

Seleção de sensores para ensaio de performance térmica de telhas para galpões de aves
Sensors selection for tiles thermal performance test for poultry sheds
Selección de sensores para ensayar el rendimiento térmico de las baldosas para galpones
avícolas

Recebido: 17/11/2020 | Revisado: 22/11/2020 | Aceito: 23/11/2020 | Publicado: 28/11/2020

Brayam Moreira Da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-2452>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: brayammoreira.arq@gmail.com

Mario Mollo Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8341-4190>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: mario.mollo@unesp.br

Resumo

Um dos maiores problemas que o Brasil enfrenta na produção de ovos e de frango de corte é o fator climático, pois o Brasil é um país tropical possuindo condições climáticas inadequadas para a produção dos animais, fazendo com que o desempenho das aves seja menor. Considerando que no presente artigo, espera-se poder selecionar sensores que, no futuro, permitam confirmar se telhas termoacústicas, em substituição às telhas de cerâmicas ou telhas de fibrocimento em galpões legados, podem trazer melhor conforto térmico e reduzir o estresse para as galinhas poedeiras, possibilitando aumento na produção de ovos e diminuição dos efeitos estressores. Estes sensores de baixo custo, produzidos para uso com microcontroladores Arduino, foram selecionados para uma comparação com um *datalogger* comercial. Para verificar a relação entre o *datalogger* e os sensores eletrônicos, construíram-se os gráficos de dispersão, comparando as leituras dos sensores medidos com o padrão utilizado, e avaliou-se o percentual da variância entre as temperaturas e umidades medidas. A avaliação da correlação entre as leituras foi feita com base nos valores dos coeficientes de correlação linear “r” de Pearson. Foram escolhidos os sensores em que as médias foram iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson forte. Assim, concluiu-se que estes sensores escolhidos poderão ser

utilizados em experimento futuro sem grandes investimentos em *dataloggers* devido à sua comprovada equivalência.

Palavras-chave: Equivalência de sensores; Correlação linear; Galpões avícolas.

Abstract

One of the biggest problems that Brazil faces in the production of eggs and broiler chicken is the climatic factor, because Brazil is a tropical country with inadequate climatic conditions for the production of the animals, making the performance of the birds less. Considering that in the present article, it is expected to be able to select sensors that, in the future, will confirm whether thermoacoustic tiles, replacing ceramic tiles or fiber cement tiles in legacy sheds, can bring better thermal comfort and reduce stress for laying hens, making it possible to increase egg production and decrease stressors. These low-cost sensors, produced for use with Arduino microcontrollers, were selected for comparison with a commercial datalogger. To check the relationship between the datalogger and the electronic sensors, scatter plots were constructed, comparing the readings of the measured sensors with the standard used, and the percentage of variance between the measured temperatures and humidity was evaluated. The correlation between the readings was evaluated based on the values of Pearson's linear correlation coefficients "r". Sensors were chosen in which the means were equal, where the two-tailed critical t-test was less than the statistical t and as confirmed by the strong Pearson correlation. Thus, it was concluded that these chosen sensors can be used in a future experiment without major investments in dataloggers due to their proven equivalence.

Keywords: Sensor equivalence; Linear correlation; Poultry houses.

Resumen

Uno de los mayores problemas que enfrenta Brasil en la producción de huevos y pollos de engorde es el factor climático, porque Brasil es un país tropical con condiciones climáticas inadecuadas para la producción de los animales, lo que reduce el rendimiento de las aves. Teniendo en cuenta que en este artículo se espera poder seleccionar sensores que, en el futuro, confirmarán si las baldosas termoacústicas, sustituyendo baldosas cerámicas o baldosas de fibrocemento en galpones heredados, pueden aportar un mejor confort térmico y reducir el estrés de las gallinas ponedoras., lo que permite aumentar la producción de huevos y disminuir los factores de estrés. Estos sensores de bajo costo, producidos para su uso con microcontroladores Arduino, fueron seleccionados para compararlos con un registrador de datos comercial. Para comprobar la relación entre el datalogger y los sensores electrónicos, se

construyeron diagramas de dispersión, comparando las lecturas de los sensores medidos con el estándar utilizado, y se evaluó el porcentaje de varianza entre las temperaturas y la humedad medidas. La correlación entre las lecturas se evaluó con base en los valores de los coeficientes de correlación lineal de Pearson “r”. Se eligieron sensores en los que las medias eran iguales, donde la prueba t crítica de dos colas era menor que la t estadística y como lo confirma la fuerte correlación de Pearson. Por lo tanto, se concluyó que estos sensores elegidos se pueden utilizar en un experimento futuro sin grandes inversiones en registradores de datos debido a su equivalencia probada.

Palabras clave: Equivalencia de sensores; Correlación lineal; Galpones avícolas.

1. Introdução

Um dos maiores problemas que o Brasil enfrenta na produção de ovos e de frango de corte é o fator climático, pois o Brasil é um país tropical possuindo condições climáticas inadequadas para a produção dos animais, devido à alta temperatura e alta umidade relativa do ar, fazendo com que o desempenho das aves seja menor (Oliveira et al, 2016).

Torres Júnior et al. (2008) ressaltam que o maior problema das instalações agrícolas nos trópicos se relaciona com a inadequação térmica, elevada umidade relativa e à baixa velocidade do ar, o que reduz a capacidade de transferência de energia e aumenta o estresse térmico de seus ocupantes, sendo proporcionada pela ação dos elementos meteorológicos. Segundo Carvalho et al. (2011) as condições térmicas acima da zona de conforto admissível podem comprometer o desempenho dos animais de produção.

Segundo Yanagi et al. (2011) o ambiente de produção exerce papel fundamental na avicultura, pois busca alcançar alta produtividade dentro dos espaços físicos e tempos relativamente reduzidos.

A temperatura do ambiente na avicultura é um fator importante para o sucesso da atividade, pois as poedeiras são bastante sensíveis às mudanças de temperatura e umidade, o que pode acarretar na queda do desempenho, mortalidade e produtividade, por isso é necessário tomar medidas que venham proporcionar um ambiente térmico aceitável dentro da zona de conforto (Riquena et al., 2019)

Os materiais utilizados para edificar diferentes tipos de galpões são determinantes para uma condição térmica adequada para a produção de ovos, ao qual devesse considerar os tipos de materiais utilizados principalmente na cobertura, pois o calor gerado pelas poedeiras e aquele proveniente da radiação solar, são as duas fontes principais de calor no interior das

edificações, a radiação solar que atua dentro da edificação através do telhado, poderá influenciar com maior intensidade o ambiente interno dependendo do material utilizado no telhado (Tinôco, 2001).

Com isso, nas instalações de animais o telhado tem papel fundamental na determinação das suas trocas térmicas, principalmente em regiões com clima quente (Turnpenny et al., 2000), a temperatura interna do ambiente é muito influenciada pelo telhado, pois este absorve e repele grande parte da energia proveniente da radiação solar e transmite para o interior das edificações, aumentando a temperatura interna, por meio do ganho térmico, isso ocorre devido à grande área de interceptação de radiação que o telhado ocupa (Almeida et al, 2013).

A temperatura e umidade do ar devido aos climas subtropicais e tropicais das regiões do Brasil são limitantes ao desenvolvimento, produção e reprodução dos animais, em razão do estresse a eles associado, sendo assim os materiais a serem utilizados para a confecção das instalações dos animais devem permitir bom isolamento térmico para que o ambiente interno dessas instalações seja menos influenciado pela variação climática proporcionando um ambiente agradável (Padilha et al., 2001).

A avicultura é uma atividade que depende muito do conforto térmico, devido ao fato das poedeiras terem passado por um avançado e melhoramento genético, apresentando assim elevado potencial produtivo, de modo que é necessário uma estrutura adequada para manter e dar continuidade a essa evolução, pois precisamos manter as poedeiras protegidas dos efeitos ambientais externos (Silva, 2001).

O uso de materiais adequados de cobertura nos galpões de produção animal promove a redução da carga térmica interna do ambiente quando comparado com situações de exposição à radiação solar direta, melhorando assim o conforto térmico dos ocupantes (Baêta & Souza, 2010).

A cobertura é o elemento construtivo que tem maior significância em um galpão de aves em relação ao controle da radiação solar incidente para o conforto térmico (Nääs et al, 2001).

Assim, justifica-se o monitoramento eletrônico para a avaliação da performance térmica dos diferentes tipos de cobertura disponíveis.

Camerini et al. (2011) demonstram em seu trabalho que as pesquisas realizadas para monitoramento das condições de conforto térmico no ambiente interno da produção avícola têm utilizado de *dataloggers* alternativos para a aferição de variáveis do ambiente interno (temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro, temperatura de ponto de orvalho,

temperatura e umidade, entalpia, umidade relativa do ar, temperatura efetiva, velocidade do vento e temperatura do ar), não os *dataloggers* convencionais, segundo Mollo et al. (2015) isso ocorre devido os *dataloggers* convencionais serem muito caros e demandarem de um *software* especial (fornecido pelo próprio fabricante do *datalogger*) para a transferência dos dados do aparelho para o computador pessoal, ocorrendo assim o aumento do custo de monitoramento e de necessidade de habilidades específicas para utilizar o *datalogger*.

Assim, uma forma de realizar a comparação entre os sensores e o *datalogger* é a correlação estatística.

A correlação estatística é utilizada para várias situações em que se objetiva estudar o comportamento do conjunto de variáveis, verificando se essas variáveis se relacionam ou não, de modo que a correlação não tem o intuito de que uma variável venha prever o valor da outra, mas sim informar se uma é igual ou parecida com a outra (Devore, 2006).

A correlação é uma forma de associação bivariada do grau de relacionamento que ocorre entre duas variáveis, tendo uma mensuração da direção e do grau de relação linear que existe entre as variáveis, sendo assim o coeficiente de correlação de Person é uma medida de associação linear entre variáveis (Garson, 2009; Moore et al., 2007).

