

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO NA AVALIAÇÃO DE
ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO PARA SUÍNOS**

Silvana Mahl Rauber

PORTO ALEGRE

2016/2

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO NA AVALIAÇÃO DE
ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO PARA SUÍNOS**

Autor: Silvana Mahl Rauber

**Trabalho apresentado à Faculdade de
Veterinária como requisito parcial para a
obtenção da graduação em Medicina
Veterinária**

Orientadora: Ines Andretta

PORTO ALEGRE

2016/2

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida;

A minha orientadora Professora Ines Andretta pela dedicação, paciência e oportunidade em desenvolver esse trabalho;

Aos meus pais, Pedro e Ligia Rauber, ao meu irmão Pedro Augusto Rauber, pelo incentivo e suporte que me permitiram chegar até esta etapa da graduação;

Ao Stefan Warpechowski Neto, pelo amor e companheirismo;

A UFRGS e seus professores, pelo ensino gratuito e de qualidade;

Ao Professor Sergio Luiz Vieira, pelas oportunidades e orientação durante grande parte da graduação;

Aos colegas do Aviário de Ensino e Pesquisa e aos colegas de graduação pelos momentos compartilhados.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido utilizando imagens de infravermelho como ferramenta para avaliar a eficiência produtiva de suínos mantidos em diferentes programas alimentares. Sessenta e sete suínos (30,3 kg de peso vivo médio) foram selecionados para este experimento. Duas pré-misturas (A e B) foram utilizadas para composição das dietas em cinco programas alimentares. Os animais do tratamento ‘três fases’ foram mantidos em um programa de alimentação convencional com três fases (28 dias cada). A proporção das pré-misturas na dieta deste grupo foi calculada no primeiro dia de cada fase e foi mantida fixa dentro de cada período. Os leitões dos tratamentos multi-fases receberam proporções das pré-misturas A e B que variavam diariamente para satisfazer 110, 100, 90 ou 80% das exigências nutricionais estimadas de cada indivíduo do grupo. Ao final do experimento, os animais foram fotografados com uma câmera termográfica em duas condições: nas baias (regiões dorso-cervical, facial, dorso-caudal e posterior) e sob anestesia (regiões do globo ocular direito e a área interna da orelha). A temperatura retal também foi aferida. O coeficiente de variação nos valores de temperatura retal foi menor que nos dados coletados na superfície corporal dos animais. Os menores coeficientes de variação nas temperaturas máximas e médias foram observados na região do olho dos animais. As temperaturas mínimas apresentaram coeficientes de variação mais altos em relação aos valores máximos e médios independentemente da região avaliada. As temperaturas médias e máximas do globo ocular, do interior da orelha e das regiões dorso-cervical, dorso-caudal, posterior e da bochecha não foram afetadas ($P > 0,05$) pelos programas alimentares. O grupo multi-fases que recebia 80% das exigências nutricionais apresentou temperatura média inferior ($P < 0,05$) na região dos olhos em comparação com os animais do tratamento alimentado com 100% das exigências. Este trabalho sugere que a temperatura da região ocular é apropriada para avaliação de programas de alimentação para suínos em crescimento. As imagens termográficas são uma ferramenta útil e com boa aplicabilidade na produção animal.

ABSTRACT

This study was developed using infrared images to assess the productive efficiency of pigs kept in different feeding programs. Sixty-seven pigs (30.3 kg of live weight) were selected for this experiment. Two premixes (A and B) were used to prepare the diets of five feeding programs. Animals in the 'three-phase' treatment were kept on a conventional feeding program with three phases (28 days each), in which diets were calculated on the first day of each phase and remained fixed within each period. Pigs in the multi-phase treatments received diets daily adjusted to meet 110, 100, 90 or 80% of the individual nutritional requirements. At the end of the experiment, thermographic images were taken with an infrared camera on two conditions: in the pens (dorsocervical, facial, dorsocaudal, and caudal regions) and under anesthesia (ocular and ear regions). Rectal temperature was also measured. The variation coefficient in rectal temperature values was lower compared with data observed on the body surface. The lower variation coefficients in maximum and mean temperature values were observed in the facial area. The higher variation coefficients were observed in minimum temperatures regardless of the assessed region. The average and maximum temperatures of ocular, ear, dorsocervical, dorsalcaudal, caudal and cheek regions were not affected ($P > 0.05$) by the feeding programs. Pigs in multi-phase treatment receiving 80% of their nutritional requirements showed lower mean temperature ($P < 0.05$) in the ocular region than animals fed diets with 100% of requirements. This study suggests that the ocular region temperature is appropriate for evaluating feeding programs for growing pigs. Thermographic technique has good applicability in animal production.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	7
2.1 Suinocultura: atualidades e desafios	7
2.2 Alimentação de precisão na suinocultura	7
2.3 Alimentação de precisão aliada ao uso de imagens de infravermelho.....	8
3. ARTIGO CIENTÍFICO	9
3.1 Introdução	9
3.2 Material e métodos.....	10
3.3 Resultados e discussão.....	13
4. REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

