



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP  
REPOSITÓRIO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E INTELLECTUAL DA UNICAMP

**Versão do arquivo anexado / Version of attached file:**

Versão do Editor / Published Version

**Mais informações no site da editora / Further information on publisher's website:**

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662015000500476](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015000500476)

**DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p476-480**

**Direitos autorais / Publisher's copyright statement:**

©2015 by Universidade Federal de Campina Grande/Centro de Ciências e Tecnologia.  
All rights reserved.

DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

Cidade Universitária Zeferino Vaz Barão Geraldo

CEP 13083-970 – Campinas SP

Fone: (19) 3521-6493

<http://www.repositorio.unicamp.br>



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p476-480>

## Uso de controlador PID como tecnologia eficiente em sistema de aquecimento de creche suína

Juliana de S. G. Barros<sup>1</sup>, Luiz A. Rossi<sup>1</sup> & Karina Sartor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Energização Rural/Faculdade de Engenharia Agrícola/Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. E-mail: [july.granja@hotmail.com](mailto:july.granja@hotmail.com) (Autora correspondente); [rossi@agr.unicamp.br](mailto:rossi@agr.unicamp.br); [karinasartor78@gmail.com](mailto:karinasartor78@gmail.com)

### Palavras-chave:

suinocultura  
economia  
energia elétrica  
leitões desmamados  
controle de temperatura

### RESUMO

O uso racional de energia elétrica em creches suínas pode ser viabilizado sem afetar o desempenho produtivo dos animais visando à sustentabilidade do setor razão por que o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de duas tecnologias de controle de temperatura em sistema de aquecimento resistivo em creche suína, no uso de energia elétrica e no ganho de peso dos leitões. Os sistemas avaliados foram: resistências elétricas suspensas com controle PID (proporcional, integral e derivativo) e resistências elétricas suspensas com termostato. O experimento foi realizado durante o período de inverno, entre maio e setembro de 2013. Os critérios de comparação foram: consumo de energia elétrica (kWh), consumo específico (kWh kg<sup>-1</sup>), custo específico (R\$ kg<sup>-1</sup>), indicador de eficiência elétrica no aquecimento, ganho de peso (kg) e ganho de peso diário (kg d<sup>-1</sup>). O sistema de aquecimento com controlador PID, apesar de apresentar maior consumo médio, foi mais eficiente quanto ao uso de energia elétrica para produzir 1 kg de peso vivo (2,88 kWh kg<sup>-1</sup>), quanto ao custo específico (0,75 R\$ kg<sup>-1</sup>) e quanto ao ganho de peso dos leitões (7,3 kg) em comparação com o sistema com termostato (3,98 kWh kg<sup>-1</sup>, 1,03 R\$ kg<sup>-1</sup> e 5,2 kg, respectivamente).

### Key words:

swine  
saving  
electrical energy  
weaned piglets  
temperature control

## Use of PID controller as efficient technology in heating system of swine nursery

### ABSTRACT

The rational use of energy in swine nurseries can be made possible without affecting the productive performance of animals, aiming the sustainability of the sector. The objective of this study was to evaluate the efficiency of two technologies for temperature control of resistive heating system for swine nursery on the use of electricity by the systems and on the weight gain of the piglets. The evaluated systems were: overhead electric heaters with PID (proportional, integral and derivative) control and suspended electric heaters with thermostat. The experiment was conducted during the winter period between May and September 2013. The comparison criteria were: electricity consumption (kWh), specific consumption (kWh kg<sup>-1</sup>), specific cost (R\$ kg<sup>-1</sup>), indicator of electrical efficiency in heating, weight gain (kg) and daily weight gain (kg d<sup>-1</sup>). The heating system with PID controller, although showed a higher average consumption, was more efficient as the electricity used to produce 1 kg of body weight (2,88 kWh kg<sup>-1</sup>), as the specific cost (0,75 R\$ kg<sup>-1</sup>) and for weight gain of piglets (7,3 kg) compared to the system with thermostat (3,98 kWh kg<sup>-1</sup>, 1,03 R\$ kg<sup>-1</sup> and 5,2 kg, respectively).