A correlação é utilizada para avaliar o grau de relacionamento ou associação entre duas ou mais variáveis, de modo que as técnicas associadas à análise de correlação representam uma ferramenta importante nas Ciências Sociais, nas Engenharias e nas Ciências Naturais, existem diversos critérios de avaliação de correlação, alguns próprios para variáveis que seguem uma distribuição normal e outros para variáveis que não seguem uma distribuição normal, o Coeficiente de Correlação de Pearson é o mais comum, porém existem situações em que o relacionamento entre duas variáveis não é linear, ou não é contínua ou as observações não foram selecionadas aleatoriamente, nestes casos é necessário a utilização de outros coeficientes de relação (Guimarães, 2005).

Feitas estas considerações, temos que o problema ao qual essa pesquisa busca responder é: “Os sensores desenvolvidos para a plataforma Arduino são equivalentes aos *dataloggers* convencionais? ”.

Diante desse contexto, no presente artigo, o objetivo reside em poder selecionar sensores desenvolvidos para a plataforma de microcontroladores Arduino (2019), a serem instalados no interior de três modelos reduzidos distorcidos de galpões que, no futuro, em novo experimento, permitam confirmar se telhas termoacústicas, em substituição às telhas de cerâmicas ou telhas de fibrocimento em galpões legados, possam trazer melhor conforto

térmico e reduzir o estresse para as galinhas poedeiras e frangos de corte, possibilitando aumento na produção de proteína e de ovos com a diminuição dos efeitos estressores.

Justificando-se, ainda, na necessidade de implantação de ferramentas alternativas para a avaliação do conforto térmico no interior dos galpões de produção de aves, com baixos custos, como pode ser visto nas pesquisas de Nardone et al. (2010), Powers et al. (2013), Chasea et al. (2014); Soutullo et al. (2014); Megersa et al. (2014); Silva et al. (2014) e Mollo et al. (2020) que buscaram e apresentaram meios de avaliar e acompanhar as mudanças climáticas que o ambiente interno sofre no decorrer do dia, demonstrando a importância de se investir em inovação e tecnologia para melhorar o ambiente interno de produção de aves de corte e poedeiras no Brasil.

2. Metodologia

O presente experimento foi realizado na Faculdade de Ciências e Engenharia (FCE) UNESP “Universidade Júlio de Mesquita Filho” de Tupã - SP, que se encontra na latitude 21°55'40.9"S e longitude de 50°29'30.8"W e 530 m de altitude. A cidade de Tupã possui clima tropical (Cwa na classificação de Köppen) se encontra a 7 metros do nível do mar, com médias de temperatura máxima de 29,3°C e mínima de 19,6°C e precipitação média anual de 1365 mm.

A técnica de pesquisa adotada para este artigo, que segundo Pereira, A. S. et al (2018), nos métodos quantitativos, “faz-se a coleta de dados quantitativos ou numéricos por meio do uso de medições de grandezas e obtém-se por meio da metrologia, números com suas respectivas unidades. Estes métodos geram conjuntos ou massas de dados que podem ser analisados por meio de técnicas matemáticas como é o caso das porcentagens, estatísticas e probabilidades, métodos numéricos, métodos analíticos e geração de equações e/ou fórmulas matemáticas aplicáveis a algum processo”. Desta forma, foi adotada a prospecção de documentos científicos e outros tipos de documentos por meio da prospecção das bases de artigos científicos e análise quantitativa dos dados obtidos por meio da técnica de testes com a coleta de dados de sensores e a avaliação por meio da estatística.

A possibilidade de uso dos sensores DHT com microcontrolador Arduino reduzirão, para os criadores de aves os investimentos para acompanhamento do ambiente térmico dos aviários e, isso só será possível se os sensores, comprovadamente tiverem leituras equivalentes. Para buscar a confirmação desta equivalência, os seguintes passos foram executados:

Utilizou-se o *datalogger* Hobo modelo U12-012 com sensor de temperatura e umidade como padrão base para as leituras e comparações buscando a equivalências.

As coletas de temperaturas foram realizadas em laboratório de circuitos digitais da Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE da Unesp de Tupã, com os aparelhos de ar condicionado ajustados para a temperatura de 26°C. Todos os 12 sensores DHT22 a serem testados foram colocados lado a lado do *datalogger* Hobo neste ambiente de temperatura controlada para a coleta dos dados com o microcontrolador Arduino. Estes sensores no futuro serão instalados em três diferentes modelos reduzidos e distorcidos de galpões de produção.

Foram realizadas 350 leituras em cada rodada para cada um dos 12 sensores em conjunto com o *datalogger* Hobo. Estas leituras foram divididas em 10 conjuntos de 35 leituras para se obterem as médias para as comparações.

Realizou-se uma primeira rodada de testes com o conjunto de micros sensores eletrônicos conectados ao Arduino com o *Firmware* (Programa interno do microcontrolador) original sem fatores de correção, a seguir repetiu-se o conjunto de testes numa segunda rodada, já com os fatores de correção inseridos num novo *Firmware*.

As leituras das temperaturas e umidades foram coletadas entre as datas de 21/02/2020 até a data de 29/02/2020, totalizando 12.386 leituras. Destas leituras, foram separadas 1432 leituras de temperatura e 1432 leituras de umidade por dia das 0:00h até às 23:59h, com uma leitura a cada minuto aproximadamente para cada uma das variáveis. Estes dados foram transcritos de cartões SD dos coletores com microcontrolador Arduino para planilhas Excel, nas quais se efetuaram as análises estatísticas. Foram construídos os gráficos das médias dos dez conjuntos de leituras para cada um dos micros sensores versus o *datalogger* Hobo.

Para verificar a relação entre o *datalogger* Hobo e os micros sensores eletrônicos DHT22 construíram-se os gráficos de dispersão, conforme descrito por Pereira (2016) comparando as leituras dos sensores medidos com o padrão utilizado, dos quais foram obtidas as equações lineares de ajuste e seus respectivos coeficiente de determinação (R^2) que representam o percentual da variância entre as temperaturas medidas, em cada caso, que pode ser representado a partir do comportamento em função da outra.

A avaliação da correlação entre as leituras foi avaliada com base nos valores dos coeficientes de correlação linear “r” de Pearson apresentados na Tabela 01 por Devore (2006).

Tabela 1. Coeficiente de correção estatística, ou coeficiente de correção de Pearson.

r	Definição
0,00 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Devore (2006).

A Tabela 1 mostra as faixas nas quais pode-se dividir, Segundo Devore (2006), os valores dos coeficientes de correlação linear “r” de Pearson com base nos graus de correlação.

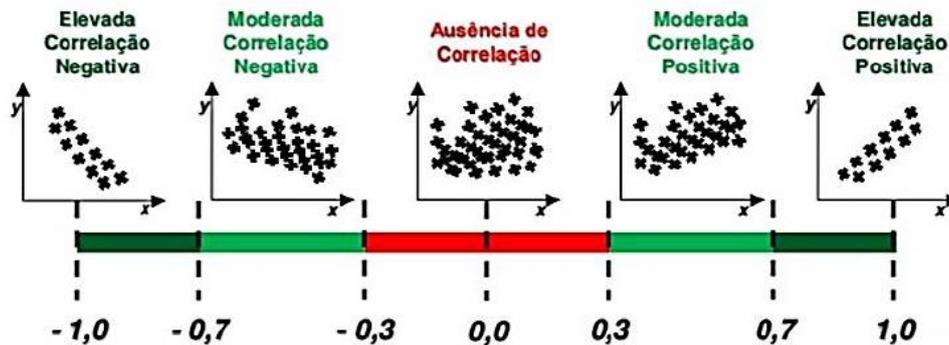
Segundo o mesmo autor, o coeficiente de correção estatística, ou coeficiente de correção de Pearson pode ser obtido por meio da equação 1:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}} \quad \text{Eq. 1}$$

Assim, segundo os resultados possíveis da equação 1, temos que o valor de “r” estará sempre no intervalo de -1 a 1. O sinal positivo indica que as variáveis são diretamente proporcionais, enquanto que o sinal negativo indica que a relação entre as variáveis é inversamente proporcional.

De maneira gráfica, a mesma informação pode ser obtida dos intervalos adaptados por Pereira (2016) e apresentados na Figura 1.

Figura 1. Interpretação da relação entre as variáveis com uso do coeficiente de correlação linear “r”.



Fonte: Pereira (2016) e adaptado de Devore (2006).

A Figura 1 traz de maneira gráfica a possível divisão dos graus de correlação no intervalo -1 e 1, com as intensidades correspondentemente.

Com os gráficos de dispersão, foram avaliados os 12 sensores, de forma a selecionar aqueles que apresentaram a melhor correlação.