A eficiência produtiva dos suínos pode ser otimizada através da oferta adequada de nutrientes aos animais. Atualmente, as estratégias de alimentação para suínos em crescimento utilizam estimativas de exigências nutricionais por grupo de animais (lotes) e por fases (períodos de tempo). No entanto, as exigências nutricionais dos animais variam entre os indivíduos do grupo e evoluem de maneira dinâmica ao longo do crescimento dos animais.

Sistemas de alimentação de precisão recentemente propostos permitem formular dietas específicas para cada dia e indivíduo, utilizando modelagem matemática para estimar as exigências nutricionais dos animais a partir do seu padrão de consumo de ração e também sua dinâmica de crescimento (POMAR *et al*, 2009). A alimentação de precisão é, portanto, uma quebra de paradigma no contexto da nutrição animal, uma vez que as exigências nutricionais não são mais tratadas como uma característica estática da população. Pesquisas recentes mostraram que a alimentação de precisão permite reduzir os níveis de proteína e outros nutrientes nas dietas de suínos em crescimento, minimizando a excreção de elementos poluentes para o ambiente e aumentando a eficiência produtiva dos animais (ANDRETTA *et al*, 2016).

O uso de dietas com baixos níveis de proteína pode diminuir a produção de calor em suínos mantidos em ambientes termoneutros (KERR *et al*, 2003) A redução na produção de calor resultaria da diminuição no catabolismo nas taxas de excreção de aminoácidos. Como o sistema de alimentação de precisão utiliza dietas com nível proteico reduzido, a produção de calor poderia ser influenciada neste programa alimentar. Para avaliar essa hipótese, podem-se utilizar Imagens de infravermelho para relacionar com a temperatura de superfície corporal dos suínos. Assim, este trabalho foi desenvolvido utilizando imagens de infravermelho e sua relação com temperaturas de superfície corporal como ferramenta para avaliar a eficiência produtiva de suínos mantidos em diferentes programas alimentares.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1 Suinocultura: atualidades e desafios

No contexto da produção animal mundial, a suinocultura possui um rebanho de 986 milhões de animais (FAOSTAT, 2014) e representa aproximadamente 40% do total da carne consumida, o que a coloca na condição da principal fonte de proteína animal no mundo. A previsão para o futuro é que a produção continue em franco crescimento, especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil.

A produção de suínos é uma atividade de grande importância na cadeia do agronegócio brasileiro, uma vez que o país se classifica como quarto maior exportador mundial de carne suína. Com um rebanho de mais de 37 milhões de suínos, atualmente a produção de carne gira em torno de 3,4 milhões de toneladas por ano (FAOSTAT, 2014). Para sustentar todos os elos da cadeia, grandes volumes de grãos, especialmente milho e soja, são requeridos. A importância da nutrição é tão marcante que chega a representar 70% dos custos de produção. Neste cenário, a busca pela máxima eficiência de utilização dos nutrientes da dieta pelos animais representa uma garantia de viabilidade de caráter econômico e também ambiental para o setor.

2.2 Alimentação de precisão na suinocultura

O desafio atual para os segmentos de produção intensiva, como a suinocultura, é aliar alta produtividade com a maximização do uso de insumos alimentares e diminuição da poluição decorrente dos dejetos lançados no meio ambiente. Aditivos alimentares (ex.: enzimas exógenas) ou métodos de processamento (ex: tratamento térmico), associados ao uso de objetivos ambientais na formulação das dietas, podem contribuir para o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis (POMAR *et al*, 2014).

O aumento do número de fases é outra ferramenta que também reduz a excreção de nutrientes e o custo de alimentação dos suínos (BOURDON *et al*, 1995), pois permite um ajuste mais dinâmico da oferta de nutrientes com as exigências nutricionais dos animais. De forma ainda mais precisa, a alimentação individualizada e com dietas ajustadas diariamente promove uma forma ainda mais eficiente de utilização das dietas pelos animais.

A alimentação de precisão permite a melhor utilização do nitrogênio, fósforo e outros nutrientes da dieta, reduzindo assim o custo de produção e a excreção de nutriente (ANDRETTA *et al*, 2014). Para a correta implementação de programas de alimentação de precisão, é necessário conhecer a composição nutricional dos ingredientes e as exigências nutricionais dos animais.

