

Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização¹

Spatial variability in a broiler shed environment with fogging system

Marília Lessa de Vasconcelos Queiroz^{2*}, José Antonio Delfino Barbosa Filho², Francisco Alexandre de Lima Sales², Luanda Rêgo de Lima² e Luan Mariano Duarte²

RESUMO - Para as aves expressarem melhor suas características genéticas é necessário que estejam em um ambiente favorável para isso, pois o mecanismo de controle da temperatura corporal só é eficiente quando a temperatura do ambiente se encontra dentro de certos limites. O objetivo deste trabalho foi avaliar o ambiente interno de galpões avícolas, medindo temperatura e umidade relativa do ar para o cálculo do Índice Entalpia de Conforto (IEC), bem como a medição da temperatura da cama das aves, luminosidade e velocidade do ar no interior dos galpões para elaboração de mapas de krigagem. As avaliações foram feitas durante a época seca, no período da manhã e da tarde, em dois galpões idênticos, através de ferramentas de precisão. Os dados de temperatura da cama, luminosidade e velocidade do ar foram analisados através da geoestatística e, posteriormente foram elaborados mapas com os perfis da distribuição espacial destas variáveis ao longo dos galpões. Com os mapas foi possível observar que em alguns locais a temperatura da cama das aves apresentou valores muito elevados, chegando a 33,8 °C aos 42 dias de uso do galpão, temperatura considerada elevada e que pode prejudicar as trocas térmicas e gerar desconforto térmico para as aves. Os mapas de krigagem também mostraram que o sistema de ventilação não distribuiu o vento de forma homogênea e que a maior média da velocidade do ar foi 2,6 m s⁻¹. Esses fatores demonstraram necessidades de correções do ambiente do galpão, para melhor o conforto térmico das aves.

Palavras-chave: Avicultura. Ambiência. Geoestatística. Krigagem.

ABSTRACT - For fowl to better express their genetic characteristics, they need to be in a favourable environment, since the mechanism for controlling body temperature is only efficient when the temperature of the environment is within certain limits. The aim of this study was to evaluate the internal environment of poultry sheds, measuring temperature and relative humidity to calculate the Enthalpy Comfort Index (ECI), as well as measuring the litter temperature, and the indoor luminosity and air velocity of the sheds to prepare kriging maps. Evaluations were made during the dry season, in the morning and afternoon, in two identical sheds, using precision tools. The data for litter temperature, luminosity and air velocity were analysed with geostatistics, and maps were then elaborated to show the spatial distribution profiles of the variables throughout the sheds. From the maps, it was possible to see that in some places the temperature of the litter displayed very high values, reaching 33.8 °C by day 42 of shed use, a temperature that is considered high and that can hinder thermal exchange and generate thermal discomfort for the birds. The kriging maps also showed that the ventilation system did not distribute the wind evenly, and that the greatest average air velocity was 2.6 m s⁻¹. These factors demonstrated the need for corrections to the shed environment, to improve the thermal comfort of the birds.

Key words: Poultry farming. Environment. Geostatistics. Kriging.

DOI: 10.5935/1806-6690.20170068

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 27/05/2014; aprovado em 13/01/2017

¹Parte da Dissertação de mestrado da primeira autora apresentada na Universidade Federal do Ceará

²Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, marilialvqueiroz@gmail.com, zkdelfino@gmail.com, sales.f.a.1@gmail.com, luanda_rego@hotmail.com, luan.m.duarte@bol.com.br

INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é uma atividade que ganha destaque devido aos elevados índices de produtividade do setor. De acordo com Lavor, Fernandes e Sousa (2008) o desafio do controle térmico do ambiente interno de galpões avícolas é de fundamental importância para o sucesso da atividade em regiões como o Nordeste do Brasil, onde predominam elevadas temperaturas durante o ano todo. Bueno e Rossi (2004) ressaltam que, tratando-se de Brasil e de um clima tropical, verifica-se que, na grande maioria das regiões produtoras os problemas com estresse térmico são grandes.

O estresse térmico afeta o crescimento e a produção normal dos animais, podendo causar redução dos lucros. Os seres vivos de um modo geral necessitam de condições climáticas ótimas para que seus processos fisiológicos, crescimento e desenvolvimento, ocorram dentro da normalidade (DELFINO *et al.*, 2012). De acordo com Ponciano *et al.* (2011) animais mantidos em temperaturas adequadas evitam o desperdício de energia metabólica contida na ração fornecida, pois praticamente não há gastos para a manutenção da temperatura corporal. Por esta razão é fundamental o controle do clima no ambiente de produção, para que as aves mantenham suas funções fisiológicas em estado normal e produzam de forma satisfatória.

As condições climáticas são as que mais diretamente afetam as aves, por comprometerem a manutenção da homeotermia, que é uma função vital (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Para reduzir o estresse térmico por calor em frangos de corte, geralmente, é feito o uso de ventilação e nebulização nos galpões. Nem sempre os ventiladores são suficientes para aliviar o desconforto térmico das aves. E caso ocorra excesso de nebulização nos galpões as rocas de calor das aves podem ser prejudicadas, uma vez que a capacidade das aves em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar. Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave tem de remover calor interno pelas vias aéreas, o que leva ao aumento da frequência respiratória (PONCIANO *et al.*, 2011). O excesso de nebulização pode também molhar demasiadamente a cama das aves e gerar fermentação nos locais onde há acúmulo de umidade. A fermentação da cama faz com que as aves sofram com o calor quando estão em contato com o substrato, já que as aves costumam deitar na cama para trocar o calor do seu corpo.