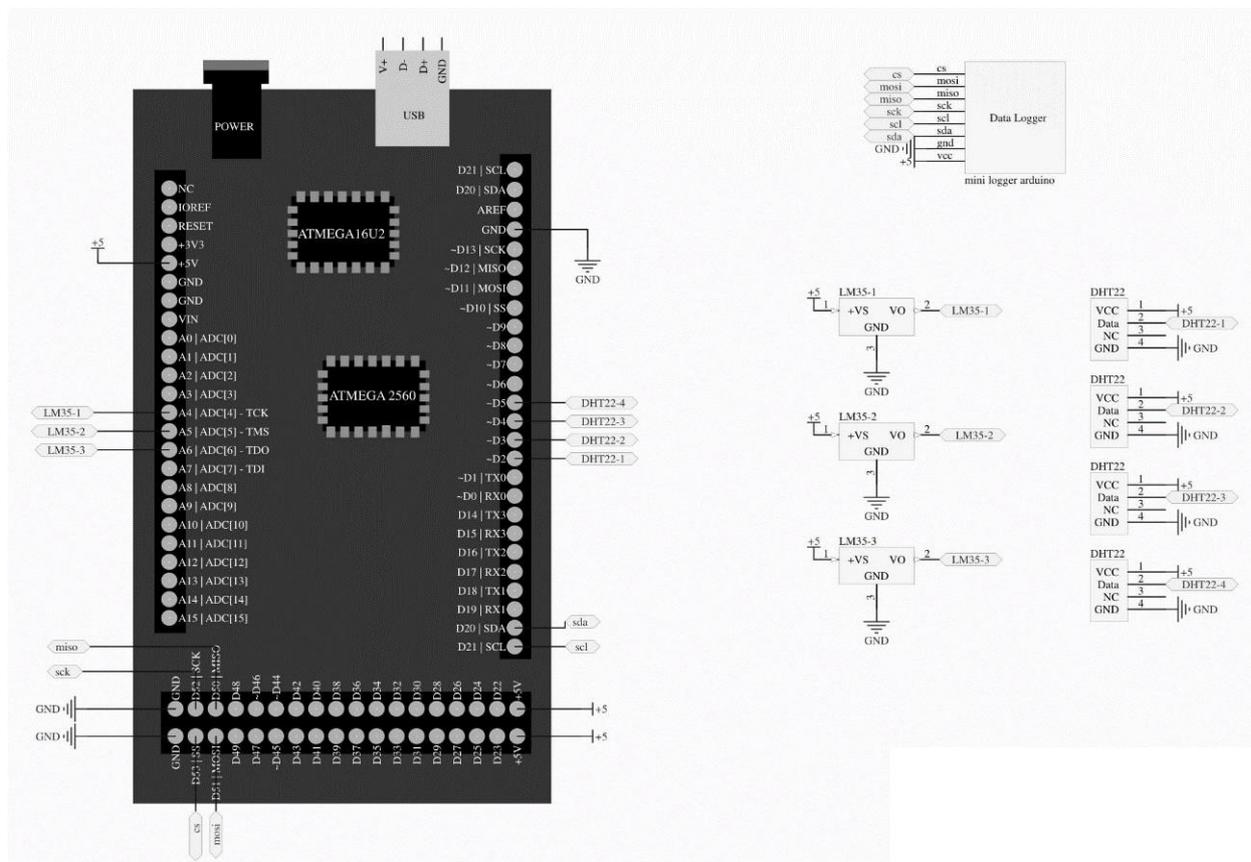
Na sequência foram feitos, utilizando-se o Excel 365, testes t (5%) para verificar se a diferença entre as médias das leituras de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%) do Arduino e do *datalogger* Hobo eram iguais. Após a verificação da similaridade entre as médias teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson com valores elevados.

3. Resultados

3.1 Construção do *hardware* de coleta de dados

O *hardware* construído com o Arduino Mega teve a função de coletar dados de temperatura e umidade por meio dos micros sensores DHT22 para os testes de similaridade, de modo que os sensores são interligados no Arduino Mega 2560 R3, fazendo com que automaticamente sejam convertidos os dados de natureza analógica (tensões elétricas) para digital, permitindo que o algoritmo do *firmware* desenvolvido que está embarcado no Arduino Mega, possa medir as temperaturas e umidades e, na sequência às leituras, armazenar os valores em um arquivo de texto no cartão micro SD. A Figura 2 exibe o diagrama de conexões do *hardware* desenvolvido.

Figura 2. Diagrama de interligações do *hardware* desenvolvido e sensores.



Fonte: Autores.

A Figura 2 tem, em seu corpo, ao lado esquerdo a representação da placa controladora microprocessada Arduino modelo Mega 2560 R3 com suas respectivas indicações de portas para conexão dos sensores, indicados ao lado direito devidamente numerados para a futura reprodução pelos leitores, caso seja necessário.

3.2 Desenvolvimento do *firmware* para coleta de dados com Arduino

Foi desenvolvido um *firmware* com algoritmo para a leitura simultânea de variáveis de temperatura, umidade dos 12 sensores com o *software* para desenvolvimento Arduino na versão 1.8.11 obtido em Arduino (2019) em linguagem de programação C, onde os dados coletados são salvos em um micro SD em arquivo de texto para depois serem transferidos para planilhas do Excel para as devidas análises.

3.3 Médias obtidas para os conjuntos de leituras de temperaturas e umidades

Foram realizadas 350 leituras para o sensor DHT22 1A em conjunto com o *datalogger* Hobo. Estas leituras foram divididas em 10 conjuntos de 35 leituras para se obterem as médias das temperaturas que podem ser vistas na Tabela 2.

Tabela 2. Grupos de médias dos 10 conjuntos de 35 leituras de temperaturas do sensor DHT22 1A.

Média	Temp.°C HOBO	Tempertaura DHT22 - 1A
1	26,38	25,88
2	26,58	26,39
3	26,65	26,56
4	26,76	26,61
5	26,81	26,73
6	26,82	26,80
7	26,79	26,76
8	26,72	26,70
9	26,60	26,69
10	26,50	26,55
<i>Correlação</i>	<i>Temp.°C HOBO</i>	<i>Tempertaura DHT22 - 1A</i>
Temp.°C HOBO	1	
Tempertaura DHT22 - 1A	0,855001066	1

Fonte: Autores.

Nesta Tabela 2 são apresentadas as médias obtidas dos 10 grupos de 35 leituras de temperaturas efetuadas tanto para o *datalogger* Hobo como para o sensor DHT22 1^a e, no destaque em vermelho, já é possível observar-se o grau de correlação entre as duas medidas. A Tabela 3 apresenta o teste *t* realizado para o sensor DHT22 1A quanto às leituras das temperaturas:

Tabela 3. Resultados para o teste t do sensor DHT22 1A.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	Temp. °C HOBO	Tempertaura DHT22 - 1A
Média	26,66128571	26,56685714
Variância	0,021581933	0,07331737
Observações	10	10
Variância agrupada	0,047449651	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	18	
Stat t	0,969330571	
P(T<=t) uni-caudal	0,172612936	
t crítico uni-caudal	1,734063607	
P(T<=t) bi-caudal	0,345225872	
t crítico bi-caudal	2,10092204	

Fonte: Autores.

Nesta Tabela 3 são apresentados os resultados do teste t para as médias obtidas dos 10 grupos de 35 leituras de temperaturas efetuadas tanto para o *datalogger* Hobo como para o sensor DHT22 1^a e, no destaque em vermelho, é possível observar-se que adotou-se zero para a hipótese da diferença de média, o valor do t estatístico e o valor do t crítico bi-caudal que foram base para a avaliação das equivalências entre os dois dispositivos de coleta de dados.

Da mesma forma, como os sensores DHT22 são duplos, ou seja, cada um guarda em si um sensor de temperatura e um sensor de umidade relativa, foram realizadas mais 350 leituras para o sensor DHT22 1A em conjunto com o *datalogger* Hobo. Estas leituras também foram divididas em 10 conjuntos de 35 leituras para se obterem as médias das umidades relativas que podem ser vistas na Tabela 4.

Tabela 4. Grupos de médias dos 10 conjuntos de 35 leituras de umidades relativas do sensor DHT22 1A.

Média	UM% - HOBO	DHT22 - 1A
1	59,87	56,85
2	70,39	58,36
3	73,96	72,77
4	73,51	76,86
5	73,43	75,23
6	74,04	74,77
7	74,61	75,61
8	75,31	76,08
9	75,92	76,66
10	76,40	77,44
<i>Correlação</i>	<i>UM% - HOBO</i>	<i>DHT22 - 1A</i>
UM% - HOBO	1	
DHT22 - 1A	0,862749787	1

Fonte: Autores.

Nesta Tabela 4 são apresentadas as médias obtidas dos 10 grupos de 35 leituras de umidades relativas do ar efetuadas tanto para o *datalogger* Hobo como para o sensor DHT22 1^a e, no destaque em vermelho, já é possível observar-se o grau de correlação entre as duas medidas.

A Tabela 5 apresenta o teste *t* realizado para o sensor DHT22 1A quanto às leituras das umidades relativas:

Tabela 5. Resultados para o teste *t* do sensor DHT22 1A.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	UM% - HOBO	DHT22 - 1A
Média	72,74289714	72,06257143
Variância	23,2234238	59,89700218
Observações	10	10
Variância agrupada	41,56021299	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	18	
Stat t	0,235973376	
P(T<=t) uni-caudal	0,408058748	
t crítico uni-caudal	1,734063607	
P(T<=t) bi-caudal	0,816117495	
t crítico bi-caudal	2,10092204	

Fonte: Autores.

Nesta Tabela 5 são apresentados os resultados do teste t para as médias obtidas dos 10 grupos de 35 leituras das umidades relativas do ar efetuadas tanto para o *datalogger* Hobo como para o sensor DHT22 1ª e, no destaque em vermelho, é possível observar-se que adotou-se zero para a hipótese da diferença de média, o valor do t estatístico e o valor do t crítico bi-caudal que foram base para a avaliação das equivalências entre os dois dispositivos de coleta de dados.

Após a obtenção destes resultados, o método aplicado replicado para os demais sensores.

Assim, o mesmo procedimento de cálculos foi aplicado aos demais 11 sensores (DHT22 - 1B, 1C, 1D; 2A, 2B, 2C, 2D; 3A, 3B, 3C e 3D tanto para os resultados mensurados para as temperaturas do ar quanto para as umidades relativas do ar.

O resumo dos resultados pode ser visto no resumo geral compilado na Tabela 6.

Tabela 6. Resumo dos Resultados para as análises estatísticas dos 12 sensores DHT22.