A alimentação de precisão compreende o uso de técnicas que permitem o fornecimento da quantidade e composição nutricional precisa do alimento diariamente e para cada suíno de uma população. Estimativas *in silico* apontam que esse sistema pode reduzir em 4,6% o custo de alimentação e em aproximadamente 38% a excreção de nitrogênio e fósforo (POMAR *et al.*, 2009). Estudos *in vivo* demonstram que o desempenho de animais não é prejudicado quando os níveis nutricionais são ajustados, em termos de ganho médio diário de peso, peso corporal e composição proteica corporal (ANDRETTA *et al.*, 2014). Além disso, a adoção de técnicas de alimentação precisa em sistemas de produção de grande porte permite o monitoramento em tempo real do alimento e dos animais, mesmo que alojados em grandes grupos. As técnicas de zootecnia de precisão permitem atingir ótimas condições de abate, além da tomada estratégica de decisões na produção, melhorando assim a sustentabilidade, o bem-estar animal e qualidade da carne.

2.3 Alimentação de precisão aliada ao uso de imagens de infravermelho

A alimentação de precisão é uma técnica muito promissora. Porém, por ser uma proposta recente, poucos estudos foram desenvolvidos para sua avaliação a campo. A validação deste sistema de alimentação precisa, portanto, ser realizada utilizando técnicas e ferramentas modernas de pesquisa.

As câmeras de infravermelho têm sido utilizadas em estudos recentes para diagnóstico precoce de doenças em animais de produção (SCHAEFER *et al.*, 2012), para monitorar a atividade metabólica (FERREIRA *et al.*, 2011) e também para prever a qualidade da carne (WESCHENFELDER *et al.*, 2013). A termografia por infravermelho é uma alternativa para avaliação em tempo real dos animais e, por isso, pode ser bem utilizada como ferramenta aliada na zootecnia de precisão.

Pesquisas anteriores demonstraram que o uso de dietas com baixos níveis de proteína pode diminuir a produção de calor em suínos mantidos em ambientes termoneutros (KERR *et al.*, 2003). A redução na produção de calor resultaria da diminuição no catabolismo e nas taxas de excreção de aminoácidos. Como o sistema de alimentação de precisão utiliza dietas com nível proteico reduzido, a produção de calor poderia ser influenciada neste programa alimentar. Esta hipótese foi avaliada em um estudo com suínos em terminação e os resultados são apresentados neste documento no formato de artigo científico.

3. ARTIGO CIENTÍFICO: TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO NA AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO PARA SUÍNOS

3.1 Introdução

A alimentação convencional para suínos em crescimento consiste em programas usualmente divididos em fases que se ajustam às exigências nutricionais dos animais ao longo do tempo. Porém, este sistema em que todos os animais de determinado lote recebem a mesma ração não considera as diferenças individuais entre os suínos. A variação dinâmica das exigências nutricionais ao longo do crescimento também não é considerada nos programas convencionais com poucas fases de alimentação, o que pode incorrer em múltiplos erros. Assim, é possível inferir que muitos animais sejam alimentados em excesso (consumo de proteína maior por animais menos predispostos para deposição de tecido muscular), enquanto outros recebam quantidades insuficientes de nutrientes (indivíduos geneticamente superiores à média tem seu potencial de crescimento prejudicado devido à ingestão insuficiente de aminoácidos).

A padronização da alimentação em relação ao desempenho produtivo máximo de determinada linhagem genética tem reflexo negativo no cenário econômico e ambiental. Estudos demonstram que mais de 65% do total de nitrogênio e fósforo ingeridos são excretados pelos suínos via fezes e urina (DOURMAD e JONDREVILLE, 2007). Esse percentual está diretamente relacionado com o excesso de nutrientes fornecidos nas dietas.

Questionamentos em relação ao potencial poluidor da suinocultura são o principal motivador para os estudos que propõe técnicas de precisão na formulação de dietas. Diversas áreas de pesquisa (exigências dos animais, composição nutricional e digestibilidade de cada ingrediente, fatores antinutricionais, conceito de proteína ideal, aditivos e outros) têm avançado muito e já são largamente empregadas nos programas de formulação atuais. Entretanto, o conceito de alimentação de precisão vai além. Aliando técnicas de nutrição e engenharia, pesquisadores espanhóis e canadenses desenvolveram o *Automated Intelligent Precision Feeder* (AIPF), um sistema em que cada animal é alimentado individualmente de acordo com sua exigência em tempo real (POMAR *et al*, 2009). Desta forma, todas as variações entre indivíduos são consideradas, mesmo em grandes grupos.

