedido o teste de esfericidade (MAUCHLY, 1940) para verificar se uma população multivariada apresenta variâncias iguais e correlações nulas, ou seja, se a matriz de covariâncias dos erros, denotada por Σ , atende à condição de HUYNH-FELDT (H-F), condição necessária e suficiente para que o teste F da análise de variância usual, no esquema em parcelas subdivididas no tempo, seja válido (XAVIER, 2000). O teste de esfericidade para medidas repetidas foi executado utilizando-se a análise de variância multivariada do procedimento GLM do Statistical Analysis System (SAS, 2000), para cada variável dependente avaliada.

Após essa etapa, foi realizada a análise de variância univariada para medidas repetidas com o intuito de verificar os efeitos de BE, horários de observação e da interação entre BE e horários de observação sobre as variáveis.

Para todas as variáveis avaliadas, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + BE_i + BL_k + \varepsilon_{ikl} + T_j + (BET)_{ij} + \varepsilon_{ijkl},$$

em que:

Y_{ijk} = valor observado para a variável resposta no i -ésimo balanço eletrolítico para o j -ésimo horário de observação, no k -ésimo bloco e na l -ésima repetição do tratamento;

μ = efeito da média geral de todas as observações;

BE_i = efeito do i -ésimo balanço eletrolítico, para $i = (1, 2, 3 \text{ e } 4)$;

BL_k = efeito do k -ésimo bloco, para $k = (1, 2)$;

ε_{ikl} = erro aleatório da parcela devido à interação entre o i -ésimo balanço eletrolítico, o k -ésimo bloco e a l -ésima repetição do tratamento;

T_j = efeito do j -ésimo horário de observação, para $j = (1, 2, 3 \text{ e } 4)$;

$(BET)_{ij}$ = efeito da interação entre o i -ésimo balanço eletrolítico e o j -ésimo horário de observação;

ε_{ijk} = erro aleatório da subparcela referente ao i -ésimo balanço eletrolítico para o j -ésimo horário de observação, no k -ésimo bloco e na l -ésima repetição do tratamento, supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

O efeito isolado de tempo sobre todas as variáveis avaliadas foi estimado por meio de equações de regressão polinomiais e utilizando-se do método dos mínimos quadrados.

Nessa etapa, inicialmente foi procedida a análise de regressão por polinômios ortogonais, em que se observou a significância do efeito linear de mais alto grau, até o efeito quadrático, após desdobramento dos graus de liberdade e da soma de quadrados do fator significativo no modelo estatístico. O efeito cúbico foi desprezado em razão da ausência de grau de liberdade para teste da falta de ajustamento dos modelos de regressão. Como complemento para escolha da equação que apresentou maior aderência aos dados das variáveis dependentes, observou-se a significância dos parâmetros da regressão pelo teste t parcial, incluso na análise de variância da regressão. A qualidade do ajuste dos modelos selecionados aos dados das variáveis respostas foi avaliada pelo valor do coeficiente de determinação (R^2).

A falta de ajustamento dos modelos de regressão aos dados das variáveis dependentes foi testada por meio do teste F . O quadrado médio do resíduo da análise de variância inicial foi utilizado como denominador para todos os procedimentos em que foi utilizado o teste F .

O nível de significância de 0,05 foi adotado em todas as análises, que foram realizadas utilizando-se o programa SAEG 9.1 (UFV, 2007).

4.3 Resultados e discussão

Não houve significância ($p>0,05$) nos testes de esfericidade da matriz de covariância (Σ) de todas as variáveis dependentes avaliadas na condição de estresse e conforto térmico (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 Testes de esfericidade relacionados às matrizes de covariância (Σ) da temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) na condição de estresse e conforto térmico

Variável (Estresse)	GL	Critério de Mauchly	χ^2	p-value
TR	5	0,5430	5,93	0,3125 ^{ns}
FR	5	0,5424	5,94	0,3115 ^{ns}
Variável (Conforto)				
TR	5	0,6933	3,55	0,6143 ^{ns}
FR	5	0,9654	0,34	0,9968 ^{ns}

^{ns} - Não significativo ($P>0,05$).

Esses resultados (Tabela 4.2) sugeriram o atendimento da condição H-F e a utilização de procedimentos univariados para teste dos efeitos incluídos na subparcela (tempo e interação tempo x BE), não sendo necessário o uso de testes multivariados ou correções para os testes univariados dos efeitos intra-indivíduos.

Não houve efeito ($p>0,05$) de BE e de interação entre BE e horário de observação sobre todas as variáveis dependentes avaliadas. Para os horários de observação houve efeitos significativos.