Desta forma, o entendimento da interação entre os animais e o ambiente em que estão inseridos deve ser levado em conta quando se busca maior eficiência na produção, pois sua compreensão ajuda a evitar perdas, relacionadas ao estresse térmico, durante o período

de criação das aves. Faria *et al.* (2008) afirmaram que conhecer a variabilidade espacial do microclima de galpões de confinamento é um fator indispensável, e atributos como luminosidade e ventilação natural influenciam no comportamento, no bem-estar e na produtividade dos animais confinados. A geostatística, representada pelos mapas de krigagem podem ser uma ferramenta muito importante para a interpretação da ambiência em galpões, pois os mapas são uma ferramenta de fácil interpretação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o ambiente interno de galpões avícolas, medindo temperatura e umidade relativa do ar para o cálculo do Índice Entalpia de Conforto (IEC), bem como a medição da temperatura da cama das aves, luminosidade e velocidade do ar no interior dos galpões para elaboração de mapas de krigagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no mês de outubro de 2012, em uma granja comercial localizada no município de Beberibe, Ceará. No experimento foram utilizados dois galpões orientados no sentido leste-oeste, caracterizados tipologicamente por 7,40 metros de largura, aproximadamente 113,5 metros de comprimento, 2,30 metros de pé-direito e 1,00 metro de beiral. A cobertura dos galpões era de telha cerâmica, sem a presença de forro, as laterais eram abertas, cercadas apenas por tela plástica, com 40 cm de altura e o sistema de climatização utilizado era composto por ventiladores e nebulizadores (ligados nos horários considerados mais quentes do dia).

Foram avaliadas as variáveis ambientais temperatura da cama das aves (°C), velocidade do ar (m s⁻¹) e luminosidade (lux). Estas variáveis foram coletadas na sexta semana de uso dos galpões, durante três dias, em 144 pontos, pré-determinados, ao longo de toda a extensão do galpão, durante o turno da manhã (08:00h as 12:00h) e da tarde (13:00h às 17:00h). As avaliações foram feitas na sexta semana, por esta ser a mais crítica na criação de frangos de corte e apresentar as maiores perdas produtivas. As variáveis ambientais luminosidade e velocidade do ar foram coletadas a 30 cm de altura, pois esta altura corresponde à altura das aves. A luminosidade e velocidade do ar foram coletadas com o auxílio de um Termo-Higro-Anemo-Luxímetro, da marca Instrutherm®. A medição da temperatura da cama das aves foi realizada com o auxílio de um termômetro digital tipo espeto, da marca Minipa®, que era introduzido na cama das aves por um período de um minuto ou até que a temperatura estabilizasse.

As 144 amostras das variáveis foram coletadas para que houvesse o maior número possível de

observações, pois quanto maior o número de pontos, maior será o número de pares para o cálculo das semivariâncias e teoricamente, maior será a precisão das estimativas das semivariâncias. A distância entre cada ponto foi medida, para posteriormente fazer a referenciação dos dados.

Para a análise geoestatística foi utilizada a Equação 1, que estima a estrutura e a dependência espacial entre as observações através do semivariograma. A análise do semivariograma é essencial para fazer a medida da dependência espacial entre as variáveis estudadas.

$$y(h) = \left(\frac{1}{2N(h)} \right) \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2, \text{ onde: (1)}$$

onde: h é a distância de separação entre as medidas; $N(h)$ é o número de pares experimentais de dados medidos de $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$; $Z(x_i)$ é o valor da variável para posição x_i não estimado (verdadeiro) considerada como uma variável aleatória, função da posição da amostragem x ; $Z(x_i+h)$ é o valor da mesma variável na posição x_i+h em qualquer direção.

Para analisar o grau da dependência espacial dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação de Zimback (2001), onde a dependência espacial é forte quando o Índice de Dependência Espacial (IDE) $> 75\%$, moderada quando está entre $25\% < IDE < 75\%$ e fraca $\leq 25\%$. A interpolação dos valores para a elaboração dos mapas foi feita aplicando o método de krigagem ordinária, utilizando o *software* Surfer, versão 10.

Também foram monitoradas constantemente, durante todo o período experimental, as variáveis ambientais temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) no interior e exterior dos aviários, para avaliar o microclima dentro e fora dos galpões. A partir desses dados foi calculado o Índice Entalpia de Conforto (IEC) para frangos de corte, que é um índice muito indicado para avaliar o estresse térmico de frangos de corte.

Os registros das variáveis ambientais foram realizados a cada 10 minutos, com o auxílio de miniestações meteorológicas e *Data Loggers*, da marca HOBO®, instalados preferencialmente na região central do galpão e um pouco acima da altura dos animais, para que as leituras fossem representativas das condições a que as aves estavam submetidas.

A equação da entalpia utilizada neste trabalho foi a de Rodrigues *et al.* (2010) e a nova fórmula considera a temperatura, umidade relativa do ar e a pressão atmosférica local (Equação 2). A pressão barométrica utilizada nessa fórmula foi de 760 mmHg, que é igual a 1 atm, que corresponde à pressão barométrica em locais mais baixos, situados ao nível do mar.

$$h = 1,006.t + \frac{UR}{PB} \cdot 10^{\left(\frac{7,5.t}{237,3+t}\right)} \cdot (71,28 + 0,052.t), \text{ onde: (2)}$$

onde: h é a entalpia, em kJ/kg ar seco; t é a temperatura, em $^{\circ}\text{C}$; UR é a umidade relativa do ar, em %; PB é a pressão barométrica local, em mmHg.