Por ter sido recentemente proposto, este sistema de alimentação de precisão ainda precisa ser validado a campo. Pesquisadores já sugeriram que o uso de dietas com baixo nível proteico diminui a produção de calor em animais mantidos em ambientes termoneutros

(KERR *et al.* 2003). O sistema de alimentação de precisão promove um ajuste diário e preciso da ingestão de aminoácidos, o que pode diminuir a produção de calor gerada na catabolização e excreção do excedente. A termografia por infravermelho pode ser uma ferramenta útil neste contexto. Este trabalho foi desenvolvido, portanto, para avaliar a eficiência do sistema de alimentação de precisão através da temperatura de superfície corporal dos suínos.

3.2 Material e métodos

Sessenta e sete suínos (32 machos e 35 fêmeas) da mesma linhagem genética (Fertilitis 25 x G-Performer 8.0, Genetiporc inc., Saint-Bernard, Quebec, Canada) foram enviados para o centro de pesquisas do Agriculture and Agri Food Canada, em Sherbrooke, Quebec, Canada. Os animais selecionados foram alojados em uma única baia com ventilação mecânica e piso totalmente ripado. A temperatura da sala foi adaptada constantemente para garantir condições de termoneutralidade, e variou de 22°C no momento do alojamento a 18°C quando os animais estavam com peso vivo médio de 100 kg. Durante todo o experimento, os animais tiveram livre acesso à água através de bebedouros tipo *nipple* e a alimentação através de cinco alimentadores automáticos (AIPF).

Ao início do experimento, cada leitão teve um *transponder* eletrônico instalado na orelha esquerda, o qual, através de um código de identificação exclusivo, permitiu registrar automaticamente o consumo de ração individual ao longo do estudo. Através desse registro, o comedouro identificava o animal e fornecia pequenas porções de ração (cerca de 20g por demanda, dependendo da configuração do equipamento). O próprio animal regulava seu consumo alimentar fazendo diversas demandas de ração em cada refeição (alimentação *ad libitum*). O comedouro contava com quatro compartimentos, nos quais foram alocadas as diferentes rações. Através do *software* do equipamento, cada animal recebia uma determinada mistura destas rações, correspondente ao seu tratamento. Desta forma foi implantando um sistema com alimentação individualizada entre animais da mesma baia, onde cada um representou uma unidade experimental. Na parte frontal do comedouro havia uma balança que pesava a parte dianteira do animal durante a alimentação. Este peso foi automaticamente registrado junto com os dados de consumo alimentar e utilizado para determinar as curvas individuais de ganho de peso.

Ao início do período experimental, os suínos (30,3 kg de peso vivo médio) foram divididos aleatoriamente em quatro programas de alimentação (tratamentos). Três dietas comerciais e duas pré-misturas (denominadas A e B) foram utilizadas separadamente em cada compartimento dos alimentadores automáticos. Através da identificação individual pelos

transponders, os alimentadores forneceram dietas para qualquer animal da baia, independentemente do tratamento.

Todos os tratamentos receberam dietas compostas por diferentes proporções das pré-misturas A e B. Estas pré-misturas diferiram na concentração de nutrientes (A = alta concentração, e B = baixa concentração), para permitir que a composição adequada da dieta final fosse atingida. A pré-mistura A foi formulada para atender o animal com maior exigência nutricional no primeiro dia do experimento, enquanto a pré-mistura B foi formulada para atender o indivíduo com menor exigência nutricional no último dia do projeto. Estas exigências foram estimadas no período pré-experimental a partir de informações do desempenho esperado da linha genética e da variabilidade entre indivíduos no rebanho. A formulação foi realizada utilizando método de mínimo custo, sem aditivos promotores de crescimento e utilizando ingredientes de uso comum na suinocultura.

Os animais do tratamento ‘três fases’ (3P) foram mantidos em um programa de alimentação com três fases (28 dias). A proporção das pré-misturas A e B na dieta deste grupo foi calculada no primeiro dia de cada fase e foi mantida fixa dentro de cada período. A composição nutricional das dietas foi ajustada para atender o animal cuja demanda de nutrientes estiver no percentil 82 do grupo, valor anteriormente definido por Hauschild *et al.* (2010) para maximizar o ganho de peso da população.

Os leitões nos tratamentos com multi-fases (MP) receberam dietas ajustadas diariamente às suas exigências nutricionais. A proporção das pré-misturas A e B na alimentação destes animais variou diariamente para satisfazer 110% (MP110), 100% (MP100), 90% (MP90) ou 80% (MP80), das exigências nutricionais estimadas de cada indivíduo do grupo.

