
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL FÚNGICA EM GALPÃO AVÍCOLA DE POSTURA EM DIFERENTES ÉPOCAS DO ANO NA REGIÃO DO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO BRASIL

MACHADO, Neiton Silva¹
 LOPES, Poliana Moreira²
 SILVA, Kátia Araujo da³
 CABRAL, Patrícia Gonçalves Castro⁴
 RODRIGUES, Marcos Sales⁵
 MOGAMI, Cristina Akemi⁶

Recebido em: 2023.02.09

Aprovado em: 2023.04.11

ISSUE DOI: 10.3738/21751463.4098

RESUMO: Os galpões avícolas são locais de intensa multiplicação de micro-organismos que podem causar contaminações e infecções às aves e aos trabalhadores. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho: 1) identificar e quantificar os principais gêneros dos fungos presentes no ambiente aéreo de um galpão de postura; e 2) avaliar a distribuição espacial e as correlações destes fungos com as condições climáticas no interior do galpão por meio da ferramenta de geoestatística em duas estações do ano (inverno e verão). O estudo foi realizado em parceria com uma granja comercial localizada no município de Casa Nova - BA. Os dados foram coletados seguindo uma malha amostral com 4 colunas e 15 linhas, totalizando 60 pontos. A avaliação fúngica foi por meio da coleta dos micro-organismos em placas de Petri com meio de cultura Batata Dextrose Agar, que permaneceu exposta ao ar durante 15 minutos. Posteriormente, as placas foram levadas para o laboratório e incubadas em câmara de crescimento. Após 72h, lâminas foram montadas para identificação e quantificação dos fungos. Para cada ponto amostral as variáveis climáticas: temperatura, umidade relativa e velocidade do ar foram registradas. Verificou-se que os fungos presentes no galpão foram: *Cladosporium* (34,8%), *Aspergillus* (30,8%), *Penicillium* (19,1%), *Mucor* (7,9%), *Fusarium* (7,5%) no **verão** e *Fusarium* (52,7%), *Penicillium* (39,1%), *Cladosporium* (6,9%), *Aspergillus* (0,8%), *Mucor* (0,4%), no **inverno**. Evidenciou-se uma maior incidência de unidades formadoras de colônias de alguns gêneros no período do inverno. Com o uso da geoestatística foi possível identificar a correlação espacial entre as variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) com os gêneros fúngicos (*Cladosporium*, *Mucor* e *Fusarium*). Os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* não apresentaram correlação espacial com as variáveis climáticas estudadas nos dois períodos analisados. Embora, os mapas gerados possibilitaram uma identificação visual dos pontos de maior contaminação por estes fungos dentro da instalação.

Palavras-chave: Ambiência. Micro-organismos. Qualidade do ar.

FUNGAL SPATIAL DISTRIBUTION IN A POULTRY HOUSE AT DIFFERENT TIMES OF THE YEAR IN THE VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO BRAZIL

SUMMARY: Poultry sheds are places of intense multiplication of microorganisms that can cause contamination and infections to birds and workers. In this context, the objective of this work was: 1) to identify and quantify the main genera of fungi present in the aerial environment of a laying shed; and 2) evaluate the spatial distribution and correlations of these fungi with the climatic conditions inside the shed using the geostatistics tool in two seasons of the year (winter and summer). The study was carried out in partnership with a commercial farm located in the municipality of Casa Nova - BA. Data were collected following a sampling mesh with 4 columns and 15 lines, totaling 60 points. The fungal evaluation was through the collection of microorganisms in Petri dishes with Potato Dextrose Agar culture medium, which remained exposed to air for 15 minutes. Subsequently, the plates were taken to the laboratory and incubated in a growth chamber. After 72 hours, slides were mounted for identification and quantification of fungi. For each sampling point, the climatic variables: temperature, relative humidity and air velocity were recorded. It was found that the fungi present in the shed were: *Cladosporium* (34,8%), *Aspergillus*

¹ ORCID-ID <https://orcid.org/0000-0001-6049-2279> Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus de Ciências Agrárias - Colegiado de Engenharia Agrônômica.