Para uma avaliação prática do Índice de Entalpia de Conforto (IEC) foram utilizadas as Tabelas de Entalpia, para regiões situadas ao nível do mar, feitas por Queiroz, Barbosa Filho e Vieira (2012). A utilização dessas tabelas foi imprescindível para uma correta avaliação do conforto térmico dos animais, já que a pressão barométrica do local onde os animais estão influencia no valor do Índice Entalpia de Conforto.

Para verificar a diferença entre as médias foi utilizado o *software* estatístico Minitab, versão 16. Inicialmente os valores foram submetidos à análise estatística descritiva básica, para verificar a normalidade de distribuição dos dados. Na avaliação estatística descritiva básica foram observados dados de média, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, amplitude, assimetria e curtose. Em seguida, confirmada a normalidade, procedeu-se o teste F, através da análise de variância (ANOVA), para verificar a diferença significativa entre as médias. Caso houvesse diferença estatística entre as médias, como complemento à análise de variância, era feito um teste de comparação de médias, em que foi escolhido o teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa que o valor médio da temperatura da cama das aves foi de 32,2 e 32,5 $^{\circ}\text{C}$ durante o turno da manhã e tarde, respectivamente. O valor da temperatura média da cama foi mais elevado no turno da tarde.

A média da velocidade do ar e da luminosidade foi menor no turno da tarde. Nesse turno as cortinas do galpão costumam ficar levantadas no lado esquerdo, para impedir que a luz do sol incida diretamente no interior dos galpões. As cortinas impedem que a ventilação natural e luminosidade adentrem o galpão.

A temperatura da cama apresentou os menores valores do coeficiente de variação, indicando uma distribuição mais homogênea dos dados. A luminosidade foi o atributo que apresentou os maiores valores do coeficiente de variação, o que segundo Silva *et al.* (2013) pode ser um indicador da existência de heterogeneidade nos dados avaliados.

Tabela 1 - Estatística descritiva básica para os atributos avaliados de temperatura da cama das aves ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do ar (m.s^{-1}) e luminosidade (lux) na 6ª semana de uso do galpões, nos turnos da manhã e da tarde

Observações	Manhã			Tarde		
	Tcama	VA	Lum	Tcama	VA	Lum
Média	32,2	2,1	1894	32,5	1,6	989
Desvio Padrão	0,959	0,4765	1024,3	0,924	0,430	348,2
Variância	0,920	0,2270	1049244,5	0,854	0,185	121254
Coefficiente de Variação (%)	2,97	22,88	54,09	2,85	27,41	35,21
Amplitude	4,467	2,3333	4470,2	4,183	2,3333	1655,0
Assimetria	-0,11	0,47	1,23	-0,09	0,76	0,60
Curtose	-0,83	-0,13	0,60	-0,80	0,62	-0,18

Segundo Warrick e Nielsen (1980), os valores do coeficiente de variação (CV) são classificados como baixo quando o $\text{CV} < 12\%$, médio $12\% < \text{CV} < 24\%$ e alto quando o $\text{CV} > 24\%$. Os valores do coeficiente de variação da temperatura da cama das aves apresentam baixa variação, pois nas duas avaliações o valor do CV ficou abaixo de 12%. Já os valores do coeficiente de variação da velocidade do ar podem ser classificados como médio no turno da manhã e alto no turno da tarde. Faria *et al.* (2008) ponderam que a alta variabilidade do vento se deve ao fato de que o vento é caracterizado por mudar sua magnitude e direção constantemente, com variações de até 100% na média da magnitude num intervalo de 5 minutos. Os elevados valores do coeficiente de variação da velocidade do ar podem ser justificados, ainda, pelo fato de os galpões analisados no experimento serem abertos nas laterais e ficarem expostos às correntes de vento da região, que eram sempre inconstantes. Os ventos da região, somados à velocidade do ar dos ventiladores, fizeram com que houvesse essa alta variabilidade durante as coletas.

Os coeficientes de variação da luminosidade foram classificados como altos, pois todos estavam acima de 24%. Os altos valores de variância, desvio

padrão, coeficiente de variação e amplitude indicam que a luminosidade dentro do galpão, no turno da manhã apresentou forte variação espacial. Já os atributos temperatura da cama e velocidade do ar tiveram menor variação espacial ao longo do galpão.

A análise do coeficiente de variação é interessante, pois seu resultado é expresso em porcentagem e segundo Mohallem *et al.* (2008) como medida de dispersão, a principal qualidade do CV é a capacidade de comparar resultados de diferentes trabalhos que envolvem a mesma variável-resposta, permitindo quantificar a precisão das pesquisas.

Em todas as variáveis avaliadas os coeficientes de assimetria e curtose foram classificados como normais. A normalidade foi considerada se os valores do coeficiente de assimetria e de curtose se apresentassem dentro do intervalo -2 e 2, ou seja, se adequando a uma curva de distribuição normal, segundo Hines *et al.* (2006). Como as variáveis apresentaram uma distribuição normal foi feita uma análise de variância para verificar se havia diferença entre as médias avaliadas. Como o teste F mostrou que existe diferença significativa entre as médias foi feito um teste de comparação de médias, onde o teste escolhido foi o teste de Tukey, a 5% de significância (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste de médias para os atributos avaliados de temperatura da cama das aves ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do ar (m.s^{-1}) e luminosidade (lux) na 6ª semana de uso do galpões, nos turnos da manhã e da tarde

Variáveis	Média	F	Teste P
Tcama - Manhã	32,2 A	4,23	0,041
Tcama - Tarde	32,5 B		
VA - Manhã	2,1 A	92,16	0,000
VA - Tarde	1,6 B		
Lum - Manhã	1894 A	100,75	0,000
Lum - Tarde	989 B		

Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

De acordo com os dados do teste de médias é possível observar que a temperatura da cama das aves, a velocidade do ar e a luminosidade diferem estatisticamente na 6ª semana de uso dos galpões de criação de frangos de corte. Isso demonstra que os valores das variáveis estudadas não são iguais e que realmente diferem entre os turnos da manhã e da tarde.

