

## USO DA GEOESTATÍSTICA NA AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ENTALPIA (H) EM GALPÕES CUNÍCOLAS

MARIA ALICE J. G. SILVA<sup>1</sup>, PATRÍCIA F. PONCIANO FERRAZ<sup>2</sup>, GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ<sup>3</sup>, LUIS FILLIPE LEAL DE MELO<sup>4</sup>, GISELLE BORGES DE MOURA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Zootecnista, Pós graduanda do Depto. de Engenharia (DEG), Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras-MG, Fone: (35)98431-3984, [alicejunqueira.6@gmail.com](mailto:alicejunqueira.6@gmail.com)

<sup>2</sup>Zootecnista, Prof<sup>a</sup> Doutora, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, [patricia.ponciano@deg.ufla.br](mailto:patricia.ponciano@deg.ufla.br)

<sup>3</sup>Engenheiro Agrícola. Prof. Doutor, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, [gabriel.ferraz@deg.ufla.br](mailto:gabriel.ferraz@deg.ufla.br)

<sup>4</sup>Graduando em Zootecnia, Bolsista PET Zootecnia, Depto. de Zootecnia, UFLA, Lavras-MG, [lealdemeloluis@gmail.com](mailto:lealdemeloluis@gmail.com)

<sup>5</sup>Engenheira Agrícola, Prof<sup>a</sup> Adjunta Doutora do Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, [giselle.moura@deg.ufla.br](mailto:giselle.moura@deg.ufla.br)

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Para que o desempenho dos coelhos possa ser potencializado é importante que as instalações forneçam condições ambientais próximas à zona de conforto afim de, evitar o estresse térmico dos animais. A pesquisa teve como objetivo analisar a estrutura e magnitude da distribuição espacial da entalpia (H) em dois galpões cunícolas estruturalmente idênticos, porém, sendo um com lanternim (CL) e outro sem (SL). O experimento foi realizado no mês de fevereiro de 2016 durante três períodos do dia (7, 12 e 17h), em dois galpões no Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da UFLA. Para a análise dos dados obtidos, utilizaram-se ferramentas da geoestatística, análises de semivariogramas e, por meio dos valores estimados por Krigagem ordinária, geraram-se os mapas com a espacialização da entalpia nos diferentes horários. Com base nos resultados, foi observada a existência de uma maior heterogeneidade da H no galpão CL, que possuía o lanternim construído, em relação ao galpão SL, principalmente, no horário das 12 horas. A partir disso, foi possível observar de forma clara, a diferença da H em diversos pontos dentro dos galpões de criação de coelhos o que pode interferir no conforto ambiental e na produção de coelhos.

**PALAVRAS-CHAVE:** cunicultura, mapeamento, conforto ambiental

## USE OF GEOSTATISTICS IN THE EVALUATION OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ENTHALPY IN RABBIT HOUSES

**ABSTRACT:** In order for the performance of the rabbits to be potentiated, it is important that the facilities provide environmental conditions close to the comfort zone in order to avoid the thermal stress of the animals. The aim of the research was to analyze the structure and magnitude of the spatial distribution of the enthalpy (H) in two structurally identical coffins, but one with lanternim (CL) and one without (SL). The experiment was carried out in February 2016 during three periods of the day (7, 12 and 17h), in two sheds in the Department of Rabbits of the Animal Science Department of UFLA. For the analysis of the data obtained, geostatistical tools, semivariograms analyzes were used and, through the values estimated by ordinary Kriging, the maps were generated with the enthalpy spatialization at different times. Based on the results, the existence of a greater H heterogeneity was observed in shed CL, which had lanternim constructed, in relation to shed SL, mainly, at 12 o'clock. From this, it was possible to clearly observe the difference of H at several points inside the breeding sheds of rabbits which may interfere with environmental comfort and rabbit production.

**KEYWORDS:** cuniculture, mapping, environmental comfort

## **INTRODUÇÃO:**

Para que a criação de coelhos seja eficiente é necessário determinar a interação entre fatores genéticos, nutricionais e, principalmente, os relacionados ao ambiente de produção (ZEFERINO, 2009).

Os fatores ambientais que mais influenciam o bem-estar e, conseqüentemente, a saúde, reprodução e a produção dos coelhos são representados, principalmente, pela temperatura de bulbo seco ( $t_{bs}$ , °C) e umidade relativa do ar (UR, %) (SILOTO et al. 2009).