² ORCID-ID <https://orcid.org/0000-0002-4801-9726> Universidade do estado da Bahia/Campus Juazeiro, Bahia

³ ORCID-ID <https://orcid.org/0000-0001-6618-8753> Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus de Ciências Agrárias - Colegiado de Engenharia Agrônômica.

⁴ ORCID-ID <https://orcid.org/0000-0002-8554-1003> Instituto Federal do Sertão Pernambucano - Campus Floresta

⁵ ORCID-ID <https://orcid.org/0000-0002-6567-1273> Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus de Ciências Agrárias - Colegiado de Engenharia Agrônômica.

⁶ ORCID-ID <https://orcid.org/0009-0006-8584-9880> Instituto Federal do Sertão Pernambucano - Campus Petrolina Zona Rural.

(30,8%), *Penicillium* (19,1%), *Mucor* (7,9%), *Fusarium* (7,5%) in **summer** and *Fusarium* (52,7%), *Penicillium* (39,1%), *Cladosporium* (6,9%), *Aspergillus* (0,8%), *Mucor* (0,4%) in **winter**. There was a higher incidence of colony-forming units of some genera in the winter period. With the use of geostatistics it was possible to identify the spatial correlation between climatic variables (temperature, relative humidity and air velocity) with fungal genera (*Cladosporium* sp., *Mucor* sp. and *Fusarium* sp.). The genera *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. showed no spatial correlation with the climatic variables studied in the two analyzed periods. However, the generated maps made it possible to visually identify the points of greatest contamination by these fungi within the installation.

Keywords: Ambience. Microorganisms. Air quality.

INTRODUÇÃO

A segurança alimentar é uma prioridade para a humanidade. Uma grande ameaça para a segurança alimentar é representada pelas micotoxinas, metabólitos secundários tóxicos produzidos por fungos que infectam plantações de campo e que contaminam commodities agrícolas cruas, bem como alimentos processados e rações. Essas toxinas fúngicas apresentam uma série de efeitos adversos à saúde dos animais, mesmo em concentrações muito baixas, e tem sido associada a casos de envenenamento agudo e crônico de humanos e animais de produção desde tempos históricos. A contaminação por micotoxinas é um problema atual que afeta várias culturas e produtos processados em todo o mundo. (ALTOMARE *et al.*, 2021).

Bochio *et al.* (2017) relatam que as micotoxinas são toxinas produzidas por fungos e tem sua proliferação relacionada a condições ambientais. As aflatoxinas são as principais micotoxinas a afetar a avicultura, são produzidas por fungos do gênero *Aspergillus*, sendo a aflatoxina B1 a mais tóxica. Fungos do gênero *Fusarium* também são produtores de diversos tipos de toxinas (SANTIN *et al.*, 2000). Assim sendo, as intoxicações causadas por essas micotoxinas, dificilmente ocorrerão devido a uma substância isolada, de forma que se faz necessário obter maiores informações sobre o efeito interativo dessas toxinas. Ademais, as micotoxinas podem causar efeitos deletérios na saúde das galinhas e podem ser transferidas para os produtos alimentícios das aves (ZHU *et al.*, 2023).

A avicultura industrial tem investido cada vez mais em ferramentas que possam aperfeiçoar a produtividade. Frente às atuais demandas existentes, há uma busca incansável por conhecimento dos parâmetros que afetam essa atividade para que se obtenha a máxima produtividade com o menor custo. Diversos estudos apontam para a interferência que o ambiente de criação exerce sobre a produtividade animal (PONCIANO *et al.*, 2011; SCHMIDT; DA SILVA, 2018). Nesse sentido, sabe-se que o sistema de criação intensivo influencia diretamente na condição de bem estar, desenvolvimento e desempenho dos animais. Para cada região devem ser observados os fatores meteorológicos que podem prejudicar a produção das aves, e a partir disso escolher o tipo de criação e posteriormente o tipo de galpão que atende as condições daquela região (PAULINO *et al.*, 2019).