Após a análise estatística descritiva básica dos atributos temperatura da cama das aves, velocidade do ar e luminosidade foi feita a análise da geoestatística e os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Os semivariogramas das variáveis, temperatura da cama das aves no turno da manhã e tarde se ajustaram ao modelo linear e esférico, respectivamente. Os semivariogramas da velocidade do ar se ajustaram ao modelo exponencial e esférico. E os semivariogramas da luminosidade se ajustaram ao modelo exponencial, nos dois turnos avaliados. No atributo temperatura da cama e velocidade do ar Silva *et al.* (2013), também, encontraram o modelo linear e exponencial, respectivamente, como o semivariograma mais ajustado na 6ª semana de avaliação de galpão de frangos de corte.

O C_0 , que é o efeito pepita, segundo Faria *et al.* (2008) reflete a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros. De acordo com os dados avaliados é possível avaliar, segundo Vieira (2000) que a luminosidade apresentou efeito pepita puro, característica da ausência de dependência espacial, em que a variabilidade é associada ao efeito aleatório, ou seja, à independência das amostras. Os resultados da análise geoestatística mostraram que nem todos os atributos estudados apresentaram dependência espacial.

De acordo com os resultados, é possível observar que o Índice de Dependência Espacial (IDE), representado pela fórmula $C/(C+C_0).100$, apresentou para o atributo temperatura da cama, correlação forte nos dois turnos. Os atributos velocidade do ar e luminosidade apresentaram

correlação moderada na 6ª semana, de acordo com padrões propostos por Zimback (2001). Estes resultados concordaram com os de Silva *et al.* (2013), que também encontraram correlação moderada para a velocidade do ar, na 6ª semana de uso de galpão de frangos de corte.

As variáveis apresentaram diferentes alcances de dependência espacial, sendo que os atributos de velocidade do ar no turno da manhã e luminosidade nos dois turnos, na 6ª semana de avaliação, apresentaram os maiores valores de alcance, ambas com 632,7 m. Quanto menor o alcance, mais rapidamente é obtida a independência entre amostras, uma vez que o alcance é a distância limite da dependência espacial (SILVA *et al.*, 2007).

Após a avaliação da geoestatística os mapas de krigagem, que representam a distribuição espacial das variáveis, foram desenvolvidos com o auxílio do software Surfer®. Na Figura 1 estão os mapas de krigagem do atributo temperatura da cama.

Os valores da temperatura da cama de frangos de corte, no turno da manhã, variaram de 30,4 a 33,8 °C. No turno da tarde o valor da temperatura da cama das aves variou de 30,7 a 33,7 °C. Através dos mapas é possível observar que as cores do mapa ficaram mais escuras no lado oeste dos galpões, indicando que nestes locais ocorreram as maiores temperaturas.

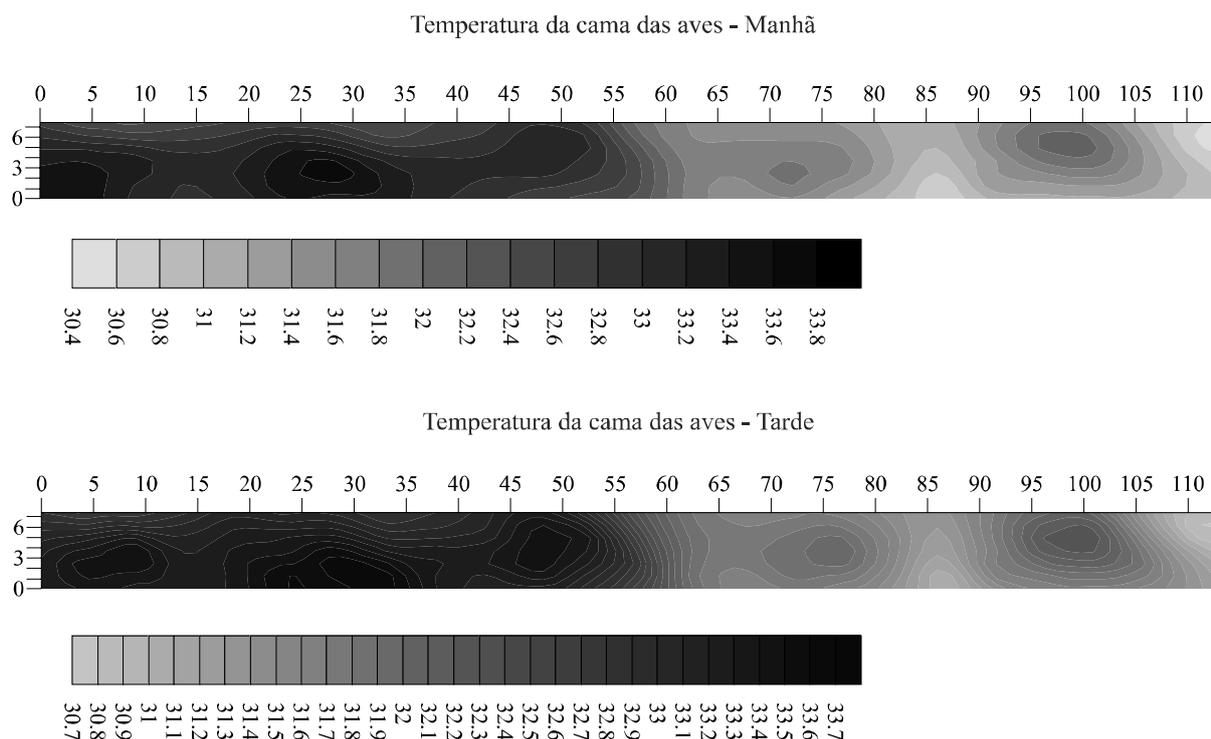
A elevada temperatura da cama das aves no lado oeste dos galpões, que pode causar mais desconforto aos animais, está na parte que fica sob maior intensidade de raios solares, como é possível observar no mapa da distribuição espacial da luminosidade (Figura 3), que segundo Barbosa Filho *et al.* (2007) as aves tendem a trocar calor do corpo por contato com a cama ou o solo, que costuma estar a uma temperatura inferior à do corpo do animal, favorecendo a troca de calor por condução. Desta forma, os locais onde a temperatura da cama está mais elevada pode dificultar a troca de calor das aves por condução com a cama e favorecer o quadro de estresse por calor, que pode gerar prejuízos à produção.