## INTRODUÇÃO

Na suinocultura os cuidados com o manejo na fase de creche são indispensáveis para que os leitões possam responder com todo potencial produtivo. Nesta fase é necessário fornecer aquecimento para promover o conforto térmico dos leitões. Campos et al. (2008) citam que suínos jovens possuem seu sistema de termorregulação pouco desenvolvido ocorrendo, portanto, a preocupação em lhes oferecer ambientes confortáveis.

Na fase de creche os sistemas de aquecimento geralmente utilizados são: lâmpadas infravermelhas ou incandescentes suspensas, resistências elétricas suspensas, piso aquecido com resistências elétricas ou a gás (Sarubbi, 2009). Com exceção do piso aquecido a gás, todos esses equipamentos de fornecimento de calor utilizados pelas granjas consomem energia elétrica; desta forma também com a eletricidade cada vez mais cara, tais mecanismos de aquecimento podem estar contribuindo para o aumento dos custos de produção.

Não há muitas informações a respeito do consumo de energia elétrica na suinocultura no Brasil. Quanto ao custo, dados da EMBRAPA (2013) apontam que o custo de energia elétrica da unidade produtora de leitões desmamados representou, no ano de 2013, cerca de 1,59 a 1,66% do custo total na fase de produção. A eficiência energética é uma parte importante na suinocultura visto que melhora o desempenho e o bem-estar dos suínos e ao mesmo tempo reduz os custos de produção (MacDonald, 2002).

Desta forma, uma alternativa que possibilita a redução do consumo de energia elétrica na produção suinícola é a utilização de controladores de temperatura que, além de proporcionar uso mais eficiente da energia elétrica pelo setor, permite corrigir as deficiências de manejo do sistema de climatização possibilitando a manutenção do ambiente na temperatura desejada, conforme resultados encontrados por Sobestiansky et al. (1987) e Sarubbi et al. (2010).

A tecnologia de controle mais utilizada no sistema de produção animal é o controle on-off ou termostato, como também é conhecido. Apesar de ser um tipo de controle simples e de baixo custo, o controlador on-off tem a desvantagem de não manter a variável de interesse estabilizada em um valor específico, ou seja, ela oscila entre um limite inferior e superior. Tal característica do controlador on-off pode comprometer o desempenho produtivo dos animais uma vez que a variação de temperatura no ambiente de produção promove redução nos índices zootécnicos (Campos et al., 2008; 2009).

Uma solução adequada do ponto de vista técnico para evitar essa oscilação na temperatura ambiente, é o uso de um controle do tipo PID (Proporcional, integral e derivativo). Esse tipo de controle permite que a variável de interesse permaneça estabilizada em um valor específico (Ogata, 2000), mantendo as condições de desempenho produtivo dos animais com uso racional de energia elétrica.

Coelho & Mariani (2006) afirmam, ainda, que o controlador PID é o tipo de controle mais popular e bastante utilizado em malhas industriais, sobretudo por apresentar facilidade de implementação e por sua vasta aceitação por parte dos operadores, que representam fator essencial para o sucesso em um ambiente industrial. De acordo com os mesmos autores,

o controle do tipo PID apresenta, como vantagens, baixo custo, simplicidade de implementação e, quando sintonizado de forma adequada, proporciona um bom comportamento dinâmico ao processo controlado.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de duas tecnologias de controle de temperatura (controlador PID e termostato) em sistema de aquecimento resistivo para leitões em fase de creche no uso de energia elétrica e no ganho de peso dos leitões.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em granja suinícola comercial, localizada no município de Boituva, SP. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cfa, caracterizado como subtropical úmido, com latitude 23° 16' 27,24" S, longitude 47° 43' 45,81" O e altitude de 547 m. A pesquisa foi realizada durante a estação de inverno (22/05/2013 a 16/09/2013), que corresponde ao período do ano em que o sistema de aquecimento é mais utilizado na fase de creche suína.