Conhecer as condições ambientais em galpões é fundamental para a produção de aves. Todavia, estudos têm demonstrado que a condição ambiental dentro de galpões de galinhas ou frangos não é homogênea, apresentando microclimas (MIRAGLIOTTA *et al.*, 2006; PONCIANO *et al.*, 2013). Portanto, técnicas que consideram apenas as condições ambientais médias do galpão não seriam eficientes para a tomada de decisão quanto ao bem estar animal e suas condições sanitárias.

Devido a esta variabilidade, estudos utilizando técnicas que analisam a espacialização de condições ambientais dentro de galpões para o melhor manejo na produção de aves estão sendo realizados. Em um estudo, utilizando técnicas de geoestatística, realizado em um galpão de frangos de corte em Rio Claro-SP, em que foi realizada a análise espacial das condições do ambiente térmico, aéreo e acústico, foi possível identificar as zonas de estresse, assim como as zonas de maior mortalidade de frangos no galpão (MIRAGLIOTTA *et al.*, 2006).

Em outro trabalho, técnicas de geoestatística foram empregadas para avaliar a relação entre qualidade do ar e conforto termal com sistemas de ventilação mínimo em um galpão de frangos em fase inicial da produção em Monte Alegre do Sul-SP, sendo eficientes para auxiliar na escolha do melhor sistema de ventilação (CARVALHO *et al.*, 2012). Mapeando por meio da técnica de krigagem (interpolador geoestatístico) o perfil térmico de caminhões baús utilizados para o transporte de ovos férteis e pintos de um dia, Nazareno *et al.*, (2015) verificaram que as condições ambientais nos caminhões são muito variáveis e muitas vezes fora das condições ideais para as aves.

Outro fator que pode interferir negativamente nestas condições de bem estar é a presença de micro-organismos, os quais têm o seu desenvolvimento intimamente relacionado às condições climáticas, principalmente no que tange a temperatura e umidade relativa. Além das condições climáticas, condições sanitárias devem ser consideradas.

Alguns fungos, frequentemente detectados em criações, produzem compostos que são tóxicos aos animais e podem ter efeitos graves, como é o caso das micotoxinas produzidas por alguns fungos pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* conforme já citado anteriormente. Apesar do conhecimento de que os galpões avícolas são locais de intensa multiplicação de micro-organismos que podem causar contaminações e infecções às aves e aos trabalhadores e de um grande número de trabalhos mostrando a eficiência da análise espacial para avaliação das condições ambientais em galpões de aves, não há na literatura trabalhos correlacionando esta condição com a presença de fungos maléficos às aves, principalmente em condições semiáridas. A representação da geoestatística por mapas de krigagem permite identificar e interpretar com precisão possíveis pontos críticos causando estresse térmico em galpões de avicultura (QUEIROZ *et al.*, 2017).

Portanto, objetivou-se com este trabalho: 1) identificar e quantificar os gêneros dos fungos presentes no ambiente aéreo de um galpão de galinhas de postura localizado no município de Casa Nova – Bahia, em duas estações do ano distintas (inverno e verão); e 2) avaliar a distribuição espacial e suas correlações dos gêneros fúngicos identificados com as condições climáticas do interior do galpão utilizando a ferramenta de geoestatística.