Tabela 3 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais no turno da manhã e da tarde, para os atributos de temperatura da cama das aves (°C), velocidade do ar (m.s⁻¹) e luminosidade (lux), na 6ª semana de uso dos galpões

Observações	Modelo	C_0	C_0+C	Alcance	$C/(C+C_0).100$	R^2	
Manhã	Tcama	Linear	10,0	2,0110	78,7	100	0,961
	VA	Exponencial	1941,0	0,3892	632,7	50,1	0,282
	Lum	Exponencial	894000000	1789000,0	632,7	50,0	0,523
Tarde	Tcama	Esférico	280,0	2,0660	125,0	98,6	0,953
	VA	Esférico	1315,0	0,2690	167,8	51,1	0,481
	Lum	Exponencial	102900000	205900,0	632,7	50,0	0,479

C_0 é o efeito pepita, C_0+C é o patamar, $C/(C+C_0)$ é o grau de dependência espacial e R^2 é o coeficiente de determinação

Figura 1 - Mapas de krigagem para o atributo temperatura da cama de frangos de corte (Tcama, em °C) na 6ª semana, no turno da manhã e da tarde. Lado leste a direita e lado oeste a esquerda



Carvalho *et al.* (2011) ressaltam que valores altos de temperatura de cama podem ocorrer possivelmente por uma elevação da temperatura ambiente, bem como da umidade da cama, o que aumenta a capacidade de fermentação, podendo atingir até 50 °C internamente. Quanto mais alta a temperatura da cama mais prejuízos ao conforto térmico das aves.

A alta temperatura da cama das aves pode também ser justificada pela ausência de forro nos galpões avaliados, que permite a incidência da carga térmica radiante direto para a cama, fazendo com que este material alcance temperaturas mais elevadas.

Uma medida que ajuda a reduzir o excesso de calor na cama das aves é a prática do revolvimento. O manejo de revolvimento da cama no aviário é uma atividade recomendada para aerar, aumentar a superfície de secagem e evitar o aumento de temperatura do local que, dependendo da fase de crescimento dos animais, é realizada diariamente (PILECCO *et al.*, 2011).

Na Figura 2 estão os mapas de krigagem do atributo velocidade do ar nos galpões.

Os valores da velocidade do ar no turno da manhã variaram de 1,8 a 2,6 m s⁻¹ e no turno da tarde variaram de 1,35 a 2,15 m s⁻¹. Ainda, de acordo com os mapas,

é possível observar que a maior intensidade de ventos ocorreu na parte leste, na cabeceira dos galpões. A alta intensidade do vento nesta área pode ajudar a minimizar o desconforto térmico das aves neste local. Segundo Calvet *et al.* (2010) uma adequação da taxa de ventilação permite controlar melhor a emissão de gases poluentes nos aviários, permitindo assim uma melhora do seu ambiente interno.

Apesar de existirem ventiladores neste galpão, estes não foram suficientes para ventilar o ambiente de maneira uniforme. Assim, o posicionamento adequado de equipamentos utilizados em alguma das fases de criação pode influenciar a variabilidade das características ambientais e consequentemente o desempenho das aves (SILVA *et al.*, 2013).

A ventilação no turno da tarde foi menor do que no turno da manhã. A maior ventilação no turno da manhã ocorreu devido às cortinas dos galpões ficarem totalmente baixas neste turno, ao contrário do turno da tarde, onde as cortinas de uma das laterais são levantadas para evitar a exposição das aves à radiação solar.

Na Figura 3 estão os mapas de krigagem do atributo luminosidade nos galpões.