Sensor DHT	Medição	Stat t	t crítico bi-caudal	Correlação Pearson	R ²	Tipo de Correlação	
1A	Temperatura	0,969330571	2,10092204 (Resultado igual para todos os casos estudados).	0,85500107	0,731	Positiva Forte	
	Umidade	0,235973376		0,86274979	0,7443	Positiva Forte	
1B	Temperatura	3,377089443*		0,89016683	0,7924	Positiva Forte	
	Umidade	0,128291581		0,86946974	0,756	Positiva Forte	
1C	Temperatura	4,134434882*		0,89843558	0,8072	Positiva Forte	
	Umidade	0,985332907		0,87187091	0,7602	Positiva Forte	
1D	Temperatura	1,254673812		0,89609558	0,803	Positiva Forte	
	Umidade	1,339934087		0,87361865	0,7632	Positiva Forte	
2A	Temperatura	1,156629322		0,89004524	0,7922	Positiva Forte	
	Umidade	-0,161984045		0,96893882	0,9388	Positiva Muito Forte	
2B	Temperatura	2,114704984*		0,87173509	0,7599	Positiva Forte	
	Umidade	-0,477122679		0,97178587	0,9444	Positiva Muito Forte	
2C	Temperatura	2,697424873*		0,84098999	0,7073	Positiva Forte	
	Umidade	0,714307456		0,9727272	0,9462	Positiva Muito Forte	
2D	Temperatura	3,091085392*		0,85849586	0,737	Positiva Forte	
	Umidade	0,970689983	0,97309345	0,9469	Positiva Muito Forte		
3A	Temperatura	4,430492379*	0,936046	0,8762	Positiva Forte		
	Umidade	-0,56509661	0,97122516	0,9433	Positiva		

					Muito Forte
3B	Temperatura	1,950333055	0,92062618	0,8476	Positiva Forte
	Umidade	-0,65801445	0,97345764	0,99476	Positiva Muito Forte
3C	Temperatura	3,473421475*	0,89388748	0,799	Positiva Forte
	Umidade	0,964795124	0,97632027	0,9532	Positiva Muito Forte
3D	Temperatura	2,360405076*	0,8781448	0,7711	Positiva Forte
	Umidade	-0,808568428	0,97624387	0,9531	Positiva Muito Forte

Fonte: Autores.

Esta Tabela 6, traz o resumo dos Resultados obtidos para o t estatístico, para o t crítico bi-caudal, as correspondentes correlações de Pearson encontradas e o tipo classificação de correlação indicada para as análises estatísticas obtidas dos ensaios dos 12 sensores DHT22 do experimento.

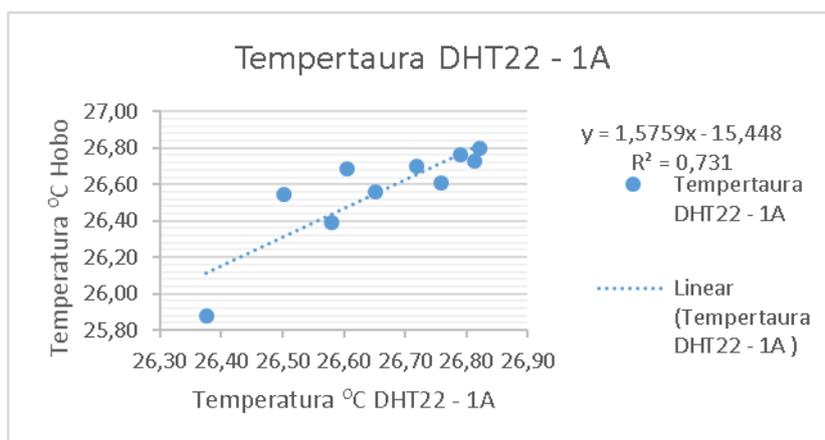
Os valores em destaque apresentam as escolhas dos sensores para cada um dos três modelos reduzidos e distorcidos de galpão de produção de aves.

3.4 Diagramas de dispersão da temperatura e umidade obtidos dos sensores

Para verificar a relação entre o datalogger Hobo e as respostas obtidas dos sensores eletrônicos DHT22 construíram-se os gráficos de dispersão, conforme descrito por Pereira (2016) comparando as leituras dos sensores medidos com o padrão utilizado (*datalogger* HOBO), dos quais foram obtidas as equações lineares de ajuste e seus respectivos coeficiente de determinação (R^2) que representam o percentual da variância entre as temperaturas medidas, em cada caso, que pode ser representado a partir do comportamento em função da outra.

A Figura 3 apresenta os resultados para o sensor 1A.

Figura 3. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 1A.

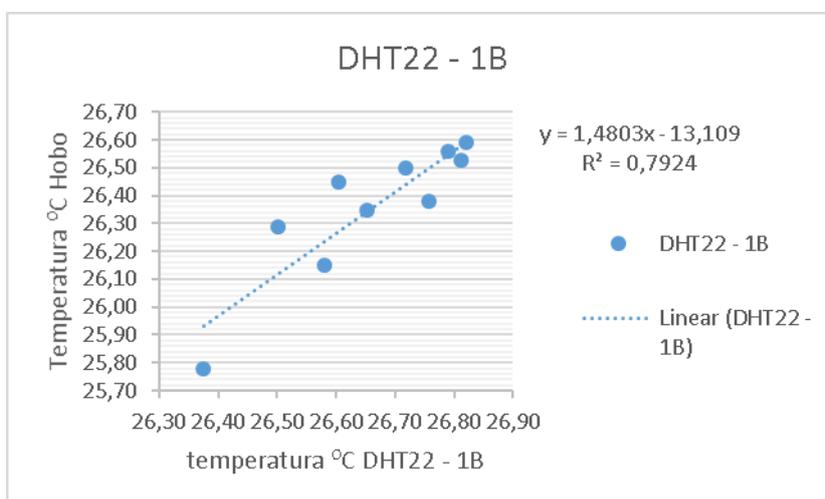


Fonte: Autores.

Nesta Figura 3 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,731 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-1A).

A Figura 4 apresenta os resultados para o sensor 1B que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 4. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 1B.

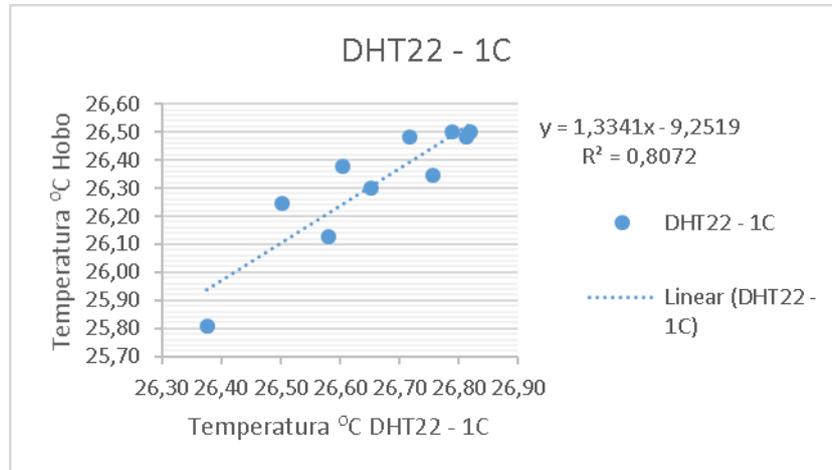


Fonte: Autores.

Nesta Figura 4 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,7924 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-1B).

A Figura 5 apresenta os resultados para o sensor 1C que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 5. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 1C.

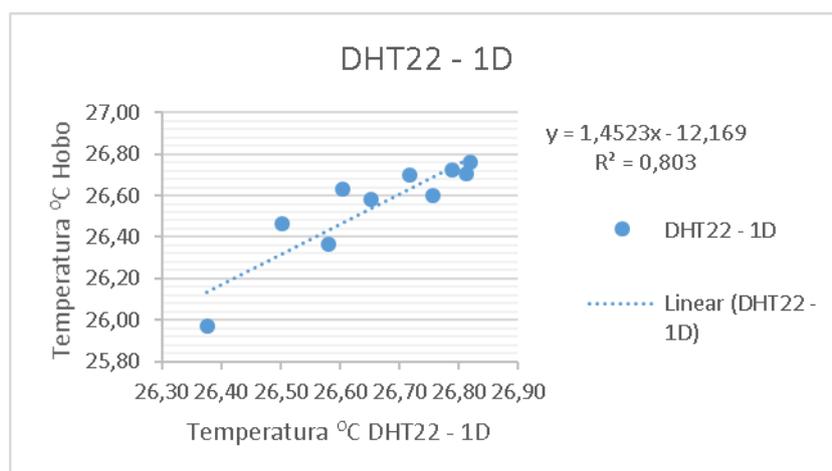


Fonte: Autores.

Nesta Figura 5 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,8072 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-1C).

A Figura 6 apresenta os resultados para o sensor 1D que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 6. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 1D.

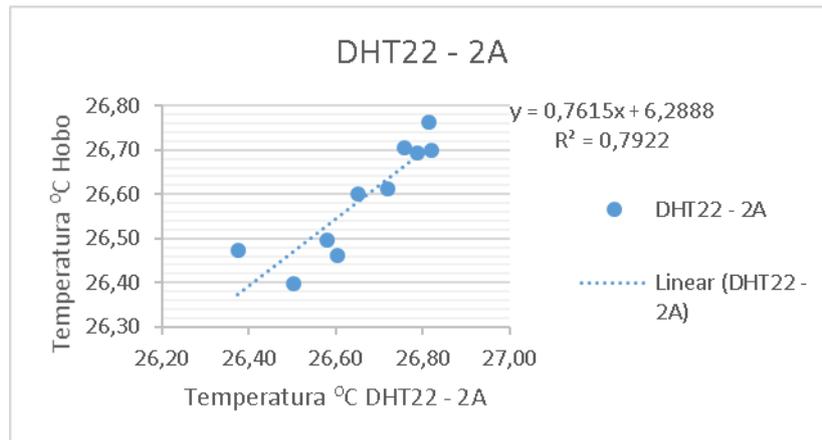


Fonte: Autores.

Nesta Figura 6 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,803 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-1D).

A Figura 7 apresenta os resultados para o sensor 2A que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 7. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 2A.