MATERIAL E MÉTODO

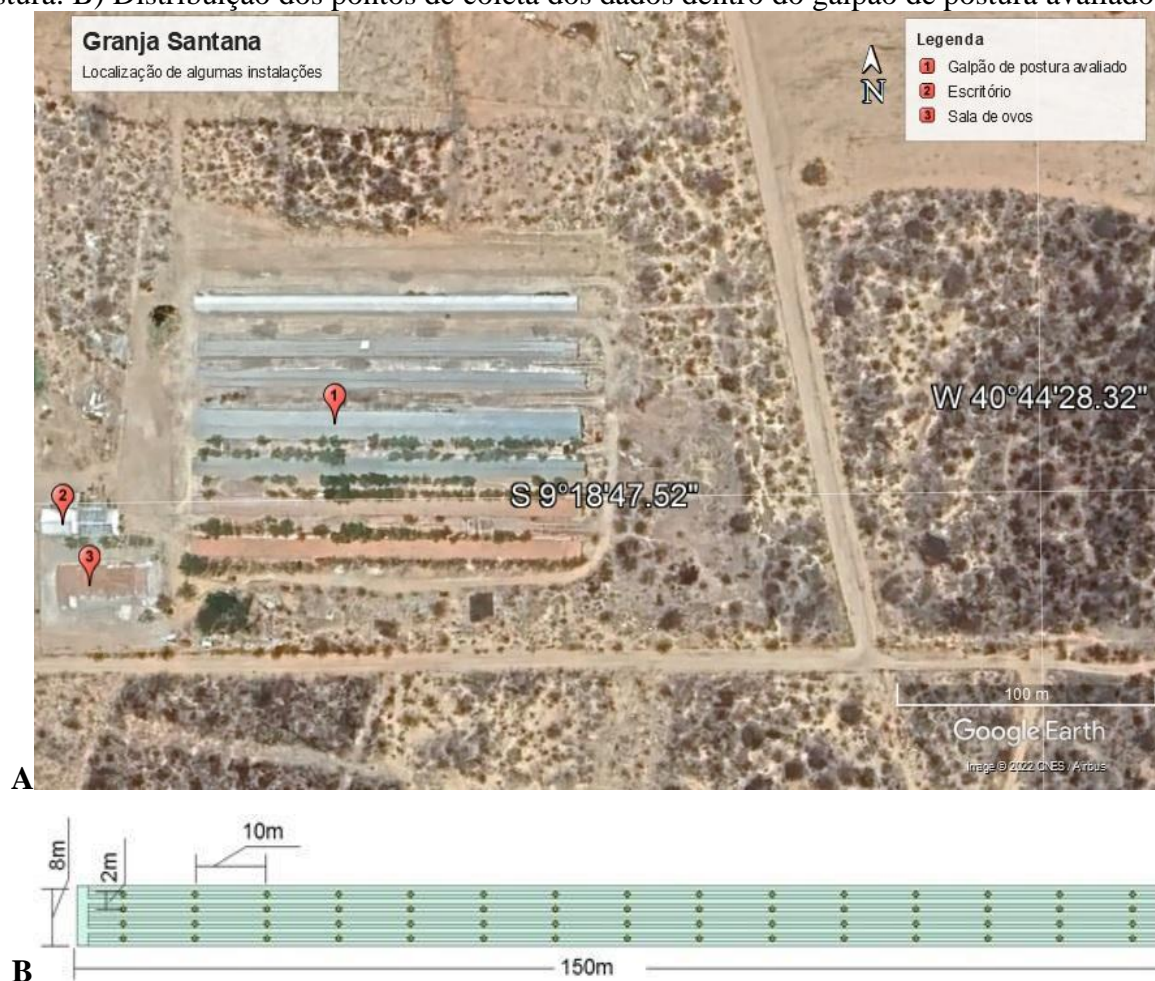
Coleta dos dados e avaliação fúngica

A coleta dos dados foi realizada em uma granja comercial, localizada no distrito de Santana do Sobrado, município de Casa Nova, Bahia, situada nas coordenadas 9°18'46,6" Sul e 40°44'36,6" Oeste. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Bsh (semiárido quente), com precipitação inferior a 500 mm concentrada em três a quatro meses do ano e temperatura média anual do ar superior à 18 °C.

O galpão de postura avaliado neste trabalho foi construído no modelo californiano com 150,0m de comprimento, 8,0 m de largura, 3,5 m de pé direito e beiral de 1,0 m em pórtico de estrutura metálica e telhas de aço zincado equipado com ventiladores e sistema de nebulização interna.