Figura 2 - Mapas de krigagem para o atributo velocidade do ar (VA, em m.s⁻¹) na 6ª semana, no turno da manhã e da tarde. Lado leste localizado a direita e lado oeste localizado a esquerda

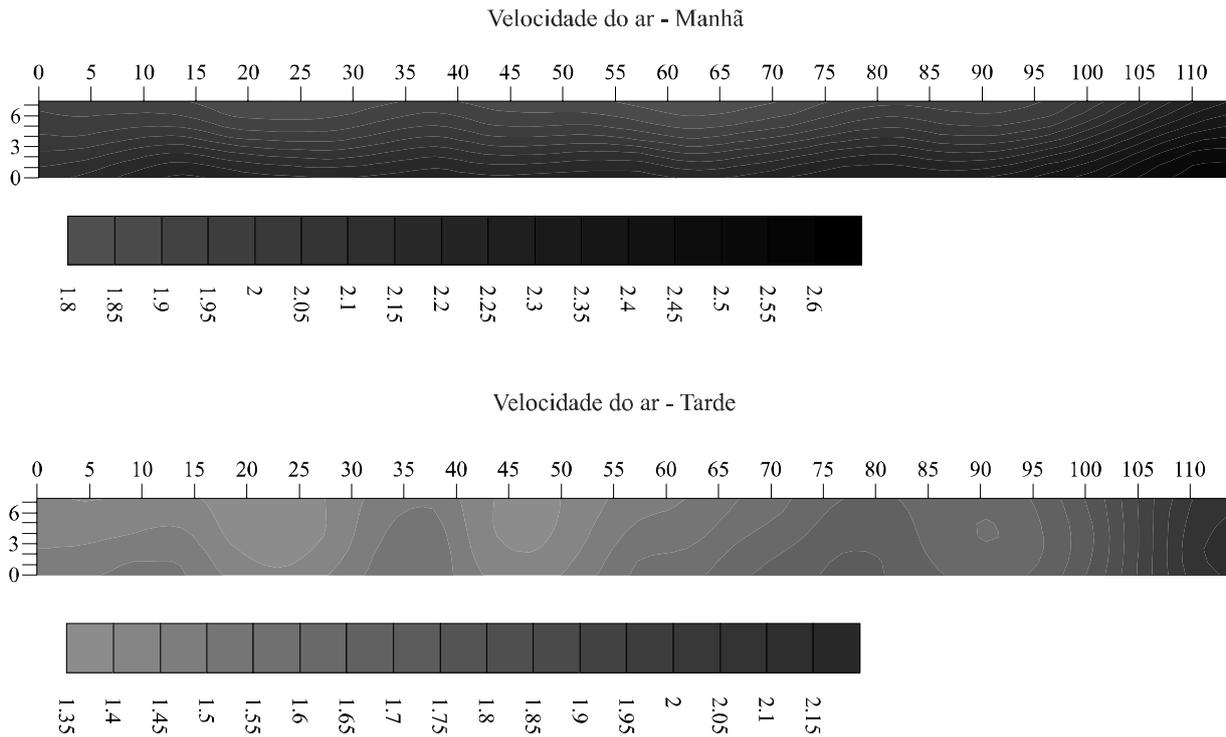
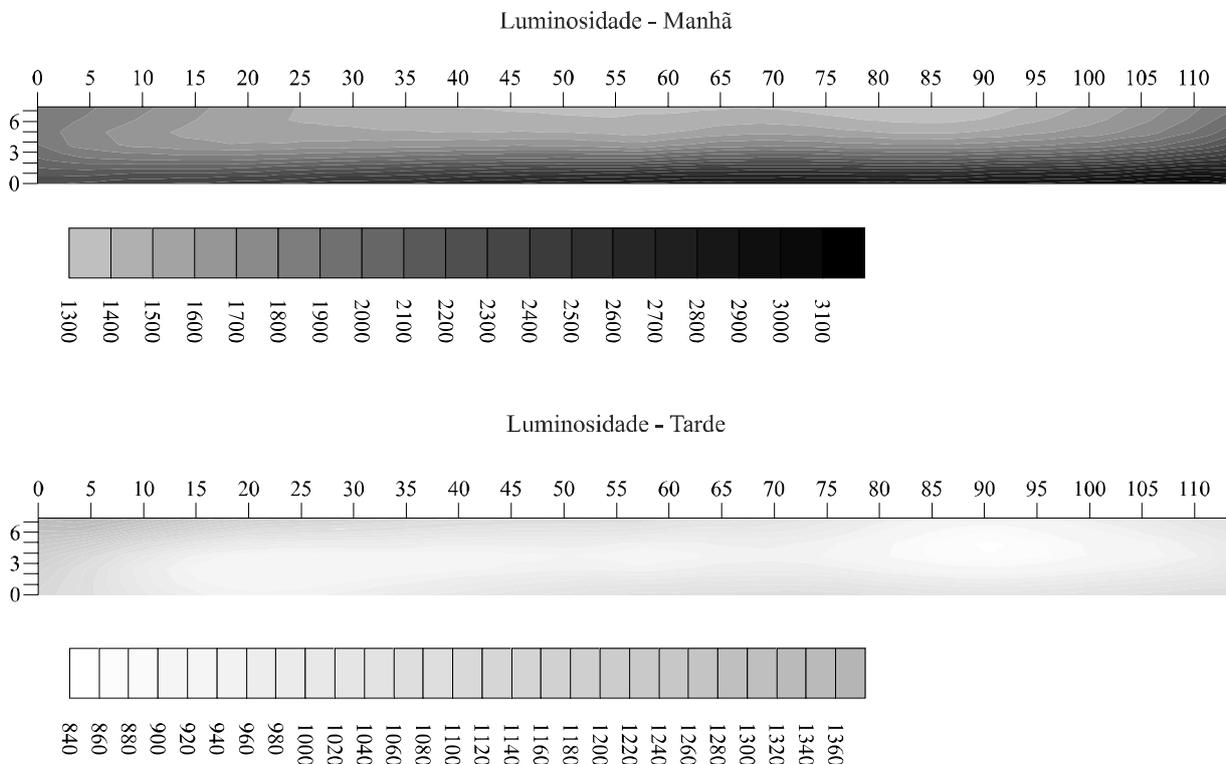