As exigências de lisina foram estimadas de acordo com informações individuais de peso corporal, consumo de alimento e ganho de peso esperado (HAUSCHILD *et al.*, 2012). O modelo utilizado para os cálculos incluiu um componente empírico e um componente mecanicista. O componente empírico estimava o consumo diário de ração, o peso corporal e o ganho diário de peso com base na informação coletada pelo comedouro em tempo real para cada animal. Com base nas estimativas anteriores, o componente mecanicista usava equações fatoriais para estimar a concentração ótima de aminoácidos a ser ofertada para cada suíno a fim de satisfazer suas exigências. No compartimento mecanicista do modelo, as exigências diárias de lisina foram calculadas assumindo que a demanda para manutenção é equivalente a $0,036 \times BW^{0,75}$ (FULLER *et al.*, 1989), que 16% do ganho de peso corporal é de proteína (DE LANGE *et al.*, 2003), que 7% da proteína corporal é composta por lisina (MAHAN e

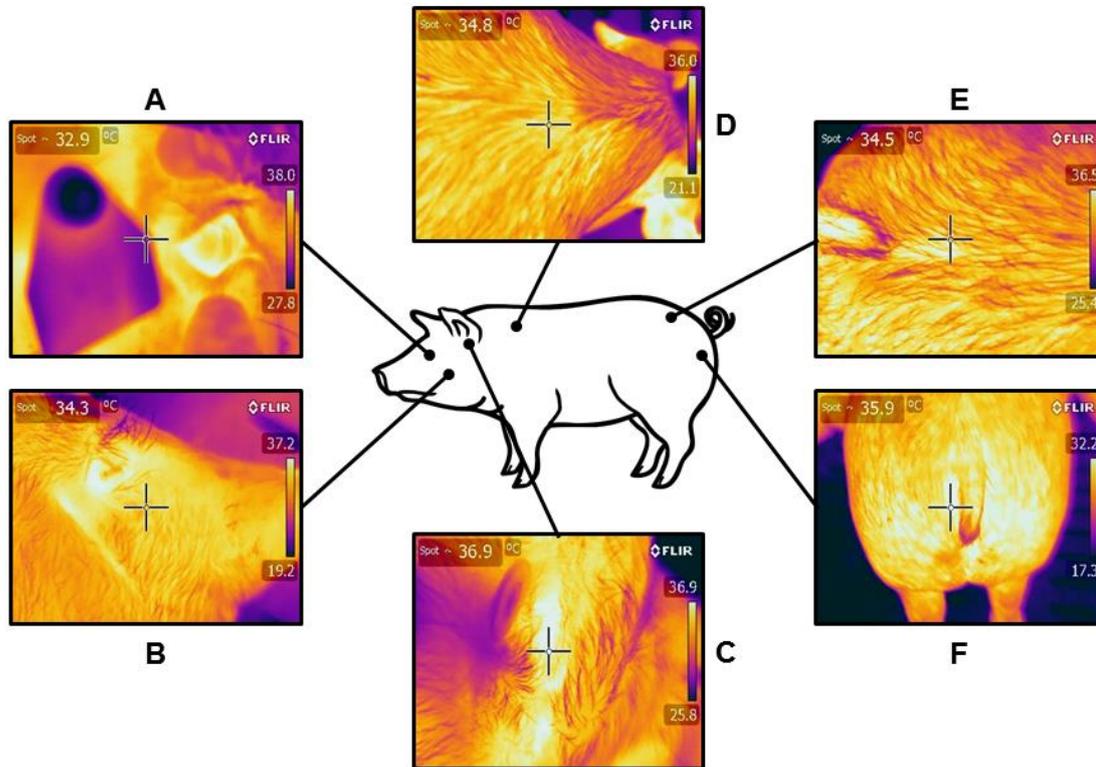
SHIELDS, 1998) e que a eficiência de retenção da lisina é de 72% (MOHN *et al.*, 2000). As exigências para outros nutrientes foram alcançadas assumindo sua proporcionalidade à exigência de lisina.

A concentração necessária de lisina foi obtida na dieta final por diferentes proporções das pré-misturas A e B. As fórmulas das dietas foram atualizadas diariamente no início da manhã. Procedimentos de controle de qualidade foram estabelecidos para assegurar a composição de nutrientes em todas as pré-misturas experimentais (amostragem semanal e posterior análise química). Além disso, os alimentadores foram calibrados de acordo com a densidade das dietas/pré-misturas durante o projeto.

Uma câmera de infravermelho de alta resolução (FLIR E60, FLIR Systems Inc., Canada) foi utilizada para coletar imagens e avaliar a temperatura de superfície corporal em 67 suínos no último dia do experimento. Os suínos foram fotografados em duas condições distintas. A primeira delas foi com os animais anestesiados em decúbito ventral, a fim de avaliar a temperatura da superfície do globo ocular direito e da área interna da orelha. Outras regiões foram estudadas quando os animais estavam em condição normal dentro das baias. Para fotografar os animais nas baias, o operador da câmera caminhou em torno dos animais para capturar as imagens das regiões dorso-cervical, facial (para acessar as áreas da bochecha e dos olhos), dorso-caudal e posterior de cada suíno (Figura 1). A temperatura das salas permaneceu constante durante os procedimentos. Foram analisados apenas os termogramas com foco correto. As temperaturas de cada região (máxima, mínima e média) foram obtidas por meio de análise utilizando um software específico (FLIR Tools, FLIR Systems Inc., Canada).