Os dados climáticos e os micro-organismos (fungos) foram coletados no interior do galpão de postura da granja seguindo uma malha amostral com quatro colunas espaçadas de 2 m e 15 linhas espaçadas de 10 m, totalizando 60 pontos, conforme Figura 1.

Figura 1 - A) Imagem de satélite de parte da propriedade onde estão localizados os galpões de postura. B) Distribuição dos pontos de coleta dos dados dentro do galpão de postura avaliado.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Em cada ponto amostral foi medida a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar por meio de anemômetro e psicrômetro digital portáteis marca Politerm modelos AN3090 e POL-31D, respectivamente. As coletas dos dados foram realizadas nos meses de julho (inverno) e dezembro (verão). De acordo com as normais climatológicas de 1973 a 1990, disponibilizadas pela OMM - Organização Meteorológica Mundial, a temperatura média dos meses de julho e dezembro em Petrolina é: 24,5 e 28,1 °C, respectivamente.

A avaliação fúngica foi realizada por meio da coleta dos micro-organismos em placas de Petri contendo meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA). Estas placas foram, previamente, esterilizadas, identificadas e mantidas em condições estéreis até o momento da sua utilização no galpão onde foram abertas e expostas ao ar durante 15 minutos. Após a exposição, as placas foram vedadas com plástico filme e transportadas para o laboratório de Fitopatologia do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE. Em seguida foram incubadas à 25 °C por 72h em câmara de crescimento do tipo B.O.D com ausência de luz (escuro) conforme proposto por Dhingra e Sinclair (1995). Caracteres morfológicos foram

utilizados para a identificação dos gêneros de fungos coletados. Para tal, fragmentos das colônias crescidas em BDA foram montadas em uma lâmina contendo lactoglicerol e levados ao microscópio de luz. A identificação foi realizada com auxílio da chave de identificação de fungos proposta por Carmichael *et al.* (1980). A contagem das colônias fúngicas foi efetuada diretamente nas placas após 72h de incubação e foi expressa em UFC (Unidades Formadoras de Colônias).

Análise geoestatística

Para estimar a dependência espacial entre as amostras, bem como identificar se as variações foram sistemáticas ou aleatórias, foram utilizados modelos de semivariogramas. O semivariograma é uma ferramenta básica que permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço e foi estimado pela seguinte equação (1):

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

Em que, $N(h)$ é o número de pares experimentais de dados separados por uma distância h ; $Z(x_i)$ é o valor determinado em cada ponto amostrado; $Z(x_i + h)$ é o valor medido num ponto mais uma distância h .

O seu padrão representa o que, intuitivamente, espera-se de dados de campo, isto é, que as diferenças $[Z(x_i) - Z(x_i + h)]$ decresçam à medida que h , a distância que os separa decresce. Espera-se que observações mais próximas geograficamente tenham um comportamento mais semelhante entre si do que aquelas em distâncias maiores. Deste modo, é esperado que $\gamma(h)$ aumente com a distância h . Os parâmetros do semivariograma são: alcance (A_0), que é a distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente. O conhecimento do valor desse parâmetro permite definir o raio de amostragem.

O patamar ($C_0 + C_1$), que é o valor do semivariograma que corresponde ao seu alcance. Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras, uma vez que a variância da diferença entre pares de amostras ($\text{Var} [Z(x) - Z(x+h)]$) torna-se invariante com a distância. O efeito pepita (C_0): idealmente, $\gamma(0)=0$, entretanto, na prática, à medida que h tende para 0 (zero), $\gamma(h)$ se aproxima de um valor positivo que revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras e/ou devido a erros de medição. O C_1 é a contribuição, ou seja, a diferença entre o patamar e o efeito pepita (OLIVER; WEBSTER, 2014).

Após a confecção do semivariograma experimental foi realizado o ajuste dos modelos que representam o comportamento espacial da variável em estudo. A seleção dos modelos foi realizada com base na menor soma de quadrados do resíduo (SQR) e melhor coeficiente de determinação (R^2).