Figura 3 - Mapas de krigagem para o atributo luminosidade (Lum, em lux) na 6ª semana, no turno da manhã e da tarde. Lado leste localizado a direita e lado oeste localizado a esquerda



Os valores da luminosidade dentro do galpão, no turno da manhã, variaram de 1300 a 3100 lux e no turno da tarde variaram de 840 a 1360 lux. A lateral do lado direito (oeste) do galpão recebe mais luminosidade, pois recebe a luminosidade do sol nascente. No mapa da distribuição espacial da luminosidade é possível ver que a parte central é menos iluminada. A intensidade luminosa, a distribuição, a cor e a duração da luz afetam o desempenho e o bem-estar do lote, e o posicionamento adequado das fontes de luz e sua distribuição estimulam as aves a procurarem alimento, água e calor (MENDES *et al.*, 2010).

Estes mapas mostram que no turno da manhã os galpões sofrem com o excesso de luminosidade, devido as cortinas ficarem totalmente baixas. Essa alta luminosidade, oriunda da radiação solar, contribui para a maior temperatura do ar apresentada neste turno (Tabela 4).

O excesso de luminosidade faz com que as aves procurem lugares com temperatura mais amena dentro dos galpões e ocasiona aglomeração dos animais, que inutilizam as áreas que recebem mais iluminação. Essa aglomeração das aves ocasiona redução da área utilizada pelas aves no interior do galpão e faz com que a densidade de aves aumente. Esta elevação na densidade é prejudicial, pois faz com que os animais fiquem muito próximos e aumentem a produção de calor nesse local. Pilecco *et al.* (2011) relatam que o aumento da densidade associado às altas temperaturas influencia diretamente no bem-estar dos animais, principalmente quando os sistemas de criação de aves não proporcionam a esses animais temperaturas corretas para seu manejo adequado.

Todos esses fatos evidenciam a necessidade de ajustes no manejo das cortinas durante o turno da manhã, pois fatores climáticos nesse período podem causar danos ao microclima do galpão e, portanto, não devem ser subestimados.

Além da avaliação geoestatística foi feito como complemento uma avaliação das variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa do ar e o cálculo do Índice Entalpia de Conforto. Na Tabela 4 estão os resultados da estatística descritiva básica.

De acordo com o coeficiente de variação as avaliações da temperatura e do IEC tiveram variabilidade baixa e as avaliações da umidade relativa do ar tiveram variabilidade classificada como média de acordo com Warrick e Nielsen (1980). O controle da umidade relativa do ar dentro dos galpões é dificultado pelo uso de nebulização no interior dos mesmos.

De acordo com os valores de assimetria e curtose todos os atributos se enquadraram na condição de distribuição normal, de acordo com Hines *et al.* (2006).

Além da avaliação da estatística básica foi feita a Avaliação do F e do teste F (P) para verificar se há diferença significativa entre as médias (Tabela 5).

De acordo com o valor do teste F todas as interações avaliadas entre as variáveis diferiram estatisticamente a 5% de significância. A Tabela 6 contém os valores do teste de médias para as variáveis: temperatura, umidade relativa do ar e do IEC na 6ª semana.

A temperatura dentro dos galpões estava mais elevada no turno da manhã, que coincide com o turno

Tabela 4 - Estatística descritiva básica das variáveis ambientais de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e IEC (kJ/kg de ar seco) em galpão de frangos de corte, na 6ª semana de uso

Avaliações	Média	D.P.	Var.	C.V. (%)	Ampli.	Assimetria	Curtose
Tgalpão/Manhã	31,0	1,323	1,749	4,27	5,532	-0,54	-0,75
Tgalpão/Tarde	30,4	1,078	1,162	3,55	5,237	0,25	-0,30
Texterna/Manhã	34,0	1,811	3,281	5,33	8,480	-0,71	-0,36
Texterna/Tarde	34,7	2,016	4,063	5,81	8,325	-0,47	-0,60
URgalpão/Manhã	51	6,630	43,958	13,13	31,650	0,96	0,14
URgalpão/Tarde	59	7,429	55,187	12,59	36,390	0,51	0,23
URexterna/Manhã	39	6,087	37,047	15,65	30,890	1,18	1,13
URexterna/Tarde	45	6,956	48,386	15,39	31,630	0,57	-0,30
IECgalpão/Manhã	66,6	1,459	2,129	2,19	7,197	-0,39	-0,09
IECgalpão/Tarde	70,5	2,623	6,879	3,72	11,935	-0,19	-0,65
IECexterna/Manhã	66,4	1,522	2,317	2,29	8,421	0,29	0,05
IECexterna/Tarde	73,9	2,337	5,462	3,16	8,835	-0,18	-1,25

D.P. é o desvio padrão, Var. é a variância, C.V. é o desvio padrão e Ampli. é a amplitude

Tabela 5 - Análise de variância das variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e do IEC em galpão de frangos de corte, na 6ª semana de uso

Observações	F	Teste P
Tgalpão manhã e Tgalpão tarde	23,21	0,000
Texterna manhã e Texterna tarde	11,66	0,001
Tgalpão manhã e Texterna manhã	298,29	0,000
Tgalpão tarde e Texterna tarde	604,72	0,000
URgalpão manhã e URgalpão tarde	123,51	0,000
URexterna manhã e URexterna tarde	78,07	0,000
URgalpão manhã e URexterna manhã	278,41	0,000
URgalpão tarde e URexterna tarde	309,92	0,000
IECgalpão manhã e IECgalpão tarde	287,44	0,000
IECexterna manhã e IECexterna tarde	1.202,34	0,000
IECgalpão manhã e IECexterna manhã	1,00	0,318
IECgalpão tarde e IECexterna tarde	1.54,85	0,000