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o procedimento GLM (General Linear Model) pelo software SAS (versão 9.3; SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Os efeitos dos programas de alimentação, sexo e interações foram considerados no modelo.

Figura 1 – Exemplos de imagens termográficas obtidas durante o experimento: globo ocular direito [A], bochecha [B], interior da orelha [C], região cervical-dorsal [D], região caudal-dorsal [E], e região posterior [F]



3.3 Resultados e discussão

Os animais apresentaram consumo de ração e ganho de peso dentro do esperado segundo o manual da genética. Não foram identificados problemas sanitários entre os animais durante o período experimental. O consumo médio diário de ração, conversão alimentar, espessura de toucinho e massa lipídica corporal não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Os tratamentos também não diferiram quanto ao ganho de peso médio diário, peso corporal e composição proteica corporal. Entretanto, os animais do tratamento MP80 apresentaram um pior desempenho ($P < 0,05$) em relação ao tratamento 3P, com um ganho médio diário de peso, peso corporal e composição proteica corpórea de 11, 9 e 9% menor, respectivamente. Os animais do tratamento MP80 também apresentaram ($P < 0,05$) um ganho médio diário de peso 10% menor que os do tratamento MP100. Os resultados de desempenho deste experimento foram previamente descritos por Andretta *et al* (2016).

O coeficiente de variação nos valores de temperatura retal foi menor que nos dados coletados na superfície corporal dos animais (Tabela 1). Estudos anteriores alertam que imagens feitas sob presença de luz solar ou em condições de alta umidade devem ser

ponderadas, da mesma forma que a perda de calor por convecção devido a incidência de vento e as sujeiras no corpo dos animais interferem na leitura da emissão de radiação (KNÍŽKOVÁ *et al.*, 2007). A temperatura mínima na superfície corporal pode, portanto, não ser um bom parâmetro para a avaliação pretendida uma vez que a radiação capturada pela câmara não depende apenas sobre a temperatura do objeto analisado, mas também está relacionada com sua emissividade e condutividade (KNÍŽKOVÁ *et al.* 2007).

Tabela 1 – Estatísticas descritivas da temperatura (°C) retal e da superfície corporal dos suínos

	Média	DP¹	CV²	Intervalo
Temperatura retal				
Anestesiados	37,93	0,039	1,18	2,30
Nas baias	38,76	0,055	1,15	3,10
Temperatura mínima				
Dorso-cervical	30,88	0,293	7,66	11,9
Dorso-caudal	31,52	0,272	6,90	9,40
Posterior	28,80	0,333	9,33	13,1
Bochecha	30,70	0,280	7,13	13,2
Região do olho	30,77	0,227	5,61	9,10
Globo ocular	34,91	0,105	3,42	6,30
Interior da orelha	34,65	0,151	4,78	7,90
Temperatura máxima				
Dorso-cervical	36,37	0,212	4,69	12,5
Dorso-caudal	36,40	0,177	3,89	11,1
Posterior	37,34	0,207	4,47	13,5
Bochecha	36,45	0,108	2,31	4,40
Região do olho	37,45	0,078	1,59	2,60
Globo ocular	37,81	0,080	2,41	4,50
Interior da orelha	38,01	0,081	2,34	4,60
Temperatura média				
Dorso-cervical	34,49	0,211	4,93	9,40
Dorso-caudal	34,78	0,159	3,65	6,40
Posterior	34,90	0,145	3,33	6,90
Bochecha	34,04	0,128	2,93	3,90
Região do olho	35,23	0,118	2,56	4,40
Globo ocular	36,57	0,088	2,72	5,00
Interior da orelha	37,10	0,098	2,90	6,00

¹ Desvio padrão. ² Coeficiente de variação.

Os menores coeficientes de variação nas temperaturas máximas e médias foram observados na região do olho dos animais, o que justifica a escolha desta região como área de interesse na maioria das pesquisas que utilizam a técnica de infravermelho. Weschenfelder *et al* (2013) sugere a mensuração da temperatura ocular como uma ferramenta válida para prever alterações fisiológicas no pré-abate de suínos afim de prever variações na qualidade da carne. O cérebro é a principal fonte geradora de calor do metabolismo animal, ele compreende o sistema nervoso central, o qual controla a temperatura de todo o corpo. Por esse motivo, a temperatura cerebral é considerada a temperatura central do organismo, e a temperatura ocular, devido à sua proximidade com o cérebro é relacionada como o melhor indicador desta (McCafferty *et al*, 2007).