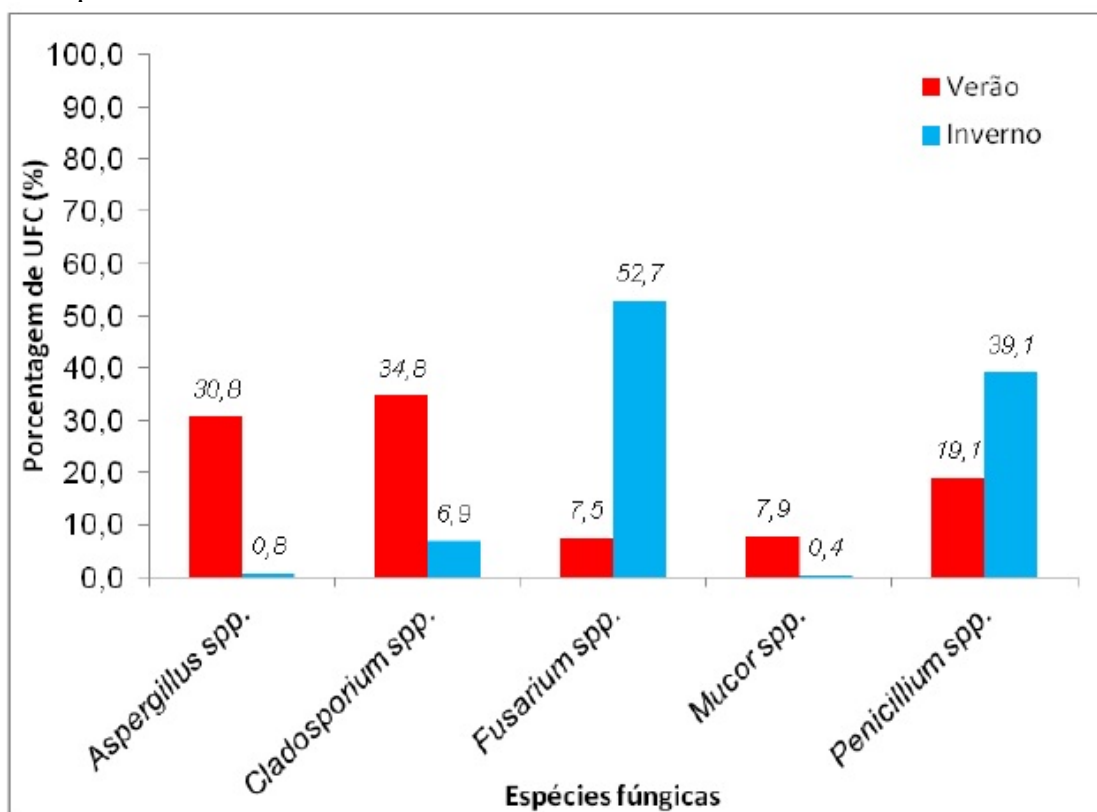
Para a análise do grau de dependência espacial foi utilizada a seguinte classificação: dependência espacial forte, os semivariogramas que têm efeito pepita igual a 25% do patamar; dependência espacial moderada, quando o efeito pepita está entre 25 e 75%; e dependência espacial fraca, quando o efeito pepita é maior que 75% (CAMBARDELLA *et al.*, 1994).

Posteriormente, para a confecção dos semivariogramas experimentais e ajuste dos modelos teóricos foram realizadas as interpolações dos dados pelo método da krigagem ordinária (OLIVER; WEBSTER, 2014). As variáveis que não apresentaram dependência espacial foram interpoladas pelo método determinístico inverso do quadrado da distância (IDW).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Cinco gêneros de fungos filamentosos foram identificados no ambiente interno do galpão, em ambos os períodos de coleta (verão e inverno), os quais foram: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor* e *Penicillium*. Quanto à comparação entre a contaminação fúngica existente no interior do galpão nos períodos de verão e inverno, verificou-se que o gênero *Mucor* teve a menor incidência em ambos os períodos. No período do verão, fungos do gênero *Cladosporium* tiveram maior frequência, enquanto no período do inverno, os pertencentes ao gênero *Fusarium* foram os mais frequentes (Figuras 2 e 3).