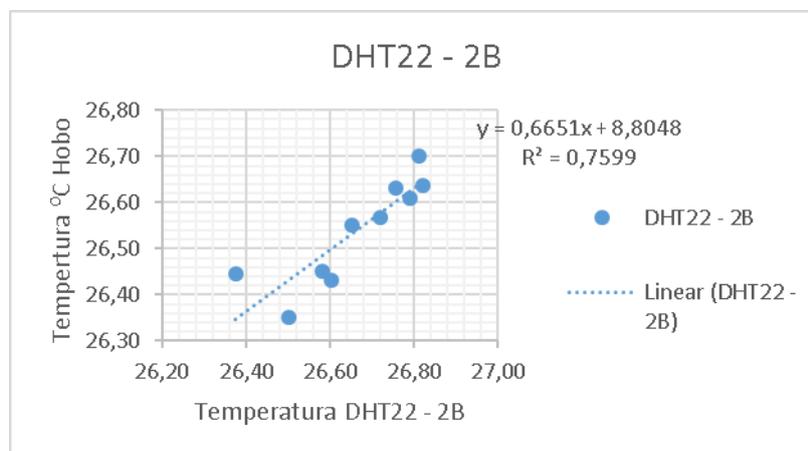


Fonte: Autores.

Nesta Figura 7 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,7922 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-2A).

A Figura 8 apresenta os resultados para o sensor 2B que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 8. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 2B.

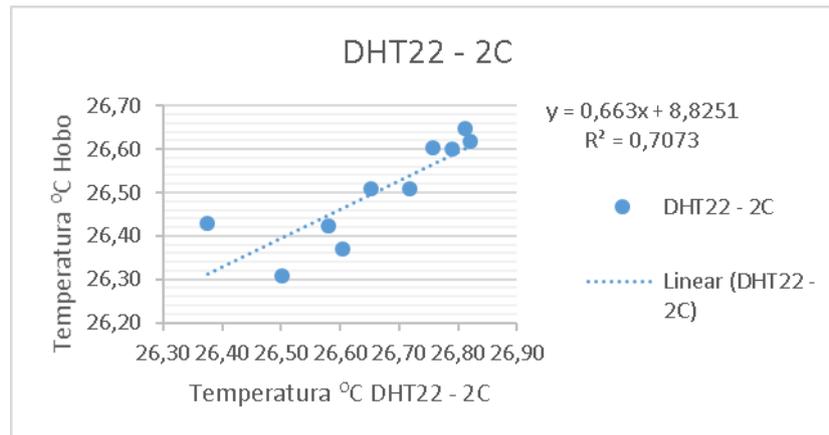


Fonte: Autores.

Nesta Figura 8 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,7599 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-2B).

A Figura 9 apresenta os resultados para o sensor 2C que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 9. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 2C.

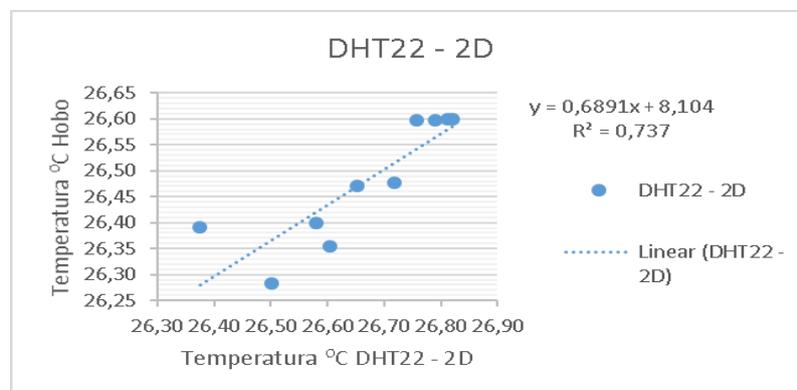


Fonte: Autores.

Nesta Figura 9 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,7073 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-2C).

A Figura 10 apresenta os resultados para o sensor 2D que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 10. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 2D.

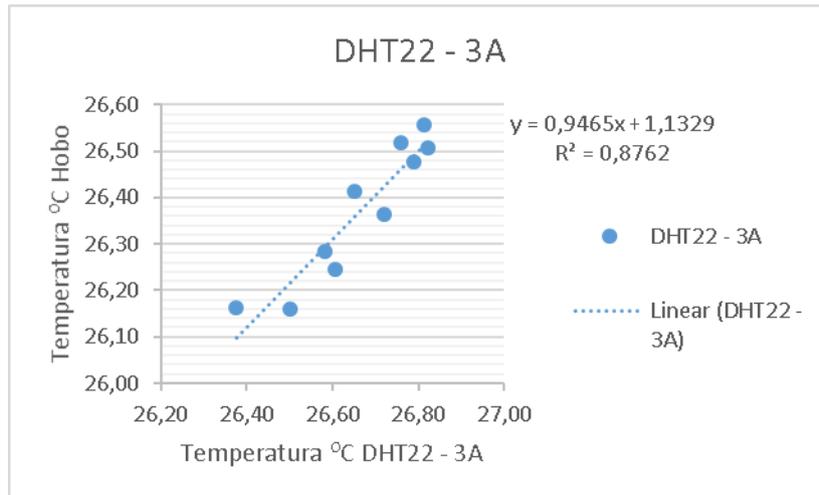


Fonte: Autores.

Nesta Figura 10 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,737 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-2D).

A Figura 11 apresenta os resultados para o sensor 3A que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 11. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 3A.

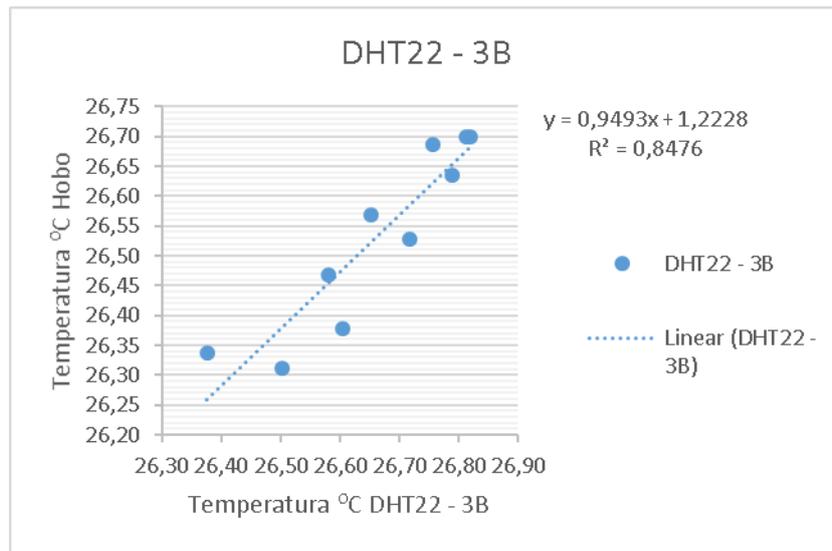


Fonte: Autores.

Nesta Figura 11 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,8762 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-3A).

A Figura 12 apresenta os resultados para o sensor 3B que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 12. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 3B.

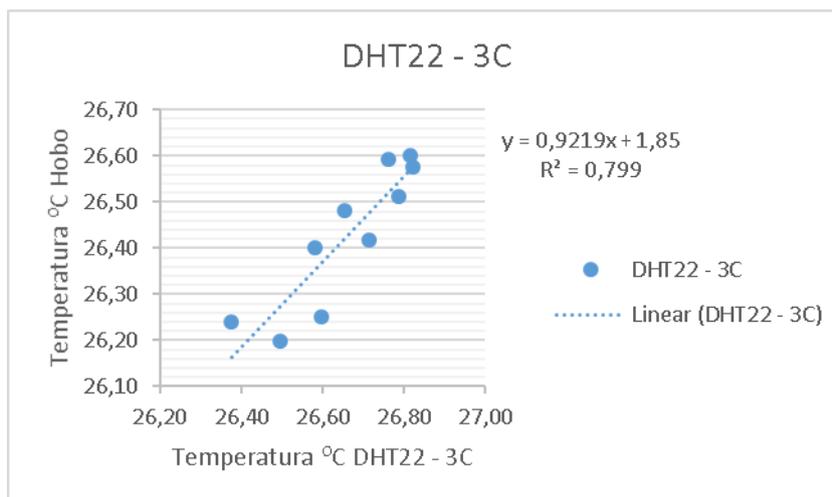


Fonte: Autores.

Nesta Figura 12 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,8476 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-3B).

A Figura 13 apresenta os resultados para o sensor 3C que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 13. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 3C.

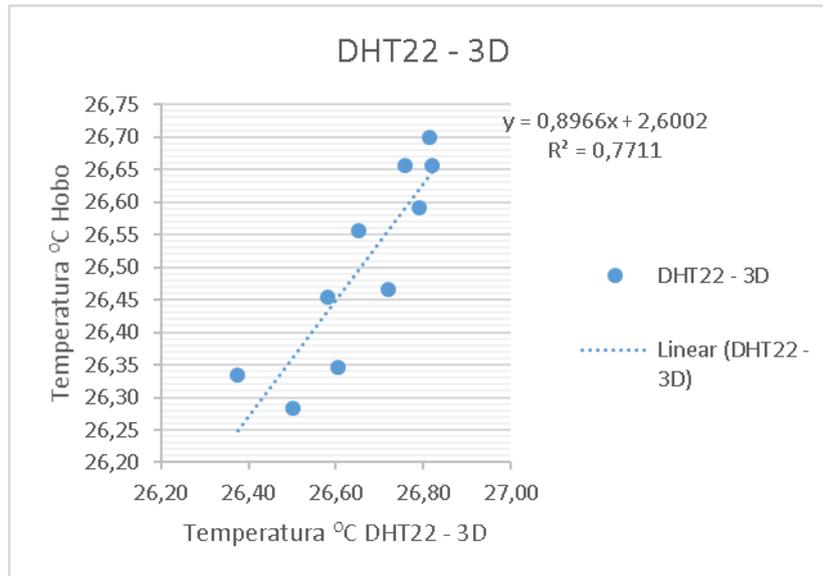


Fonte: Autores.