Segundo Lebas et al. (1996), a domesticação do coelho é relativamente recente e, estes animais encontram-se ainda em adaptação ao novo sistema de vida o que os torna mais susceptíveis a alterações bruscas de intempéries e de manejo (FERREIRA et al., 2012) por isso, as instalações zootécnicas devem ser construídas com o propósito de amenizar o efeito do ambiente sobre o desempenho produtivo dos coelhos (ZEFERINO, 2009).

De acordo Jaruche et al. (2012), para um bom desempenho zootécnico, os coelhos acima de 20 a 30 dias de vida devem estar submetidos a uma  $t_{bs}$  ideal, compreendida entre 15 e 25 °C. Já, os lãparos, a uma  $t_{bs}$  ideal entre 30 a 35°C por serem incapazes de manter a temperatura corporal necessária ao bom funcionamento do seu organismo por possuírem o seu sistema termorregulatório pouco desenvolvido (CRESPI, 2016).

Já, a UR ideal estaria entre 60 e 70 % sendo que, a UR muito alta prejudica a troca de calor com o ambiente e, a UR muito baixa prejudica as vias respiratórias (MOURA, 2010).

Portando, animais mantidos em espaço confinado devem estar submetidos à mínima faixa de variação diária dos fatores ambientais térmicos para, deste modo, evitar o aumento das exigências metabólica e comportamental em compensação às mudanças térmicas ambientais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

Neste contexto, a entalpia (H) pode ser utilizada como indicador de conforto para as instalações, indicando a quantidade de energia térmica que deve ser removida do sistema de forma a permitir a adequação das condições térmicas dentro da instalação (RODRIGUES et al., 2010). Por definição, a H é uma variável física que indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d' água e ar seco ( $\text{kJkg}^{-1}_{\text{ar seco}}$ ).

Para potencializar o desempenho na produção animal, espera-se que as variáveis no interior de uma instalação apresentem homogeneidade e, estas variáveis podem ser avaliadas por meio de espacialização (YANAGI Jr. et al., 2011).

Uma das técnicas utilizadas para avaliar a espacialização de variáveis é a geoestatística que permite descrever quantitativamente a variabilidade espacial de atributos microclimáticos dentro de galpões sendo a estimativa não tendenciosa e, com variação mínima dos valores desses atributos em locais não amostrados (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989). A geoestatística permite também visualizar, por meio de mapas de isolinhas, a distribuição das variáveis no interior de uma instalação (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar e comparar a distribuição espacial da H em galpões para criação de coelhos com e sem lanternim, por meio de técnicas de geoestatística.

## **MATERIAL E MÉTODOS:**

O experimento foi realizado no município de Lavras-MG, com latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W Gr e 918 m de altitude e, com classificação climática de Köppen de Cwa, em dois galpões cunícolas estruturalmente idênticos, porém, sendo um com lanternim (CL) e outro sem (SL) no setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade

Federal de Lavras durante o dia 14 de fevereiro de 2016 nos períodos de 7, 12 e 17 horas.

Os galpões utilizados são orientados na direção Leste-Oeste, com 6,20 m de largura, 9,56m de comprimento cada, pé-direito de 3,00m, beiral de 1m, cobertura de telhas coloniais de barro, telhado com inclinação de 30°, piso de concreto, duas valas coletoras cimentadas de 1,52 x 5,96m e 0,80m de profundidade no centro de cada galpão e as laterais possuem muretas de alvenaria medindo 0,80m de altura.

Para caracterizar o ambiente térmico no interior do galpão foram realizadas medições durante 1 minuto de  $t_{bs}$  (°C), UR (%) e temperatura de globo negro ( $t_{gn}$ , °C) na altura 1m dentro do galpão, em três horários do dia, às 7, 12 e 17 horas durante o horário brasileiro de verão.

Para medir a  $t_{bs}$  e UR utilizou-se um sensor com precisão de 0,1 °C e 1%, respectivamente. A coleta de dados da  $t_{gn}$  foi realizada por meio de 10 sensores de  $t_{gn}$  e um fio termopar tipo T convencional básico (cobre/constantan) com precisão de  $\pm 0,3$  °C.

Dentro de cada galpão, os sensores foram posicionados formando uma malha (Figura 1) de 1x1m, totalizando 48 pontos de coleta de dados (6 colunas x 8 fileiras).