No experimento foram utilizados leitões de linhagem híbrida de Agroceres Pic com Topigs. Lotes padronizados de 140 leitões foram alocados em cada tratamento. Três lotes foram utilizados no experimento. Os lotes de leitões permaneceram 35 dias em cada tratamento. Duas baias construtivamente idênticas foram utilizadas para instalação dos tratamentos, ambas com comprimento de 10 m, largura de 2,3 m e altura de pé direito de 2,8 m. Em cada baia um forro de polipropileno a 1,85 m do piso foi colocado para reduzir a área a ser aquecida. As salas possuíam janelas com telas localizadas nos dois lados, no sentido da largura, e cortinas de polipropileno. O manejo das cortinas era realizado por um funcionário, todos os dias, no período da manhã e à tarde. O piso das baias era formado por 1/3 de sua área constituída de concreto e 2/3 de plástico vazado. As condições de manejo e tamanho dos lotes já utilizados na granja foram respeitadas.

Os leitões foram mantidos dentro da zona de conforto térmico de 28 a 30 °C (Sarubbi et al., 2010). O critério de seleção da faixa de temperatura de conforto também se baseou na recomendação de Brown-Brandt et al. (2004), dos quais foram obtidos os valores de 28 a 29 °C como faixa de temperatura para leitões desmamados (Eq. 1).

$$T_{ideal} = 0,0015m^2 - 0,2969m + 30,537 \quad (1)$$

em que:

$T_{ideal}$  - temperatura ambiente ideal para o animal, °C  
 $m$  - peso de entrada na creche (5 a 6 kg), kg

Os tratamentos estudados neste experimento foram:

T1 - aquecimento por resistências elétricas suspensas com controlador de temperatura PID - Proporcional, integral e derivativo (sistema proposto). Devido ao princípio de funcionamento do PID, que realiza o controle da variável de interesse com base em um valor específico (Ogata, 2000), o controlador foi programado para manter a temperatura do ar em 30 °C.

T2 - aquecimento por resistências elétricas suspensas controladas por termostato digital simples (sistema atual). O termostato foi programado para manter a temperatura do ar entre 28 e 30 °C.

O controlador PID utilizado no estudo foi o modelo N1040 PR-F da empresa NOVUS. O sensor de temperatura utilizado foi o Pt100, fabricado e calibrado pela empresa NOVUS (com compensação da resistência do cabo elétrico, capacidade de medição de -200 a 530 °C e precisão de 0,2% do span). O termostato digital utilizado no experimento foi o modelo N321, fabricado pela empresa NOVUS. O sensor de temperatura utilizado foi um termistor do tipo NTC (Negative Temperature Coefficient), fabricado e calibrado pela empresa NOVUS (fabricado com resistência de 10 kΩ, capacidade de medição de -50 a 120 °C e precisão de 0,6 °C).

O aquecimento foi realizado durante quatorze dias, de acordo com o manejo realizado pela granja para o período de inverno. A potência das resistências utilizada nos dois tratamentos foi de 4500 W, dimensionada com base na lei da Conservação de Energia utilizando-se a metodologia descrita por Abreu et al. (2000). Desta forma, foram utilizadas 18 resistências elétricas de 250 W em cada tratamento e uniformemente distribuídas.

Para a avaliação do uso de energia elétrica pelos tratamentos foram utilizados medidores eletrônicos individuais (SAGA 4500) instalados nas caixas de distribuição dos circuitos de cada tratamento. O consumo de energia elétrica foi avaliado durante o período em que o sistema de aquecimento ficou ligado (14 dias). Os dados foram registrados a cada 15 min, durante 24 h por dia.

O desempenho dos leitões foi avaliado por meio das variáveis de ganho de peso (GP) e ganho de peso diário (GPD) do período (35 dias). Em cada lote analisado uma amostra aleatória de 42 leitões desmamados foi pesada aos 21 dias de idade (peso inicial) e aos 56 dias de idade (peso final). O ganho de peso foi determinado por meio da diferença entre o peso inicial e o peso final. O ganho de peso diário foi considerado para o cálculo de consumo específico de energia elétrica.

A eficiência no uso de energia elétrica dos sistemas foi avaliada por meio dos índices: indicador de eficiência elétrica no aquecimento, consumo específico de energia elétrica (kWh kg<sup>-1</sup>) e custo específico (R\$ kg<sup>-1</sup>).