Tabela 6 - Médias das variáveis ambientais de temperatura do ar, umidade relativa do ar e IEC em galpão de frangos de corte, na 6ª semana

Observações	Período	
	Manhã	Tarde
Tgalpão (°C)	31,0 Aa	30,4 Ba
Texterna (°C)	34,0 Ab	34,7 Bb
URgalpão (%)	51 Aa	59 Ba
URexterna (%)	39 Ab	45 Bb
IECgalpão (kJ/kg de ar seco)	66,6 A	70,5 Ba
IECexterno (kJ/kg de ar seco)	66,4 A	73,9 Bb

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<5%)

de maior luminosidade no interior dos galpões (Figura 3). De acordo com o teste de médias é possível observar que a temperatura do ar no tuno da manhã diferiu estatisticamente da temperatura no tuno da tarde.

De acordo com os dados é possível observar que a umidade relativa no interior dos galpões estava mais elevada do que na parte externa e essas médias diferiram estatisticamente segundo o teste de médias. A elevada umidade relativa do ar foi ocasionada pelo constante uso de nebulização para amenizar o desconforto térmico das aves nos galpões.

Segundo a classificação de Queiroz, Barbosa Filho e Vieira (2012) do IEC na 6ª semana, durante o turno da manhã e da tarde, os galpões se encontravam na faixa crítica, pois os valores foram superiores a 63,1 kJ kg⁻¹ de

ar seco, tendo necessidade de maior controle das variáveis ambientais. Segundo Medeiros *et al.*, (2005) em condições severas de calor, o animal aumenta consideravelmente o consumo de água, as fezes ficam líquidas e ocorre aumento da umidade na cama, com consequente redução de seu poder de absorção, elevando as concentrações de amônia no ar, que podem atingir níveis perigosos. Ainda segundo os autores supracitados, com a permanência dessas condições, o animal apresenta polipnéia e pode chegar à morte.

Esses valores indicam uma condição ruim no interior do galpão, e demonstram que é importante que o ambiente do galpão seja constantemente monitorado e climatizado, pois a combinação de elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar pode levar as aves à morte.

CONCLUSÕES

1. A avaliação da geoestatística e confecção dos mapas de krigagem foi uma ferramenta visual que possibilitou definir áreas com diferentes variabilidades espaciais para os atributos microclimáticos avaliados de temperatura da cama das aves, velocidade do ar e luminosidade, e auxiliou na identificação de áreas específicas problemáticas dentro dos galpões. Essa ferramenta permitirá que futuramente os fatores nocivos ao conforto térmico dos animais sejam corrigidos pontualmente.
2. A temperatura da cama das aves foi maior na parte oeste dos galpões e a luminosidade teve grande variação entre os turnos. Os valores de IEC permaneceram fora da condição de conforto térmico de frangos de corte na 6ª semana de vida, assim o ambiente dos galpões avaliados não oferece conforto térmico para as aves.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, J. A. D. *et al.* Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 01, p. 93-99, 2007.
- BUENO, L. G. F.; ROSSI, L. A. Análise de dois sistemas tecnológicos de produção de frango de corte com ênfase no uso racional de energia elétrica e produtividade animal. *In*: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. **Proceedings online...** Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022004000100012&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 04 jan. 2014.
- CALVET, S. *et al.* Ventilation rates in mechanically-ventilated commercial poultry buildings in Southern Europe: measurement system development and uncertainty analysis. **Biosystems Engineering**, v. 30, n. 04, p. 423-432, 2010.
- CARVALHO, T. M. R. *et al.* Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 04, p. 351-361, 2011.
- DELFINO, L. J. B. *et al.* Influência bioclimatológica sobre os parâmetros hematológicos de bovinos leiteiros. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 08, n. 01, p. 23-27, 2012.
- FARIA, F. F. *et al.* Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v. 38, n. 09, p. 2498-2505, 2008.
- HINES, W. W. *et al.* Probabilidade e estatística na engenharia. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 604 p.
- LAVOR, C. T. B.; FERNANDES, A. A. O.; SOUSA, F. M. Efeito de materiais isolantes térmicos em aviários no desempenho de frango de corte. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 02, p. 308-316, 2008.
- MEDEIROS, C. M. *et al.* Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 04, p. 277-286, 2005.
- MENDES, A. S. *et al.* Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1/4, p. 5-13, 2010.
- MOHALLEM, D. F. *et al.* Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60 n. 02, p. 449-453, 2008.
- OLIVEIRA, R. F. M. *et al.* Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 03, p. 797-803, 2006.
- PILECCO, M. *et al.* Manejos para redução de arranhões dorsais em frangos de corte. **Revista Agrarian**, v. 04, n. 14, p. 359-366, 2011.
- PONCIANO, P. F. *et al.* Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. **Revista Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 1-13, 2011.
- QUEIROZ, M. L. V.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; VIEIRA, F. M. C. **Avaliação do desempenho térmico de frangos de corte de forma direta e prática**. Campinas: Resvista Avisite: Mundo Agro, 2012.
- RODRIGUES, V. C. *et al.* A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, n. 03, p. 455-459, 2010.
- SILVA, E. G. *et al.* O. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 01, p. 132-141, 2013.
- SILVA, M. A. N. *et al.* Avaliação do estresse térmico em condição simulada de transporte de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 04, p. 1126-1130, 2007.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-53.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. *In*: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. p. 319-344.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2001.