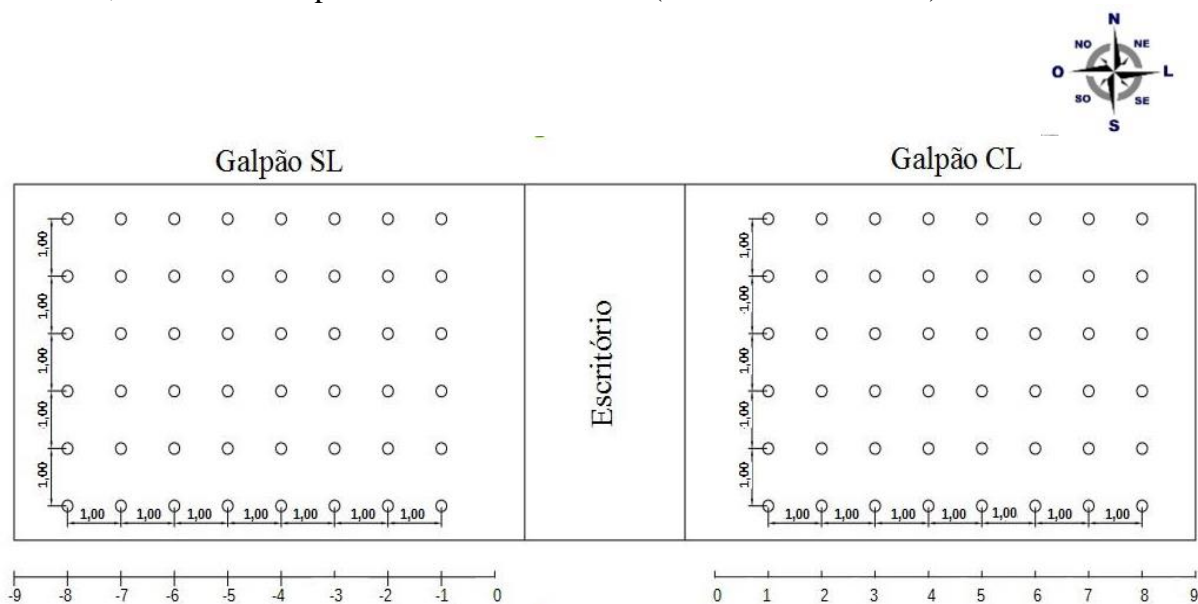


FIGURA 1. Croqui da malha de 1x1m com as posições dos sensores nos galpões SL (sem lanternim) e CL (com lanternim).

Posteriormente a coleta dos dados, para a caracterização do ambiente térmico no interior dos galpões, calculou-se a H segundo a equação 1 desenvolvida por Albright (1990).

$$H = 1,006 + W * (2501 + 1,805 * t_{bs}) \quad (1)$$

em que,

H é a entalpia, em  $\text{kJkg}^{-1}$  ar seco;

W é a razão de mistura, em  $\text{kJkg}^{-1}$  ar seco;

$t_{bs}$  é a temperatura do bulbo seco, em °C.

Após os resultados obtidos a partir do cálculo da H dos galpões cunícolas, analisou-se a variabilidade espacial utilizando os ajustes de semivariograma e, interpolação por Krigagem ordinária. O semivariograma clássico será estimado pela equação 2:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

em que,

$N(h)$  é o número de pares experimentais de observações  $Z(x_i)$ ,  $Z(x_i+h)$  separados por uma distância  $h$ .

O semivariograma foi ajustado pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (Ordinary Least Squares - OLS) que consiste em obter os valores dos parâmetros de um modelo para minimizar a soma do quadrado da diferença entre os valores observados e os estimados (MELLO et al., 2005).

O modelo matemático utilizado para se realizar o ajuste do semivariograma foi o esférico, que é amplamente utilizado em estudos geoestatísticos, pois, são referenciados na geoestatística como modelos transitivos (modelos com patamar -  $C_0+C_1$ ). Alguns dos modelos transitivos atingem o patamar ( $C_0+C_1$ ) assintoticamente. Para tais modelos, o alcance ( $a$ ) é arbitrariamente definido como a distância correspondente a 95% do patamar (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989).

Posteriormente ao ajuste dos semivariogramas, realizou-se a interpolação dos dados por Krigagem ordinária de forma a possibilitar a visualização dos padrões de distribuição espacial da  $H$  no interior dos galpões cunícolas.