Nesta Figura 13 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,799 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-3C).

A Figura 14 apresenta os resultados para o sensor 3D que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de temperatura.

Figura 14. Diagrama de dispersão da temperatura obtido para o sensor DHT22 3D.

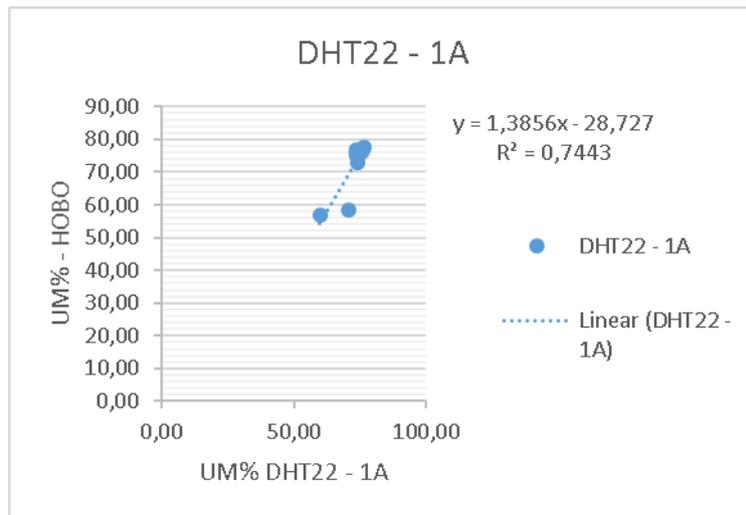


Fonte: Autores.

Nesta Figura 14 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,7711 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-3D).

A Figura 15 apresenta os resultados para o sensor 1A que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 15. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 1A.

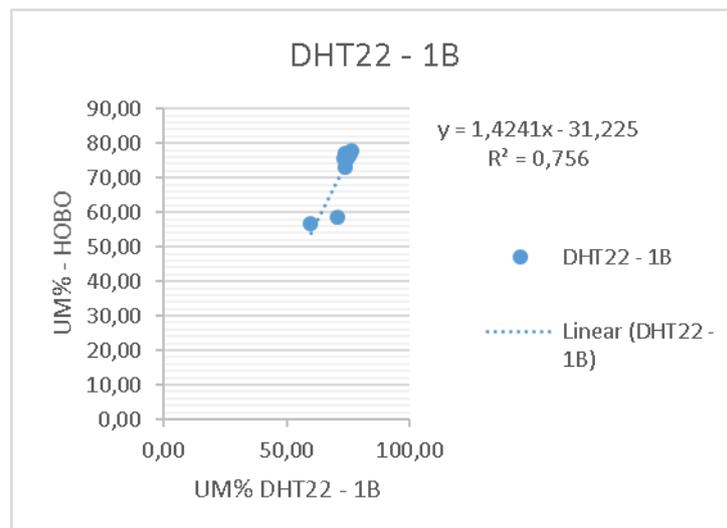


Fonte: Autores.

Nesta Figura 15 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,7443 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-1A).

A Figura 16 apresenta os resultados para o sensor 1B que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 16. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 1B.

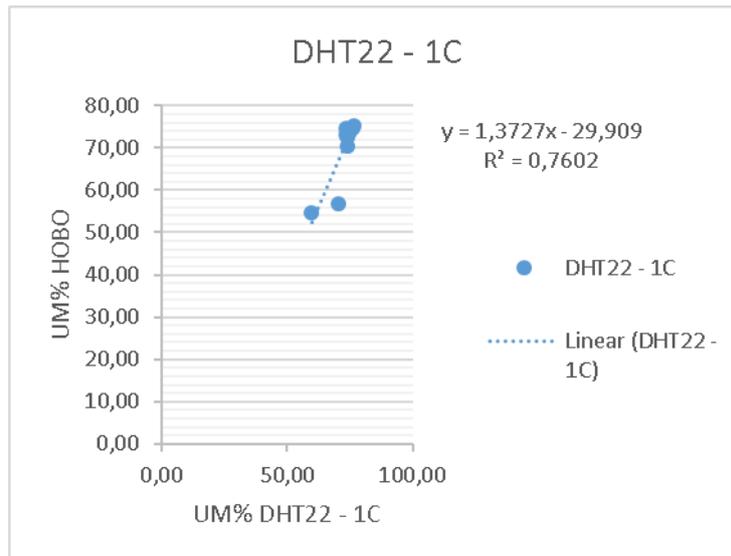


Fonte: Autores.

Nesta Figura 16 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,756 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-1B).

A Figura 17 apresenta os resultados para o sensor 1C que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 17. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 1C.

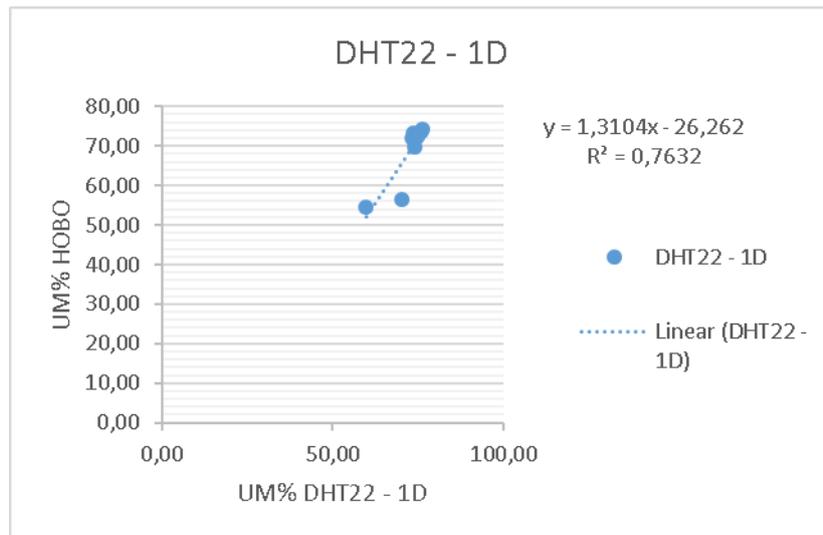


Fonte: Autores.

Nesta Figura 17 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,7602 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-1C).

A Figura 18 apresenta os resultados para o sensor 1D que apresenta também uma correlação positiva Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 18. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 1D.

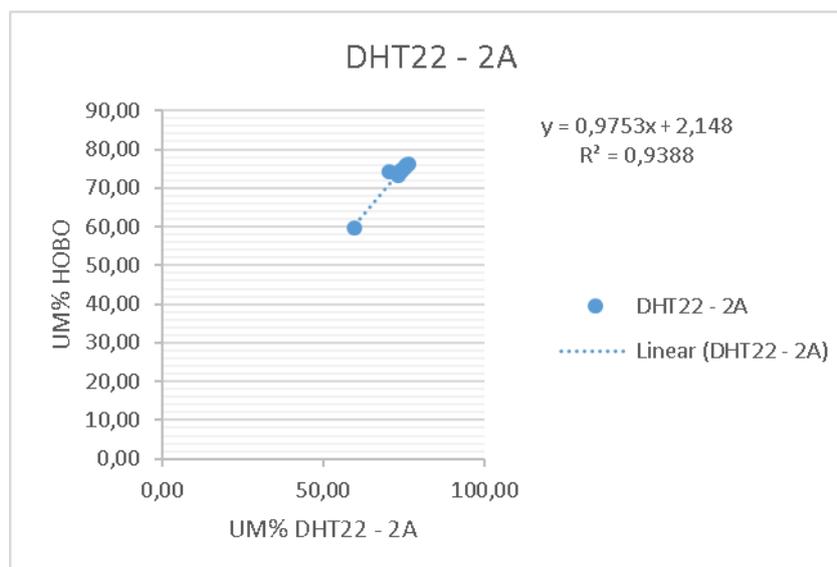


Fonte: Autores.

Nesta Figura 18 temos a visualização da reta de correlação positiva Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,7632 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-1D).

A Figura 19 apresenta os resultados para o sensor 2A que apresenta também uma correlação positiva Muito Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 19. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 2A.

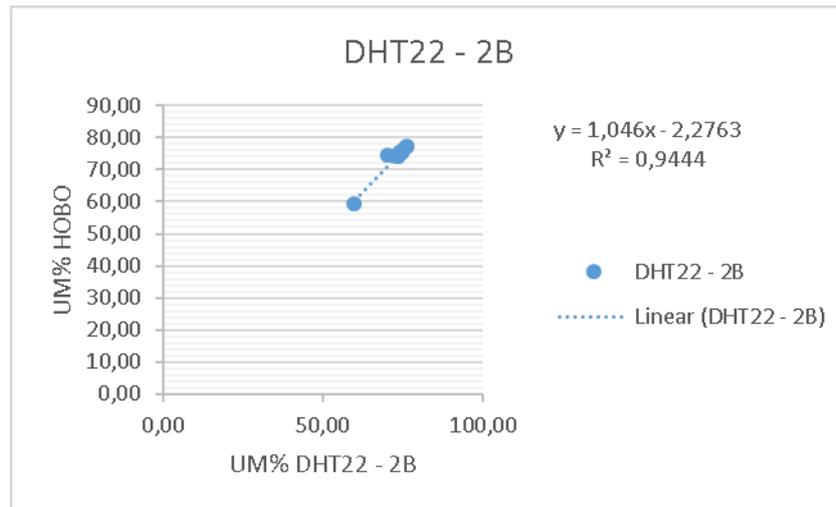


Fonte: Autores.

Nesta Figura 19 temos a visualização da reta de correlação positiva Muito Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,9388 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-2A).