As temperaturas mínimas apresentaram coeficientes de variação mais altos em relação aos valores máximos e médios independentemente da região avaliada. É provável que esta variação esteja relacionada com a leitura da temperatura mínima em pontos da superfície corporal sujos com materiais como água ou fezes. Em vista desta alta variação, as temperaturas mínimas foram excluídas das análises.

As temperaturas da superfície corporal dos suínos de acordo com os sistemas de alimentação são apresentadas na Tabela 2. As temperaturas médias e máximas do globo ocular, do interior da orelha e das regiões dorso-cervical, dorso-caudal, posterior e da bochecha não foram influenciadas pelos tratamentos testados no projeto. Embora a temperatura máxima na região dos olhos não tenha sido influenciada pelos tratamentos, os animais do grupo multi-fase que recebiam 80% das exigências nutricionais estimadas (MP80) apresentaram temperatura média inferior ($P < 0,05$) nesta mesma região em comparação com os animais do tratamento MP100. Este dado pode ser um indicativo de menor taxa metabólica nos indivíduos alimentados com níveis proteicos reduzidos nas dietas.

As temperaturas de superfície corporal também não foram influenciadas pelo sexo dos animais, exceto a temperatura máxima na região posterior que foi mais alta nas fêmeas ($P < 0,05$) em relação aos machos. Nenhuma interação entre sexo e tratamento ($P < 0,05$) foi observada para as temperaturas de superfície corporal dos suínos.

Tabela 2 – Temperaturas (°C) retais e da superfície corporal de suínos em um programa convencional com três fases (3P) ou em programas de alimentação individuais multi-fase (MP) suprindo 110%, 100%, 90% ou 80% das exigências nutricionais estimadas diariamente para cada animal

	Tratamentos				Sexo ¹		EP ²	Probabilidade ³			
	3P	MP				M		F	T	S	T × S
		110	100	90	80						
Temperatura retal											
Anestesiados	37,9	37,9	38,0	37,9	38,0	38,1	37,7	0,3	0,87	<0,01	0,06
Nas baias	38,5	38,6	38,9	38,8	38,9	38,9	38,6	0,3	0,05	0,06	0,47
Temperatura máxima											
Dorso-cervical	35,9	36,2	36,7	36,7	36,4	36,7	36,1	1,6	0,73	0,61	0,39
Dorso-caudal	36,5	36,3	36,9	36,8	35,5	36,6	36,3	0,7	0,19	0,56	0,06
Posterior	37,5	37,5	37,5	37,6	36,6	37,3	37,4	0,5	0,88	0,01	0,29
Bochecha	36,5	36,4	36,8	36,7	35,8	36,7	36,2	0,7	0,10	0,06	0,88
Região do olho	37,4	37,4	37,6	37,5	37,1	37,5	37,3	0,6	0,54	0,64	0,81
Globo ocular	37,7	37,6	37,8	38,3	37,6	37,8	37,8	0,8	0,05	0,29	0,21
Interior da orelha	37,9	37,6	38,2	38,2	38,1	38,2	37,9	0,8	0,07	0,31	0,06
Temperatura média											
Dorso-cervical	34,6	34,3	34,7	34,7	34,1	34,7	34,3	1,2	0,89	0,30	0,49
Dorso-caudal	34,6	34,6	35,1	35,0	34,6	34,7	34,9	1,1	0,36	0,85	0,05
Posterior	34,6	35,1	35,1	34,9	34,8	34,5	35,3	1,2	0,82	0,11	0,75
Bochecha	34,1	34,2	34,2	34,3	33,4	34,2	33,9	0,9	0,14	0,17	0,59
Região do olho	35,0 ^{ab}	35,3 ^{ab}	35,7 ^a	35,4 ^{ab}	34,6 ^b	35,3	35,1	0,8	0,04	0,39	0,31
Globo ocular	36,4	36,3	36,6	37,0	36,4	36,5	36,6	0,9	0,05	0,33	0,72
Interior da orelha	36,9	36,8	37,5	37,3	37,1	37,2	36,9	0,9	0,65	0,64	0,08

¹ M: Machos, F: Fêmeas. ² Erro padrão. ³ T: Probabilidade de tratamentos, S: Probabilidade de sexo, T × S: Probabilidade da interação entre tratamento e sexo.