Para a análise geoestatística foi utilizado sistema computacional estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), por meio do pacote geoR (RIBEIRO; DIGGLE, 2001) e confecção dos mapas das variáveis espacialmente distribuídas utilizou-se o programa computacional SURFER®.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Para se avaliar a estrutura e a magnitude da variabilidade espacial da  $H$  realizou-se a análise geoestatística dos dados durante o período experimental.

Na tabela 1 estão representados os valores do efeito pepita ( $C_0$ ) dos dois galpões cunícolas (SL e CL) identificando a variabilidade não explicada e, considerando a distância da amostragem (MCBRATNEY; WEBSTER, 1986).

Para que a comparação do grau de dependência espacial (GD) seja facilitada, o efeito pepita é expresso como porcentagem do patamar ( $C_0+C_1$ ) por existir dificuldade em quantificar a contribuição individual dos erros (TRANGMAR et al., 1985).

Ao avaliar os dados obtidos durante o experimento nos galpões SL e CL (Tabela 1) verificou-se que nos dois galpões há dependência espacial nos diferentes horários analisados.

Tabela 1. Método, modelo e parâmetros estimados dos semivariogramas para a entalpia no interior dos galpões SL e CL nos horários de 7, 12 e 17 horas.

Entalpia (H)													
Galpão	Método	Modelo	Hora	$C_0$	$C_1$	$C_0 + C_1$	$a$ (m)	GD	EM	DPER	ER	DPER	
SL	OLS	Esférico	7	0.00	1.08	1.08	4.65	0.00	Forte	-0.03	-0.05	0.36	0.66
			12	0.00	0.62	0.62	3.02	0.00	Forte	-0.05	-0.10	0.44	0.85
			17	0.00	25.94	25.94	3.62	0.00	Forte	0.08	0.03	1.73	0.55
CL	OLS	Esférico	7	0.00	2.31	2.31	0.95	0.00	Forte	0.36	0.23	1.55	1.01
			12	1.78	6.20	7.98	4.53	22.28	Forte	0.05	0.02	1.94	0.95
			17	0.00	2.31	2.31	0.95	0.00	Forte	-0.68	-0.44	2.39	1.55

$C_0$  – Efeito Pepita;  $C_1$  - Contribuição;  $C_0+C_1$  – Patamar;  $a$  - alcance; GD – Grau de Dependência Espacial; EM - Erro Médio; DPER - Desvio Padrão do Erro Médio; ER - Erro Médio Reduzido; DPER - Desvio Padrão do Erro Médio Reduzido.

Ao realizar as análises de geoestatística, observou-se que durante o período experimental houve variabilidade espacial da H no interior dos dois galpões sendo essa variabilidade expressa na Tabela 1. Com isso, foi possível notar que a distribuição espacial dentro dos galpões não estava homogênea, o que pode interferir nas condições térmicas que o animal ficará exposto no interior das instalações.

Considerando a classificação de Cambardella et al. (1994), o grau de dependência espacial (GD) apresentou-se forte em todos os horários analisados (Tabela 1).

Já, ao analisar os valores de alcance (a) para a determinação do limite da dependência espacial (JOURNEL; HUIJBREGTS, 1991), encontrou-se diferenças importantes que permitiram observar que, no galpão SL no horário das 7h obteve-se alcance com o valor máximo de 4,65m e, no galpão CL foi observado os menores valores de alcance de 0,95m nos horários de 7 e 17h (Tabela 1).

Assim, utilizando os valores estimados por Krigagem, foi possível gerar os mapas com a espacialização da H nos diferentes horários estudados nos galpões SL e CL (Figuras 2).