O indicador de eficiência elétrica no aquecimento foi calculado com base na metodologia utilizada por Oliveira et al. (2006) que determinaram, em estudo sobre casa de vegetação aquecida, o consumo de energia por metro quadrado de solo. Neste trabalho a eficiência elétrica foi obtida por meio da quantidade de energia elétrica consumida para o aumento de 1 °C em 1 m<sup>3</sup> de ar do ambiente das baias.

O consumo específico de energia elétrica foi determinado utilizando-se os dados de consumo diário de energia elétrica pelos tratamentos (kWh) em relação ao produto gerado (ganho de peso diário) de acordo com Eq. 2.

$$Ces = \frac{CD}{GPDm \cdot N} \quad (2)$$

em que:

Ces - consumo específico da energia elétrica, kWh kg<sup>-1</sup> de peso vivo

CD - consumo diário de energia elétrica, kWh d<sup>-1</sup>

GPDm - ganho de peso diário médio, kg animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>

N - número de animais

Para a análise do custo específico foram utilizados os dados de consumo específico (kWh kg<sup>-1</sup>) e a tarifa de consumo de energia elétrica vigente para a granja, conforme Eq. 3.

$$Ce = Ces \cdot T \quad (3)$$

em que:

Ce - custo específico da energia elétrica, R\$ kg<sup>-1</sup>

T - tarifa de consumo de energia elétrica para o setor rural, R\$ kWh<sup>-1</sup>

Na análise estatística foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso (DBC) com 2 tratamentos, 3 lotes (blocos) e 14 repetições para os dados de uso de energia elétrica. Para os dados de desempenho produtivo dos animais foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso (DBC) com 2 tratamentos, 3 lotes (blocos) e 42 repetições (peso dos animais). As médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Tukey (P < 0,05) com auxílio do programa estatístico SISVAR 5.3 (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores de consumo médio diário de energia elétrica dos sistemas de aquecimento com controle PID (T1) e com termostato (T2) durante o período de 14 dias de cada lote estudado.

Tabela 1. Consumo médio diário de energia elétrica (kWh d<sup>-1</sup>) dos sistemas de aquecimento com controle PID (T1) e com termostato (T2) em creche suína

Tratamentos	Consumo médio diário de energia elétrica (kWh d <sup>-1</sup> )
T1	82,6 (± 2,9)
T2	80,3 (± 3,0)

Não houve diferença significativa (P > 0,05) no consumo diário de energia elétrica dos dois tratamentos avaliados (Tabela 1). O tratamento T1 apresentou consumo médio diário igual a 82,6 kWh e o tratamento T2 consumiu em média 80,3 kWh por dia; desta forma e apesar de não haver diferença estatística entre os tratamentos, verifica-se que T1 consumiu em média 2,3 kWh a mais em comparação a T2.

As médias referentes ao ganho de peso (GP) e ganho de peso diário (GPD) dos leitões, durante o período analisado, podem ser observadas na Tabela 2.

Os tratamentos T1 e T2 diferiram entre si (P < 0,05) no ganho de peso dos leitões (Tabela 2), sendo os valores de T1

Tabela 2. Ganho de peso (GP) e ganho de peso diário (GPD) dos leitões em fase de creche submetidos a aquecimento resistivo com controle PID (T1) e com termostato (T2) e coeficiente de variação (CV)

Tratamentos	GP (kg animal <sup>-1</sup> )	GPD (kg d <sup>-1</sup> animal <sup>-1</sup> )
T1	7,3 ± 0,3 a	0,21 ± 0,3 a
T2	5,2 ± 0,2 b	0,15 ± 0,2 b
CV (%)	50,84	50,84

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05)