A Figura 20 apresenta os resultados para o sensor 2B que apresenta também uma correlação positiva Muito Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 20. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 2B.

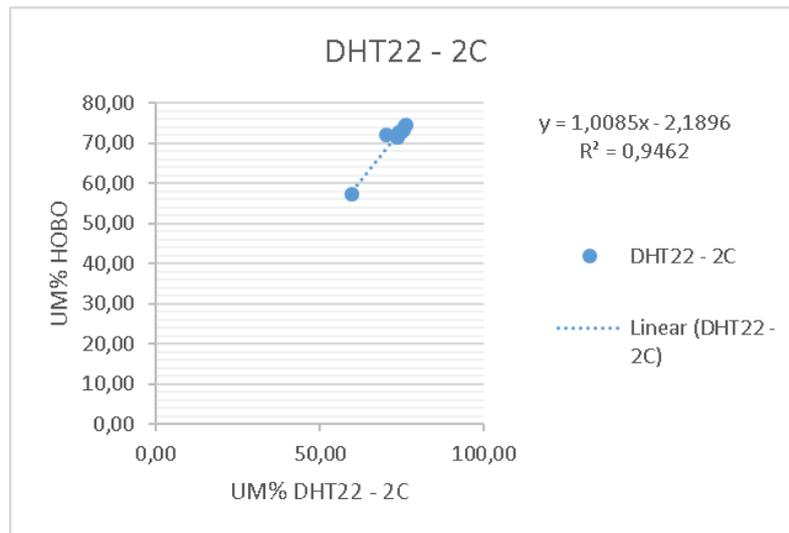


Fonte: Autores.

Nesta Figura 20 temos a visualização da reta de correlação positiva Muito Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,9444 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-2B).

A Figura 21 apresenta os resultados para o sensor 2C que apresenta também uma correlação positiva Muito Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 21. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 2C.

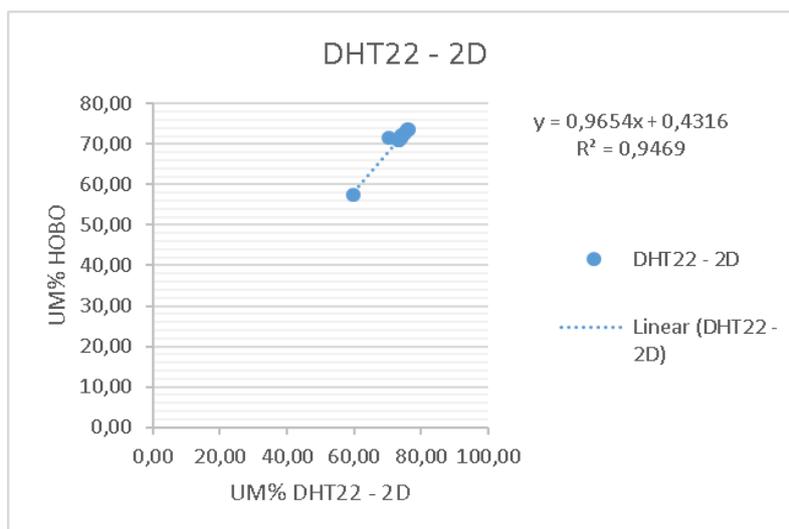


Fonte: Autores.

Nesta Figura 21 temos a visualização da reta de correlação positiva Muito Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,9462 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-2C).

A Figura 22 apresenta os resultados para o sensor 2D que apresenta também uma correlação positiva Muito Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 22. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 2D.

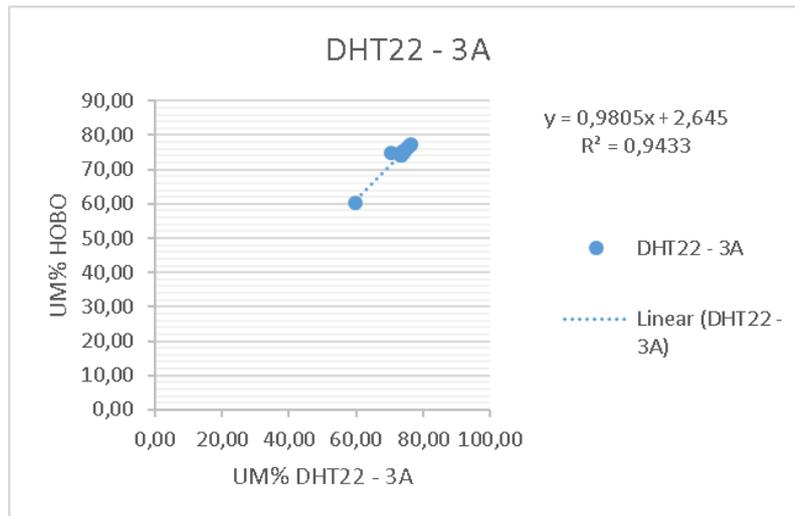


Fonte: Autores.

Nesta Figura 22 temos a visualização da reta de correlação positiva Muito Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,9469 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-2D).

A Figura 23 apresenta os resultados para o sensor 3A que apresenta também uma correlação positiva Muito Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 23. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 3A.

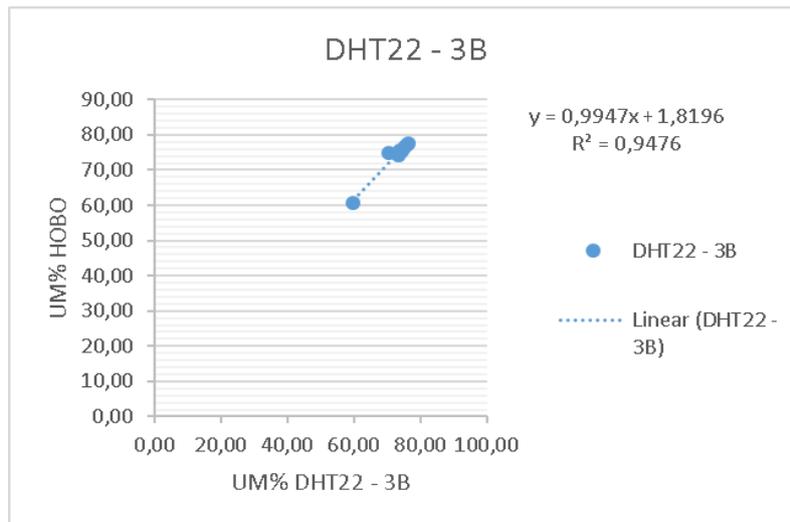


Fonte: Autores.

Nesta Figura 23 temos a visualização da reta de correlação positiva Muito Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,9433 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-3A).

A Figura 24 apresenta os resultados para o sensor 3B que apresenta também uma correlação positiva Muito Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 24. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 3B.

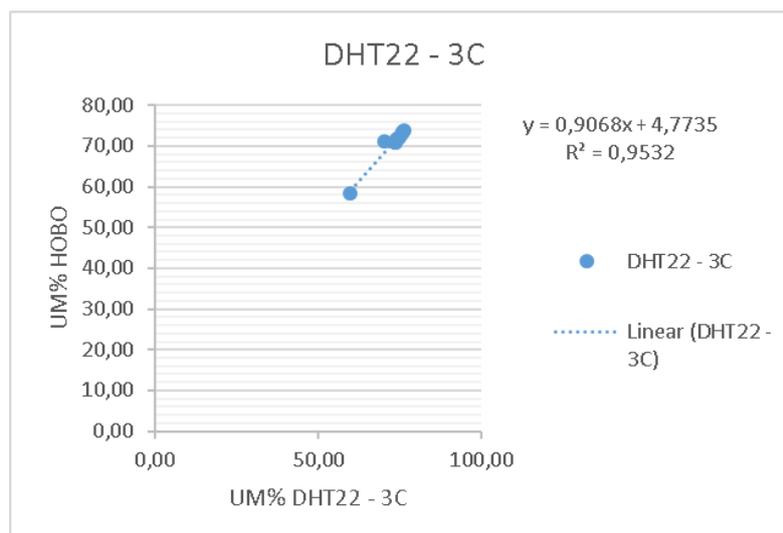


Fonte: Autores.

Nesta Figura 24 temos a visualização da reta de correlação positiva Muito Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,9476 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-3B).

A Figura 25 apresenta os resultados para o sensor 3C que apresenta também uma correlação positiva Muito Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 25. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 3C.

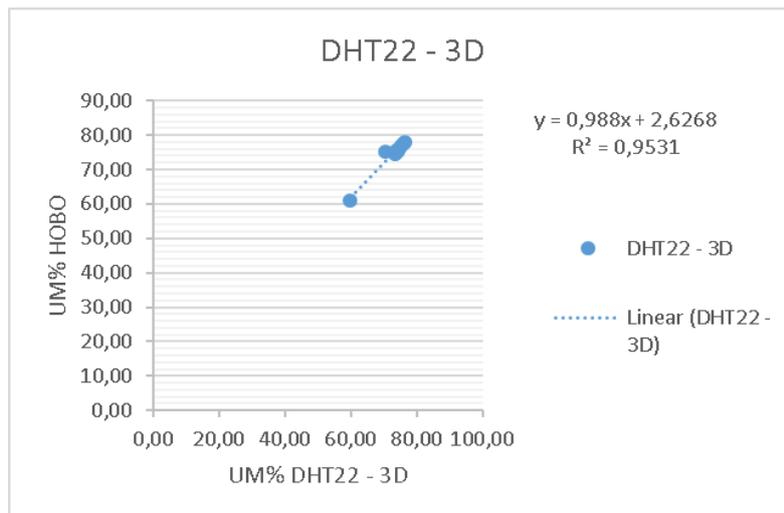


Fonte: Autores.

Nesta Figura 25 temos a visualização da reta de correlação positiva Muito Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,9532 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-3C).

A Figura 26 apresenta os resultados para o sensor 3D que apresenta também uma correlação positiva Muito Forte para as leituras de umidade relativa.