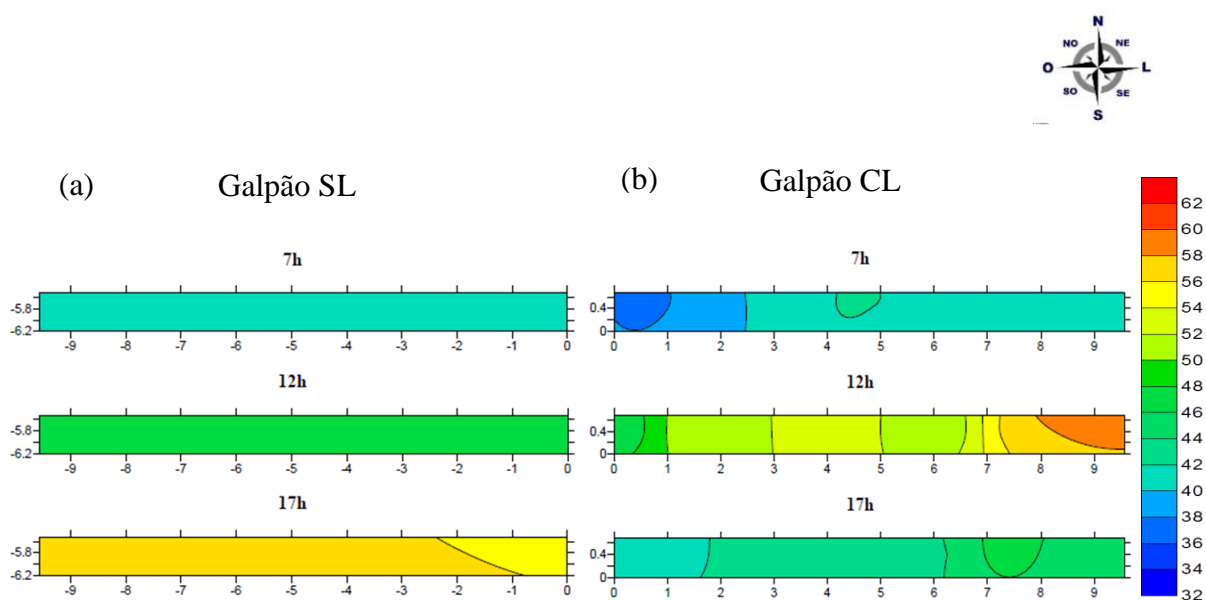


FIGURA 2. Distribuição Espacial da Entalpia nos galpões SL (a) e CL (b) durante os períodos de 7, 12 e 17 horas.

De acordo com Jaruche et al. (2012) a  $t_{bs}$  de conforto para coelhos com idade entre 20 a 30 dias é de 15 a 25 °C e a UR é de 60 a 70 %, segundo Ferreira et al. (2012). Ao se utilizar a equação proposta por Albright (1990) e ao se calcular a H ideal para produção de coelhos será de 33,55 a 53,19  $\text{kJkg}^{-1}$  ar seco.

Ao observar os mapas do galpão SL (Figura 2a), notou-se que houve variação espacial da H no horário das 17h de 54 a 56  $\text{kJkg}^{-1}$  ar seco estando um pouco acima da H considerada ideal (33,55 a 53,19  $\text{kJkg}^{-1}$  ar seco) para a criação de coelhos, entretanto, nos demais horários analisados, 7 e 12h, a H manteve-se dentro da faixa considerada como ideal com valores de 42 e 44  $\text{kJkg}^{-1}$  ar seco, respectivamente.

Ao se verificar a distribuição espacial da H no interior do galpão CL (Figura 2b) notou-se uma grande heterogeneidade entre horários estudados. Diante disso, observou-se que às 12h, a distribuição espacial da H manteve-se, na maior parte do galpão CL, acima da considerada ideal variando de 54 a 58  $\text{kJkg}^{-1}$  ar seco.

Ao comparar a distribuição espacial da H no galpão SL com relação ao galpão CL, o galpão CL foi mais heterogêneo que o galpão SL durante todo o experimento.

Contudo, a H, foi menor e melhor no galpão CL no período das 17h do que no galpão SL, sendo o lanternim um dos fatores que, possivelmente, podem ter contribuído com a pequena melhora na H no galpão CL em relação ao galpão SL.

Segundo Siloto et al. (2008), em ambientes com menor condição de renovação de ar e instalações mais fechadas geram piores resultados de produção, devido a isso, é indispensável que as instalações forneçam condições ambientais próximas à zona de conforto térmico do animal para favorecer o bem-estar, evitar estresse térmico e potencializar a produção de coelhos.

Neste sentido, na tentativa de amenizar os efeitos danosos do estresse por calor, torna-se importante realizar estudos científicos para o desenvolvimento de tecnologias específicas para as regiões de clima quente produzindo informações que orientem as atividades de ambiência da cunicultura (JARUCHE, 2012).

## CONCLUSÕES:

Foi possível comparar a distribuição espacial da H no interior dos dois galpões para o alojamento de coelhos de produção utilizando técnicas de geoestatística. Pode-se observar por meio dos mapas de isolinhas confeccionados, a partir, da interpolação por Krigagem, a heterogeneidade da distribuição espacial da H em diversas regiões dos galpões ao longo dos horários observados.