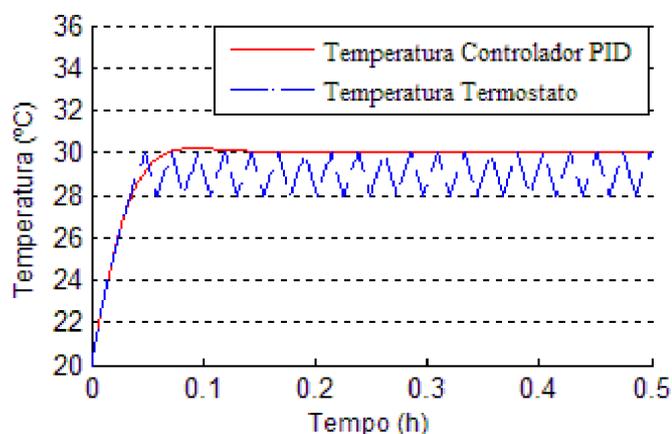
superiores no ganho de peso ( $7,3 \text{ kg animal}^{-1}$ ) e no ganho de peso diário ( $0,21 \text{ kg d}^{-1} \text{ animal}^{-1}$ ) em comparação com T2 ( $5,2 \text{ kg animal}^{-1}$  de GP e  $0,15 \text{ kg animal}^{-1}$  de GPD). O ganho de peso dos animais no tratamento T1 foi o que mais se aproximou dos valores encontrados em outros experimentos. Araújo et al. (2011) verificaram, em trabalho realizado em creche suína com leitões desmamados aos 21 dias de idade, ganho de peso igual a  $9,25 \text{ kg}$  aos 49 dias de idade dos animais. Campos et al. (2009) obtiveram ganho de peso diário entre  $0,36$  e  $0,39 \text{ kg}$  em trabalho realizado em creche suína com diferentes dimensões. Sarubbi (2009) verificou, ao testar diferentes sistemas de aquecimento com controle de temperatura em creche suína, que os leitões apresentaram ganho de peso entre  $3,9$  e  $6,8 \text{ kg}$ .

Os dados de ganho de peso e ganho de peso diário apresentaram altos valores de coeficiente de variação (Tabela 2). Esta alta variação pode estar associada à diversidade dos leitões quanto à massa corporal no momento do desmame. Leitões com pesos distintos confinados em um mesmo ambiente de creche podem influenciar o desempenho dos animais menores. De acordo com dados apresentados por Kummer et al. (2009), os animais com maior peso ao desmame ( $6,7 \text{ kg}$ ), apresentaram ganho de peso médio superior, igual a  $14,9 \text{ kg}$ , 39 dias após o desmame, em comparação aos animais com menor peso médio ao desmame ( $4,9 \text{ kg}$ ), que apresentaram ganho de peso médio igual a  $8,6 \text{ kg}$ . Além disto, Moreira et al. (2001), também verificaram alto valor de coeficiente de variação para os dados de ganho de peso diário de leitões em fase de creche, com valor igual a  $33,89\%$ .

O princípio de funcionamento do controlador de temperatura do tipo PID melhorou o ganho de peso dos animais submetidos ao tratamento T1 tendo em vista que esta tecnologia realiza o controle com base em um valor de temperatura do ar constante ( $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ), proporcionando baixa oscilação da temperatura do ambiente de produção (Figura 1).

Assim, a tecnologia de controle PID permite que os leitões sejam mantidos em condições mais adequadas de conforto térmico. Segundo Campos et al. (2008), os suínos jovens possuem seu sistema termorregulador pouco desenvolvido. Portanto, se seu balanço térmico for afetado, refletirá diretamente no seu desempenho produtivo (Pandorfí et al., 2007).

Quanto ao termostato, este realiza o controle a partir de um intervalo de temperatura entre  $28$  e  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  para manter o



Fonte: Programa computacional Matlab

Figura 1. Ilustração do princípio de funcionamento do controlador PID e do termostato

ambiente confortável aos leitões. Este intervalo de temperatura varia entre o valor mínimo e o máximo regularmente, ao longo do tempo, conforme apresentado na Figura 1.

Referida variação da temperatura compromete o ganho de peso dos leitões. De acordo com o observado por Campos et al. (2008; 2009), na creche com maior amplitude térmica (temperatura mínima igual a  $21,1 \text{ }^\circ\text{C}$  e temperatura máxima igual a  $29,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ), os leitões apresentaram menor ganho de peso em comparação à creche com menor variação de temperatura (temperatura mínima igual a  $22,8 \text{ }^\circ\text{C}$  e temperatura máxima igual a  $28,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Segundo Quinioun et al. (2000) a variação da temperatura pode comprometer o desempenho produtivo dos suínos.