4.3.1 Efeito dos horários de observação sobre a temperatura retal de suínos em condição de estresse e conforto térmico

Na Tabela 4.3 estão apresentados os valores médios e desvios-padrão de temperatura retal em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), frequência respiratória (mov. min^{-1}) e temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$) em condição de estresse e conforto térmico.

Tabela 4.3 Valores médios observados e desvios-padrão de temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura ambiente (TA) em condição de estresse e conforto térmico.

Variável	Tempo (horas)			
Estresse	8	11	14	17
TR	38,89±00,35	38,77±00,26	39,37±00,22	39,21±00,34
FR	92,25±12,03	74,65±11,35	108,6±12,18	98,55±13,66
TA	27,80±00,46	30,40±00,60	30,90±00,72	30,60±01,12

Variável	Tempo (horas)			
Conforto	8	11	14	17
TR	38,02±00,52	38,27±00,40	38,56±00,29	38,63±00,24
FR	45,00±08,33	47,00±09,99	52,50±07,32	51,55±11,67
TA	19,31±01,46	20,70±00,88	21,67±01,07	21,11±00,43

Os horários de observação tiveram efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os parâmetros fisiológicos de suíno em fase inicial em condição de estresse térmico, sendo temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) e frequência respiratória (mov. min.^{-1}). A temperatura retal dos suínos teve efeito linear positivo ($p < 0,05$), visto que houve a permanência do animal em ambiente de estresse térmico, além de que neste período a temperatura ambiente foi crescente (Figura 4.2 e 4.3).

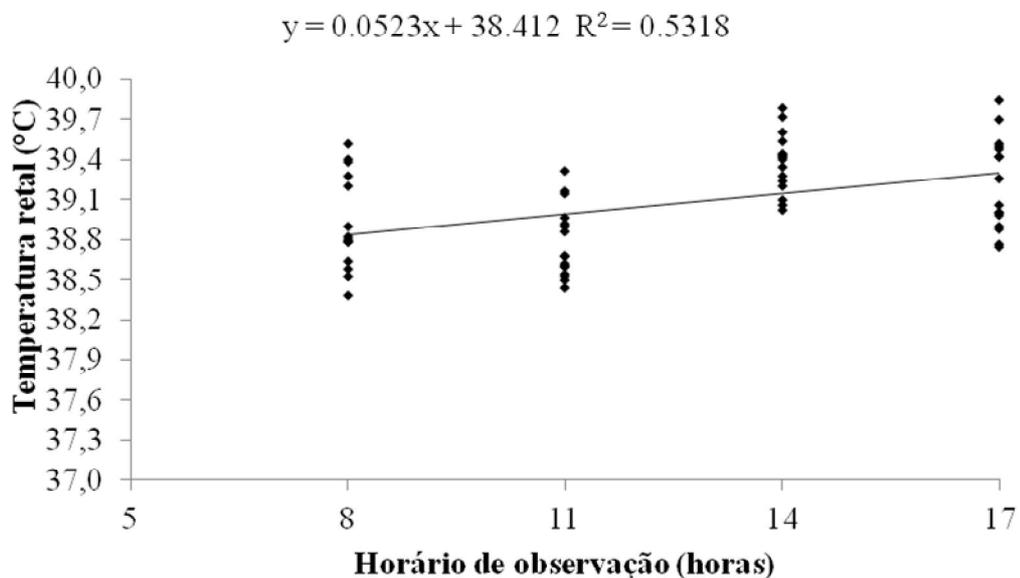


Figura 4.2. Temperatura retal de suínos em função dos horários de observação em condição de estresse térmico.

A temperatura média do ar da sala foi de $29,47 \pm 1,34^{\circ}\text{C}$, a umidade relativa do ar foi de 81,07%. A temperatura média do ar obtida neste estudo pode ser considerada como

temperatura de estresse por calor por estar acima da temperatura crítica máxima de 27°C, conforme estabelecido por Esmay (1982), Ferreira *et al.* (2006), para suínos desta categoria.

A TR dos suínos teve efeito linear em decorrência dos diferentes horários de observações. A equação de regressão que descreveu a variação de TR em função de horário foi $\hat{Y}=38,412+0,523X$ e $R^2 = 0,5318$. O coeficiente de determinação de 0,5318 mostrou que o modelo apresentou aderência média aos dados observados de TR.