O galpão CL, em alguns pontos, apresentou valores de H mais baixos, nos horários das 7 e 17h em relação ao galpão SL. Porém, o galpão com lanternim apresentou uma maior heterogeneidade da distribuição espacial da H em seu interior.

## REFERÊNCIAS:

- ALBRIGHT L. D. Environment control for animals and plants. ASAE Textbook, 4. **American Society of Agricultural Engineers Michigan**, St. Joseph. 1990.
- CAMBARDELLA, C.A. et al. Field scale variability of soil properties. In: **Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CRESPI, M. P. A. L. Cuidados antes, durante e após o parto com a coelha e com a ninhada. **Associação Científica Brasileira de Cunicultura**. 2016. Disponível em: <[http://www.acbc.org.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=107&Itemid=138](http://www.acbc.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=138)>. Acesso em: fev/2017.
- FERREIRA, W. M.; MACHADO, L. C.; JARUCHE, Y. DE G.; CARVALHO, G. G.; OLIVEIRA, C.E.A.; SOUZA, J. D'A.S.; CARÍSSIMO, A. P. G. **Manual prático de cunicultura**. Bambuí. Ed. do autor, p.75, 2012.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. **New York: Oxford University**, 1989. 561 p.
- JARUCHE, Y.G.; FILHO, D.E.F.; DIAS, A.N.; FERNANDES, D.P.; RIBEIRO, H.O.C.; SIQUEIRA, A.A.; SIMA, P.S.; ORNELAS, O.T.C.; CRUZ, L.J.; CAIXETA, V.; BARBOSA, P.M. Efeito da densidade de alojamento sobre a homeostase térmica em coelhos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v.1, n.1. 2012.

JOURNAL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. Mining geostatistics. **London: Academic Press**, 1991. 600 p.

LEBAS, F. et al. El conejo: cría y patología. **Roma: FAO**, 1996. 225p.

MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal Soil Science**, v. 3, n. 3, p. 617-639, 1986.

MELLO, J. M.; BATISTA, J. L. F.; RIBEIRO JR., P. J.; OLIVEIRA, M. S. 2005. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, n.69, p. 25-37.

MOURA A. S. A. M. T. Rabbit Production in Latin America. In: **American Rabbit Congress**, 4. Cordoba - Argentina, 2010.

MOURA A. S. A. M. T. Rabbit Production in Latin America. In: **American Rabbit Congress**, 4. Cordoba - Argentina, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Guide for the care and use of laboratory animals. Washington, D. C. **National Academy Press**, 1996. 128 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. Geor: a package for geostatistical analysis. **R-News**, New York, v. 1, n. 2, p. 14-18, 2001.

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal Biometeorology**, Berlim, v. 55, n. 3, p. 455-459, 2010.

SILOTO, E.V.; ZEFERINO, C. P.; MOURA, A.S.A.M.T.; FERNANDES, S. SARTORI, J.R.; SIQUEIRA, E.R. Temperatura e enriquecimento ambiental sobre o bem-estar de coelhos em crescimento. **Ciência Rural, Santa Maria**, 2008 Online. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2008nahead/a81cr461.pdf>>. Acesso em: fev/ 2017.

SILOTO, E.V.; ZEFERINO, C. P.; MOURA, A.S.M.T.; FERNANDES, S.; SARTORI, J.R.; SIQUEIRA, E. R. Temperatura e enriquecimento ambiental sobre o bem – estar de coelhos em crescimento. **Ciência Rural. Santa Maria**, v. 39, n. 2, p. 528 – 533, mar – abr, 2009.

SURFER, version 7.0. **Golden Software**, 1999. Conjunto de programas. 1 CD-Rom e manuais. Disponível em <<http://www.goldensoftware.com>>. Acesso: jan/2017.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, New York, v.38, n.1, p.45-94, 1985.

YANAGI JR., T; AMARAL, A. G.; TEIXEIRA, V. H. LIMA, R. R. **Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte**. Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.1, p.1-12, 2011.

ZEFERINO, C.P. Indicadores fisiológicos, desempenho, rendimento ao abate e qualidade de carne de coelhos puros e mestiços submetido ao estresse pelo calor intenso ou moderado. **Dissertação (Mestre em zootecnia). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de medicina veterinária e zootecnia. Campus de Botucatu. Botucatu, SP, 2009.**