A temperatura média na região dos olhos também foi positivamente correlacionada ($P < 0,05$) com o consumo de ração no dia das avaliações ($r = 0,277$) e também com a ingestão de proteína ($r = 0,276$), de lisina ($r = 0,232$) e de energia ($r = 0,272$). As temperaturas médias no globo ocular apresentaram correlação positiva ($P < 0,05$) com o consumo de ração no dia das avaliações ($r = 0,198$). Esses dados corroboram com o indício de que a região ocular é um bom parâmetro de avaliação da temperatura central dos animais. A duração do período de jejum (imediatamente antes das fotos) apresentou correlação inversa ($P < 0,05$) com as temperaturas máxima ($r = -0,224$) e média ($r = -0,209$) avaliadas no interior da orelha e com as temperaturas máxima ($r = -0,224$) e média ($r = -0,240$) na região dorso-cervical. Apesar da significância estatística, todas as correlações entre a temperatura da superfície corporal dos suínos e as características de alimentação foram baixas.

Os coeficientes de variação altos apresentados na grande maioria dos dados também são influenciados pela condição natural inerente aos organismos homeotérmicos, que regulam a temperatura corporal de forma constante e específica. A tarefa de analisar os dados deste trabalho torna-se complexa na medida em que não existem trabalhos similares para que se possa fazer a devida comparação.

4. CONCLUSÕES

As imagens de infravermelho podem ser utilizadas na produção animal para analisar programas de alimentação de precisão para suínos através da temperatura de superfície corporal dos animais. Este trabalho sugere que a temperatura da região ocular tem boa aplicabilidade nestes estudos. Porém, as correlações observadas são baixas e é preciso desenvolver melhor a metodologia para seu uso em projetos futuros como indicador de variáveis alimentares ou de desempenho.

5. REFERÊNCIAS

ANDRETTA, I; POMAR, C; RIVEST, J; POMAR, J; RADUNZ NETO, J. Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. **Animal**, Cambridge, v. 10, n. 7, p. 1-11, Jan. 2016.

ANDRETTA, I.; POMAR, C.; RIVEST, J.; LOVATTO, P. A.; POMAR, J.; RADUNZ NETO, J. The impact of feeding growing-finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 9, p. 3925-3936, Dec. 2014.

BOURDON, D.; DOURMAD J. Y.; HENRY Y. Réduction des rejets azotés chez le porc en croissance par la mise en oeuvre de l'alimentation multiphase, associée à l'abaissement du taux azoté. **Journées de la Recherche Porcine en France**, Paris, v. 27, p. 269-278, 1995.

McCafferty, D. J.; The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. **Mammal Review**, London, v. 37, p. 207-223, Sep. 2007.

DOURMAD, J.-Y.; JONDREVILLE, C. Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours. **Livestock Science**, Wageningen, v. 112, n. 3, p. 192-198, Dec. 2007.

FAOSTAT. **FAO Statistical Databases**: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 28 Jun. 2016.

FULLER, M. F.; MCWILLIAM, R.; WANG, T. C.; GILES, L. R. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. **British Journal of Nutrition**, London, v. 62, n. 2, p. 255-267, Sept. 1989.

HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A.; POMAR, J.; POMAR, C. Development of sustainable precision farming systems for swine: estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 7, p. 2255-2263, July 2012.

HAUSCHILD, L.; POMAR, C.; LOVATTO, P. A. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 5, p. 714-723, May 2010.

KERR, B. J. *et al.* Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 8, p. 1998-2007, Aug. 2003.

KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDİL, G.A.K.; PINAR, Y.; SELVİM C.K. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty of Agriculture**, Fukuoka, v. 22, n. 3, p. 329-336, 2007

MAHAN, D. C.; SHIELDS, R. G. Essential and nonessential amino acid composition of pigs from birth to 145 kilograms of body weight, and comparison to other studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 513-521, Feb. 1998.

MÖHN, S.; GILLIS, A.M.; MOUGHAN, P.J.; LANGE, C.F.M. Influence of dietary lysine and energy intakes on body protein deposition and lysine utilization in the growing pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 1510-1519, Jun. 2000.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; ZHANG, G.; POMAR, J.; LOVATTO, P. A. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 226-237, Jul. 2009.

POMAR C.; POMAR J.; DUBEAU F.; JOANNOPOULOS E.; DUSSAULT J. P. The impact of daily multiphase feeding on animal performance, body composition, nitrogen and phosphorus excretions, and feed costs in growing-finishing pigs. **Animal**, Cambridge, v. 8, n. 5, p. 704-713, Jan. 2014.

WESCHENFELDER, A. V.; MALDAGUE, X.; ROCHA, L.M.; SCHAEFER,A.; SAUCIER, L.; FAUCITANO, L. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. **Meat Science**, New South Wales, v. 95, p. 616-620, Jun. 2013.