Os suínos apresentaram as 8, 11, 14 e 17 horas em média temperatura retal de 38,89; 38,78; 39,38 e 39,22 respectivamente, mostrando que no período da tarde a temperatura retal foi superior ao período da manhã. Embora tenha sido observada diferença estatística na temperatura retal ($P<0,05$) nos diferentes horários de observação, a máxima obtida nos suínos foi de 39,79°C mostrando que mesmo os animais mantidos em ambiente considerado de estresse térmico mantiveram sua temperatura retal dentro da faixa ideal, que segundo Ferreira (2000) é de 37,9 a 39,9°C, caracterizando a eficiência dos processos termorregulatórios.

Tavares *et al.* (2000), em estudo realizado com suínos em crescimento sob diferentes temperaturas ambiente, observaram que na condição de estresse térmico (32°C), os animais apresentaram um aumento ($P<0,0,1$) na temperatura retal no período da manhã, o mesmo não ocorreu pelo período da tarde. Porém observou-se por esse trabalho que no período da manhã, especificamente às 8 horas quando os animais tinham recebido ração, as temperaturas retais foram superiores as das 11 horas, quando teve-se temperaturas ambientes maiores, isso pode ser decorrente do processo alimentar, onde ocorre alteração do metabolismo animal. Já em trabalho realizado por Lopes *et al.* (1991), não foram observadas diferenças de temperatura retal nas diferentes horas do dia em que foram monitoradas.

A mesma tendência da temperatura retal com relação à variação da temperatura ambiente foi observada quando os animais foram expostos em local com temperatura de conforto térmico (Figura 4.3).

A temperatura média do ar da sala foi de $20,70\pm 0,84^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de 74,98%. A temperatura média do ar obtida neste estudo pode ser considerada como temperatura termoneutra por estar entre 18 a 26°C, que é a faixa de temperaturas proposta como ideal para suínos em fase inicial (PERDOMO, 1994).

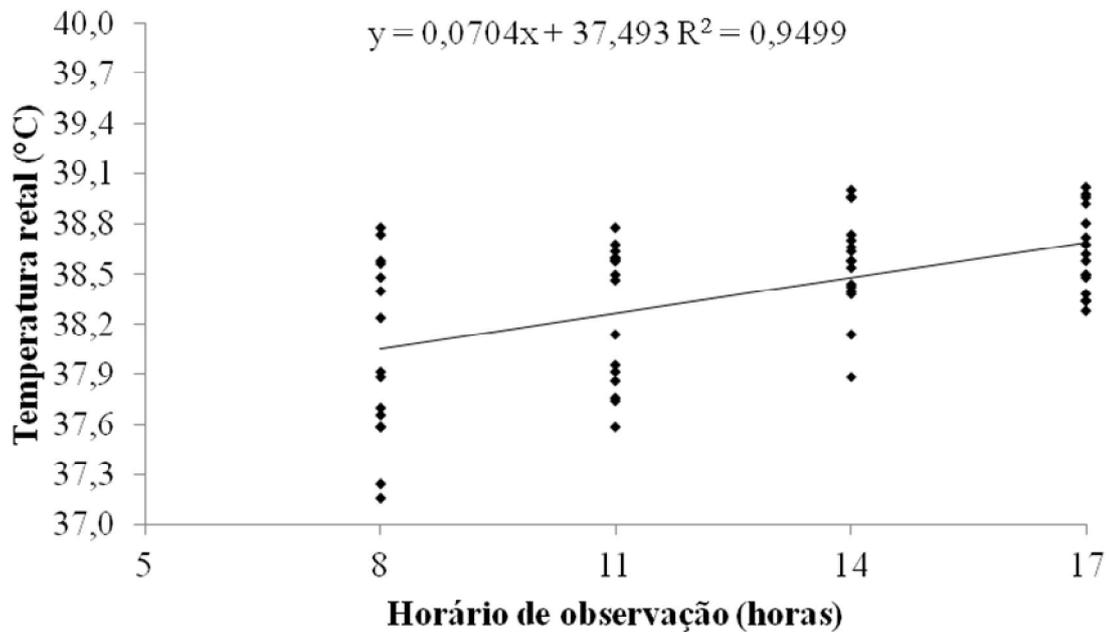


Figura 4.3. Temperatura retal de suínos em função dos horários de observação em condição de conforto térmico.

Embora o comportamento tenha sido similar nos ambientes, verifica-se da Figura 4.3 uma menor variação da temperatura retal ao longo do dia. A equação de regressão que descreveu a variação de TR em função dos horários de observação foi $\hat{Y} = 0,0704X + 37,493$ e $R^2 = 0,9499$. Esses resultados indicaram que em todo período os suínos permaneceram na faixa de conforto térmico. O coeficiente de determinação de 0,9499 mostrou que o modelo ajustado correspondeu satisfatoriamente aos dados experimentais.