Figura 26. Diagrama de dispersão da umidade relativa obtido para o sensor DHT22 3D.



Fonte: Autores.

Nesta Figura 26 temos a visualização da reta de correlação positiva Muito Forte (Devido ao valor do R^2 de 0,9531 obtido para as leituras de temperatura entre o sensor Hobbo e o sensor DHT22-3D).

4. Discussão

Como indicado na Tabela 6, a escolha dos sensores para a avaliação, recai sobre aqueles que apresentaram os melhores indicadores de correlação e onde se pôde verificar com confiança de 95%, que as médias são iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson.

Assim, os sensores elencados para a avaliação foram:

Para o galpão em escala reduzida número 1, foi escolhido o sensor 1C para as leituras de temperatura do ambiente interno e para as leituras das umidades foi escolhido o sensor 1D.

Neste caso, a escolha se deu por se verificar que as médias são iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson forte.

Para o galpão em escala reduzida número 2, foi escolhido o sensor 2C para as leituras de temperatura do ambiente interno e para as leituras das umidades foi utilizado o sensor 2D.

Aqui o mesmo critério levou à decisão devida a também se verificar que as médias são iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson forte (Mesmo não sendo a maior correlação, mas com valores muito próximos).

Finalmente o galpão em escala reduzida número 3, foi escolhido o sensor 3A para as leituras de temperatura do ambiente interno e para as leituras das umidades foi escolhido o sensor 3D.

Aqui a escolha se deu devido ao fato de também se verificar que as médias são iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson forte.

De maneira geral, por meio dos gráficos gerados, foi possível observar que, todos os sensores demandam um certo número de leituras para a sua acomodação e entrar em regime de leitura efetiva, assim, quando do experimento principal, a coleta de dados efetiva iniciou após um ciclo inicial de pelo menos 100 leituras, onde estes dados iniciais foram descartados.

Observa-se também, por meio dos resultados, que todos os sensores DHT22 avaliados, por apresentarem correlação positiva forte ou muito forte com a faixa de dispersão dos pontos pequena e, podem ser considerados geradores de leituras equivalentes aos *dataloggers* HOBO utilizados nos testes, porém, considerando o fato de serem duplos com medições simultâneas de temperatura e umidade, foram escolhidos os de melhor performance entre as duas grandezas a serem medidas, isso explica a escolha dos índices que aparecem nos destaques da Tabela 6.

5. Considerações Finais

Como indicado nos resultados e as justificativas das escolhas indicadas na discussão, concluiu-se que estes sensores escolhidos poderão ser utilizados em experimento futuro sem grandes investimentos em *dataloggers* convencionais devido à sua comprovada equivalência.

Assim, comprovou-se a possibilidade do uso de sensores alternativos para o monitoramento eletrônico para a avaliação da performance térmica dos diferentes tipos de

cobertura disponíveis com os sensores selecionados para o experimento futuro nos três modelos reduzidos e distorcidos de galpão de produção de forma a buscar o tipo de cobertura que apresentará a melhor performance para auxiliar no conforto térmico dos aviários, para que se alcancem benefícios e economia nas granjas, de modo que não precisem direcionar maiores investimentos em equipamentos adicionais para alcançar conforto ambiental.

Como sugestão para trabalhos futuros, os autores identificaram a possibilidade de utilizar como ferramenta de avaliação de similaridade o software estatístico Minitab® aplicando-se o “Teste de Equivalência para 2 amostras”. Tendo estes resultados, também será possível verificar-se a possibilidade de aplicar, alternativamente, esta metodologia para uma avaliação entre sensores como foi realizado neste artigo.

Referências

Almeida, E. A., & Passini, R. (2013). Thermal comfort in reduced models of broilers' houses, under different types of roofing materials. *Eng. Agríc*, Jaboticabal, 33(1)19-27.

Arduino. (2019). *Arduino IDE 1.8.13*. Open-source Arduino Software (IDE). Ivrea Interaction Design Institute. Recuperado de: <https://www.microsoft.com/pt-br/p/arduino-ide/9nblggh4rsd8?ocid=badge&rtc=1&activetab=pivot:overviewtab>

Baêta, F. C., & Souza, C. F. (2010). *Ambiência em edificações rurais: Conforto animal*. 2.ed. Viçosa: UFV, 269p.

Camerini, N. L., Mendes L. B., Mota, J. K. M., Nascimento, J. W. B., Furtado, D. A. (2011). Avaliação de instrumentos agrometeorológicos alternativos para o monitoramento da ambiência em galpões avícolas. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa - MG, 19(2) 125-131.

Carvalho, C. C. S., Souza, C. F., Tinôco, I. de F. F., Vieira, M. F. A., Minette, L. J. (2011). Segurança, saúde e ergonomia de trabalhadores em galpões de frangos de corte equipados com diferentes sistemas de abastecimento de ração. *Engenharia Agrícola*, 31(1) 438-447.

Chasea, O. A., Almeida, J. F. S., Souza, J. R. B., Costa Junior, C. T. (2014). Sensory platform architecture for IN SITU monitoring the thermal comfort in rural environments – The case study at Federal Rural University of Amazonian, Brazil. *Measurement*, 58(1) 294–300.

Devore, J. L. (2006). *Probabilidade e Estatística: para Engenharia e Ciências*. California Polytechnic State University, San Luis Obispo. São Paulo: Cengage Learning.

Garson, G. D. (2020). *Statnotes: Topics in Multivariate Analysis*. Recuperado de: <http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.htm>

Giles, D. B., Balafouts, C., Maheras, P. (1990). Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology*, 34(1) 98-104.

Guimarães, P. R. B. (2005). Análise de Correlação e medidas de associação. Recuperado de: <https://docs.ufpr.br/~jomarc/correlacao.pdf>.

Megersa, B., Markemann, A., Angassa, A., Ogutu, J.O., Piepho, H., Zaráte, A. V. (2014). Impacts of climate change and variability on cattle production in southern Ethiopia: Perceptions and empirical evidence. *Agricultural Systems*, 130(1) 23–34.

Mollo, M. N., Matulovic, M., Santos, P. S. B. (2020). Supervisory System for Monitoring, Control and Estimating Thermal Comfort for Broiler and Laying Hens Production Sheds. *International Journal for Innovation Education and Research*. 8(3) 316-331.

Mollo, M. N., Gabriel, C. P. C., Santos, V. J.; Zanetti, W. A. L. (2015). Avaliação de sensores eletrônicos para uso em instrumentos agrometeorológicos alternativos em galpões avícolas. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 11(21) 2527-2541.

Moore, D. S., McCabe, G. P., Bruce, A. C. (2007). *The Basic Practice of Statistics*. New York, W. H. Freeman and Company, New York.

Nääs, I. A., Sevegnani, K. B., Marcheto, F. G., Espelho, J. C. C., Menegassi, V., Silva, I. J. O. (2001). Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 21(2) 121-126.

Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*,130(1) 57–69.

Oliveira, P. M., Faria Júnior, M. J. A., Garcia Neto, M. (2016). Estratégias para minimizar os efeitos de um ambiente térmico adverso para frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 68(3) 739-747.

Padilha, J. A. S., Tolêdo Filho, R. D., Lima, P. R. L., Joseph, K., Leal, A. F. (2001). Argamassa leve reforçada com polpa de sisal: compósito de baixa condutividade térmica para uso em edificações rurais. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 21(1) 1-11.

Pereira, E. (2016). *Ferramentas da Qualidade: Diagrama de Dispersão*. IFSul – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense. Recuperado de: <http://static.sapucaia.ifsul.edu.br/professores/eveline/EST.%20QUAL.%20-%20T%C3%89C.%20PL%C3%81ST/2%C2%B0Sem/7%20Diagrama%20de%20Dispers%C3%A3o.pdf>.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria, RS: UFSM, NTE.

Powers, W., Liu, Z., Vaddella, V. (2013). Climate Vulnerabilities of the Poultry Industry. *Earth Systems and Environmental Sciences*, 2(1) 73–76.

Riquena, R. S., Pereira, D. F., Vale, M. M., Salgado, D. D. A. (2019). Mortality prediction of laying hens due to heat waves. *Revista Ciência Agronômica*, 50(1) 18-26.

Silva, I. J. O., & Sevegnani, K. B. (2001). *Ambiência na produção de aves de postura*. In: *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, p.150-214.

Silva, V. P., Werf, H. M.G. V. D., Soares, S. R., Corson, M. S. (2014). Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. *Journal of Environmental Management*, 133(1) 222-231.

Soutullo, S., Enríquez, R., Jiménez, M. J., Heras M. R. (2014). Thermal comfort evaluation in a mechanically ventilated office building located in a continental climate. *Energy and Buildings*, 81(1), 424–429.

Tinôco, I. F. F. (2001). Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 3(1) 1-25.

Torres Júnior, J. R. S., Pires, M. F. A., Sá, W. F., Ferreira, A. M., Vianna, J. H. M., Camargo, L. S. A., Ramos, A. A., Folhadella, I. M., Polisseni, J., Freitas, C., Clemente, C. A. A., Sá Filho, M. F., Paula, L. F. F., Baruselli, P. S. (2008). Effect of maternal heatstress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*. 69(1), 155-166.

Turnpeny, J. R., Wathes, C. M., Clark, J. A., McArthur, A. J. (2000). Thermal balance of livestock. 2. Applications of a parsimonious model. *Agricultural and Forest Meteorology*. 101(1) 29-52.

Yanagi Junior, T., Amaral, A. G., Teixeira, V. H., Lima, R. R. (2011). Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 31(1) 1-12.

Zanoni, V. A., Dantas, A. L. F., Nunes, L. S., Rios, R. B. (2020). Estudo higrotérmico na autoconstrução: simulação computacional e medições em campo. *Ambient. constr.*, 20(3) 109-120.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Brayam Moreira Da Silva– 50%

Mario Mollo Neto – 50%