A eficiência do uso da energia elétrica quanto ao produto gerado ( $\text{kg}$  de peso vivo) foi avaliada pelos parâmetros de consumo específico ( $\text{kWh kg}^{-1}$  de peso vivo) e custo específico ( $\text{R\$ kg}^{-1}$  de peso vivo). Esses parâmetros representam o consumo e o custo de energia elétrica para produzir  $1 \text{ kg}$  de peso vivo de suíno. Considerou-se o ganho de peso diário no cálculo desses parâmetros. Os valores médios estão apresentados na Tabela 3.

Constatou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) sobre o consumo específico e custo específico de energia elétrica entre os tratamentos (Tabela 3).

Apesar de T1 ter apresentado maior consumo de eletricidade ( $82,6 \text{ kWh}$ ) quando comparado a T2 ( $80,3 \text{ kWh}$ ), nota-se que o tratamento T1 foi mais eficiente sob o aspecto de uso de energia elétrica, o qual consumiu  $1,1 \text{ kWh}$  ( $28\%$ ) a menos para produzir  $1 \text{ kg}$  de peso vivo de cada leitão da creche, em comparação com T2. Considerando o número de leitões em cada tratamento ( $140$  leitões em cada lote), verificou-se que T1 economizou, em média,  $154 \text{ kWh kg}^{-1}$  de peso vivo produzido na creche em relação à T2, em cada lote estudado.

O tratamento T1 também apresentou custo específico de energia elétrica  $27\%$  menor em relação à T2, para produzir  $1 \text{ kg}$  de peso vivo de leitão.

O consumo de energia elétrica em referência ao produto gerado representa um indicador adequado para a análise de eficiência energética, conforme resultados obtidos por Bueno & Rossi (2006), Sarubbi et al. (2008; 2010) e David & Rossi (2010), que também utilizaram este índice.

A análise da eficiência elétrica dos sistemas quanto à quantidade de energia consumida para aumento de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  em  $1 \text{ m}^3$  de ar, está apresentada na Tabela 4.

Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) na energia consumida para aumento de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  em  $1 \text{ m}^3$  de ar, entre os tratamentos (Tabela 4).

Os resultados dos índices de eficiência energética estão coerentes com os encontrados por Sarubbi et al. (2010) que

Tabela 3. Consumo específico de energia elétrica ( $\text{kWh kg}^{-1}$ ) e custo específico ( $\text{R\$ kg}^{-1}$ ) proporcionado pelos sistemas de aquecimento com controle PID (T1) e com termostato (T2) em creche suína

Tratamentos	Consumo específico ( $\text{kWh kg}^{-1}$ de peso vivo)	Custo específico ( $\text{R\$ kg}^{-1}$ de peso vivo)*
T1	$2,88 (\pm 0,12) \text{ b}$	$0,75 (\pm 0,03) \text{ b}$
T2	$3,98 (\pm 0,19) \text{ a}$	$1,03 (\pm 0,05) \text{ a}$
CV (%)	16,81	16,79

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )  
\*A tarifa de energia elétrica da granja utilizada para o cálculo de custo específico, foi  $\text{R\$ } 0,26$

Tabela 4. Quantidade de energia elétrica consumida para aumento de 1 °C em 1 m<sup>3</sup> de ar dos sistemas de aquecimento com controle PID (T1) e com termostato (T2) em creche suína

Tratamentos	Energia consumida (kWh)
T1	0,0767 (± 0,003)
T2	0,0804 (± 0,004)

verificaram, ao estudar diferentes tecnologias de controle de temperatura em diferentes sistemas de aquecimento em creche suína, que o sistema com controlador eletrônico ( piso aquecido) foi mais eficiente no uso de energia elétrica em comparação aos sistemas controlados por termostato (convectivo e resistivo), apresentando menor consumo específico (kWh kg<sup>-1</sup>); porém, quanto aos resultados de energia consumida para aumento de 1 °C m<sup>-3</sup> de ar, esses diferem dos encontrados pelos autores acima, os quais verificaram menor consumo no sistema de aquecimento com controlador eletrônico.

### CONCLUSÕES

1. O sistema de aquecimento resistivo com controlador PID é mais eficiente quanto ao uso de energia elétrica e proporciona maior ganho de peso aos leitões em fase de creche.

2. Em relação ao sistema de aquecimento com termostato, o sistema com controlador PID consumiu mais energia elétrica, porém proporcionou menor consumo específico e menor custo específico.