4.3.2 Efeito dos horários de observações diárias sobre a frequência respiratória de suínos em condição de estresse e conforto térmico

A frequência respiratória dos suínos foi influenciada ($P < 0,05$) pela variação da temperatura ambiente e horários de observação, apresentando efeito linear (Figura 4.4 e 4.5).

A equação de regressão que descreveu a variação de FR em função de tempo foi $\hat{Y} = 71,483 + 1,7633X$ e $R^2 = 0,2287$. O coeficiente de determinação de 0,2287 mostrou que o modelo apresentou aderência baixa aos dados observados de TR.

A significância ($p < 0,05$) da falta de ajustamento do modelo regressão aos dados de FR, indicam que o modelo ajustado não descreveu adequadamente o fenômeno estudado.

Outros fatores poderiam ser incluídos para a predição da FR em estudos posteriores, tais como a umidade relativa, velocidade do ar, entre outros.

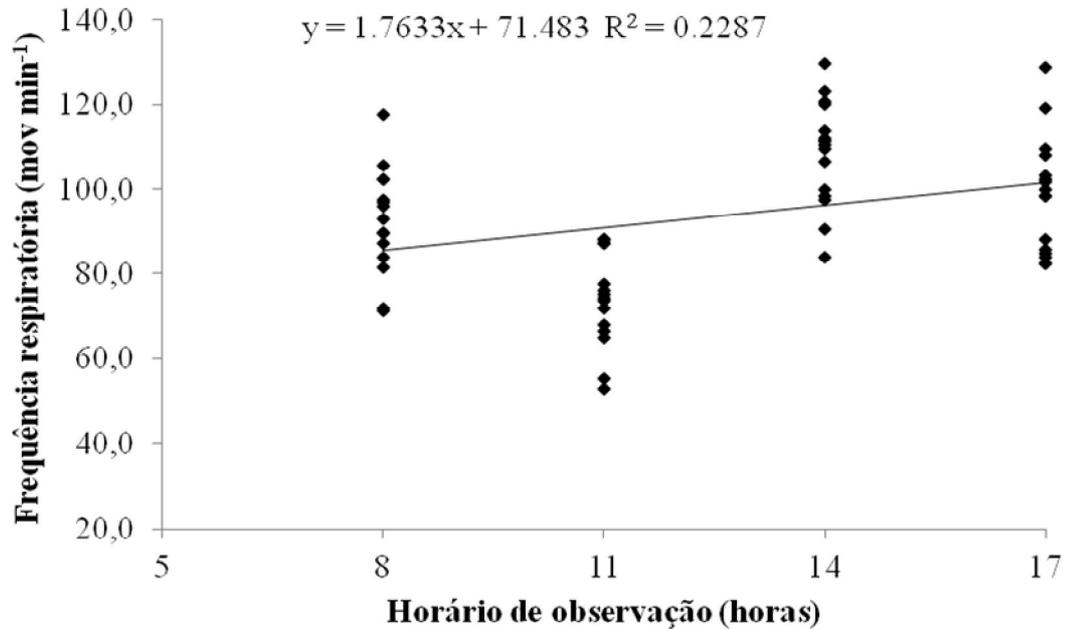


Figura 4.4. Frequência respiratória de suínos em função dos horários de observação em condição de estresse térmico.

Os horários de observação promoveram aumento significativamente ($P < 0,05$) na frequência respiratória dos suínos. Este fato caracteriza que os horários e a temperatura média do ambiente ($29,47^{\circ}\text{C}$) proporcionaram desconforto para os animais. A frequência respiratória chegou a $101,46 \text{ mov. min}^{-1}$ as 17h00min., cujos valores normais variam entre 32 a 58 movimentos por minuto (REECE, 1996). A elevação da frequência respiratória pode explicar o fato de suínos expostos à condição de estresse térmico terem mantido sua temperatura retal dentro da faixa ideal, pois, segundo Manno et al. (2006), temperaturas ambientais elevadas tendem fazer o animal aumentar a frequência respiratória como mecanismo eficiente para perda de calor corporal para manutenção da homeotermia.

De forma semelhante foi observado ($P < 0,05$) variação da frequência respiratória para os suínos mantidos em ambiente de conforto térmico (Figura 4.5). Ao passo que a variação foi mínima comparada à condição de estresse térmico, destacando a grande importância deste mecanismo para termorregulação de suínos.