### LITERATURA CITADA

- Abreu, P. G.; Abreu, V. M. N.; Baêta, F. C. Metodologia de dimensionamento de sistemas de aquecimento em piso, em função da temperatura e espessura de cama, para criação de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.2, p.19-25, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2000000100003>
- Araújo, W. A. G. de; Brustolini, P. C.; Ferreira, A. S.; Silva, F. C. de O.; Abreu, M. L. T. de; Lanna, E. A. Comportamento de leitões em função da idade de desmame. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.12, p.758-769, 2011.
- Brown-Brandt, T. M.; Nienaber, J. A.; Xin, H.; Gates, R. S. A literature review of swine heat production. *Transaction of the ASAE*, v.47, p.259-270, 2004. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.15867>
- Bueno, L.; Rossi, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.497-504, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000200035>
- Campos, J. A.; Tinôco, I. de F. F.; Baêta, F. da C.; Cecon, P. R.; Mauri, A. L. Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho de suínos criados em creches com dimensões diferentes. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.339-347, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000300001>
- Campos, J. A.; Tinôco, I. de F. F.; Baêta, F. da C.; Silva, J. N. da; Carvalho, C. S.; Mauri, A. L. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. *Revista Ceres*, v.55, p.187-193, 2008.
- Coelho, L. dos S.; Mariani, V. C. Sistema híbrido neuro-evolutivo aplicado ao controle de um processo multivariável. *Revista Controle & Automação*, v.17, p.32-48, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-17592006000100004>
- David, E.; Rossi, L. A. Diferentes tecnologias de iluminação para produção de mudas de crisântemo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.261-266, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300004>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Suínos e Aves. 2013. <<http://www.cnpas.embrapa.br/cias/dados/custo.php>> 22 Fev. 2014.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.
- Kummer, R.; Gonçalves, M. A. D.; Lippke, R. T.; Marques, B. M. F. P. e P.; Mores, T. J. Fatores que influenciam o desempenho dos leitões na fase de creche. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.37, p.195-209, 2009.
- MacDonald, R. Saving money by maximizing energy use efficiency in swine production. *Advances in Pork Production*, v.13, p.99-105, 2002.
- Moreira, I.; Oliveira, G. C. de; Furlan, A. C.; Patricio, V. M. I.; Marcos Junior, M. Utilização da farinha pré-gelatinizada de milho na alimentação de leitões na fase de creche. *Digestibilidade e desempenho*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.440-448, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000200021>
- Ogata, K. Engenharia de controle moderno. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 808p.
- Oliveira, C. E. L. de; Garcia, J. L.; Plaza, S. de la; Chaya, C. Comparação do coeficiente global de perdas de calor para casa de vegetação aquecida usando diferentes técnicas para eficiência energética. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.354-364, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000200003>
- Pandorf, H.; Silva, I. J. O.; Guiselini, C.; Piedade, S. M. S. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.83-92, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000100001>
- Quinioun, N.; Massabie, P.; Granier, R. Diurnally variation of ambient temperature around 24 ou 28°: Influence on performance and feeding behavior of growing pigs. In: *International Conference of Swine Housing*, 1, 2000, Iowa. *Proceedings...Iowa: ASAE*, 2000. CD-Rom
- Sarubbi, J. Bem-estar dos animais e uso racional de energia elétrica em sistemas de aquecimento para leitões desmamados. Campinas: UNICAMP, 2009. 190p. Tese Doutorado
- Sarubbi, J.; Rossi, L. A.; Laranjeira, E. G.; Oliveira, R. A. de; Velloso, N. M. Power-saving procedures and animal thermal comfort at a growing/finishing swine production unit. *BioEng*, v.2, p.185-192, 2008.
- Sarubbi, J.; Rossi, L. A.; Moura, D. J. de; Oliveira, R. A. de; David, E. Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.1003-1011, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000600002>
- Sobestiansky, J.; Perdomo, C. C.; Oliveira, P. A. V. de; Oliveira, J. A. de. Efeito de diferentes sistemas de aquecimento no desempenho de leitões. *Concórdia: Embrapa CNPSA*, 1987. 3p. Comunicado Técnico 122.