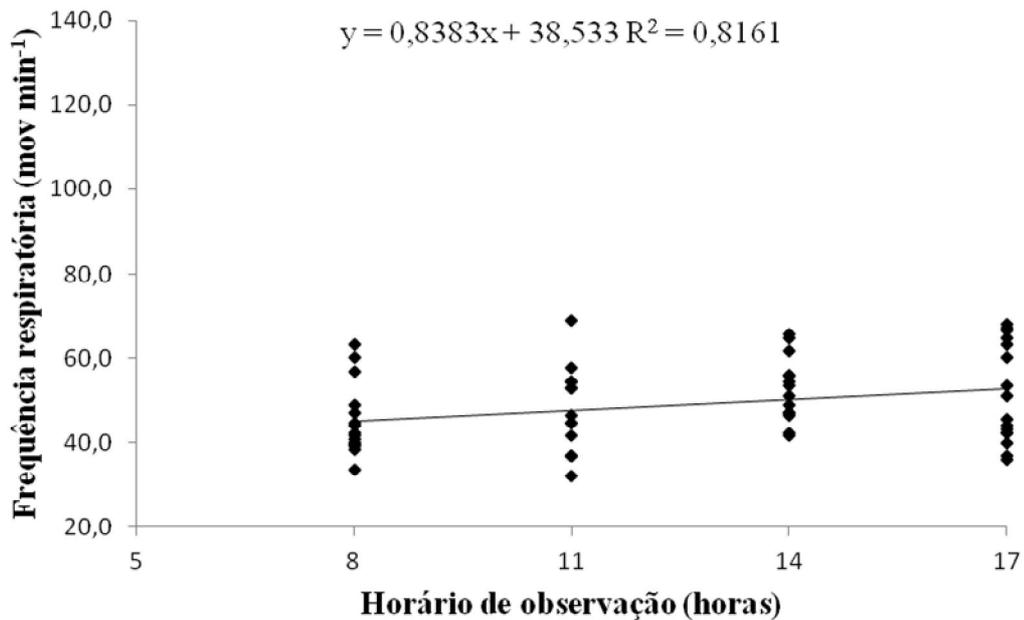


Figura 4.5. Frequência respiratória de suínos em função dos horários de observação em condição de conforto térmico.

Os valores médios de frequência respiratória às 8, 11, 14 e 17 horas foram de 42, 47, 53 e 52 mov. min⁻¹, respectivamente. De acordo com as observações, as 14 horas foi o horário que se observou a temperatura ambiente mais elevada. Suínos expostos ao estresse térmico, nesse horário, apresentaram uma frequência respiratória de 48% superior àqueles mantidos em conforto térmico. Resultados semelhantes para frequência respiratória foram obtidos por Kiefer et al. (2009), para suínos em crescimento. Segundo os autores a elevação da taxa respiratória propicia aumento na dissipação de calor por evaporação através do trato respiratório dos animais submetidos a estresse pelo calor, o que associado a outros processos fisiológicos, possibilita a manutenção da homeostase térmica.

4.4 Conclusões

O BE não apresentou efeito sobre a temperatura retal e frequência respiratória. A elevação da temperatura retal foi diretamente proporcional a temperatura ambiente (horários de observação) e a frequência respiratória apresentou um aumento de 57% do considerado normal na condição de estresse térmico.

4.5 Referências

- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport : Avi, 1982. 325p.
- FERREIRA, R.A. Efeitos do clima sobre a nutrição de suínos. In: Encontros técnicos ABRAVES. 11., 2000, Chapecó. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA suínos e aves, 2000.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1056-1062, 2006.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.55-64, 2009.
- LOPEZ, J.; JESSE, G.W., BECKER, B.A. et al. Effect of temperature on the performance of finishing swine: effects of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake and feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1843-1849, 1991.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.471-477, 2006.
- MAUCHLY, J.W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 11, p.204-209, 1940.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- PEKAS, J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.27, n.2, p.1303-1306, 1968.
- PERDOMO, C.C. Conforto ambiental e produtividade de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1994. p.19-26.
- REECE, W.O. Respiração nos mamíferos. In: SWENSON, M.J. e REECE, W.O. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 11^o ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. p. 241-276.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV. 2005, 186p.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT User's guide**. Version 8.2. 4th ed. v.2. Cary: 2000.
- TAVARES, S.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Influência da temperatura sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.1, p.199-205, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG 9.1: Sistema de Análises Estatística**. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 2007. (CD-ROM).

VIEITES, F.M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T. et al. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2076-2085, 2005.

XAVIER, L.H. Modelos **univariado e multivariado para análise de medidas repetidas e verificação da acurácia do modelo univariado por meio de simulação**. 2000. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Piracicaba, SP, 91p.