Figura 2 - Porcentagem de UFC (Unidades Formadoras de Colônias) encontradas no interior do galpão nos períodos de verão e inverno.

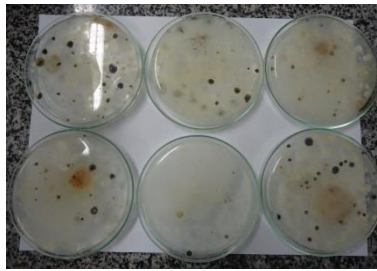


Fonte: Arquivo pessoal dos autores

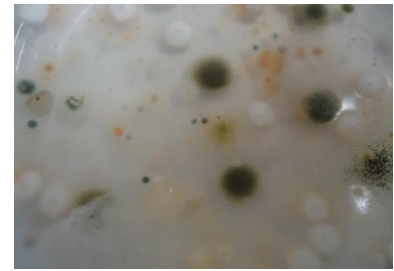
Figura 3 - Ilustração das UFC quantificadas e diferenças visuais dos gêneros fungicos identificados.



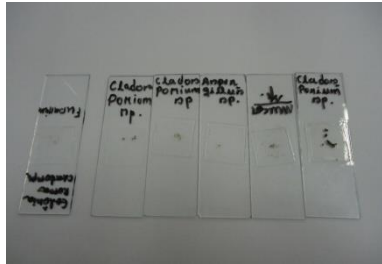
A) Distribuição das placas de Petri no interior do aviário



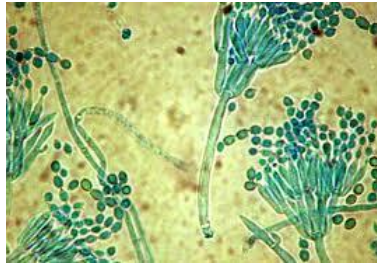
B) Placas de Petri após a incubação de 72 h em BOD



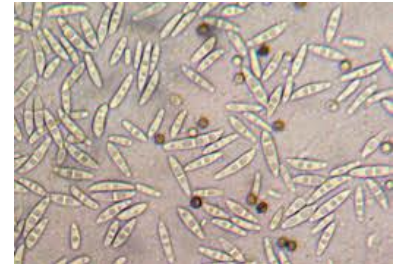
C) Unidades Formadoras de Colônia - UFC



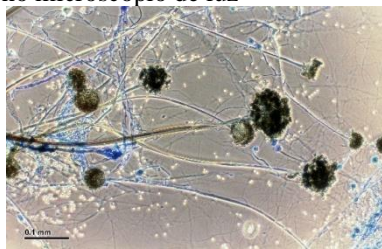
D) Lamina preparada para observação no microscópio de luz



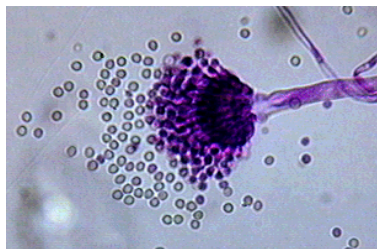
E) *Penicillium* sp.



F) *Fusarium* sp.



G) *Mucor* sp.



H) *Aspergillus* sp.



I) *Cladosporium* sp.

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Houve uma grande variação na quantidade de UFC entre os períodos de coleta. Sendo coletadas 2135 UFC no verão e 14924 UFC no inverno. Os gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Mucor* apresentaram os maiores valores de UFC durante o verão, 657, 743 e 168, respectivamente. Enquanto que os gêneros *Fusarium* e *Penicillium* apresentaram maiores valores de UFC durante o inverno, 7869 e 5842, respectivamente.

A incidência de esporos fúngicos é comum na natureza e a sua presença no ar pode ser prejudicial à saúde respiratória tanto de animais quanto dos trabalhadores envolvidos na cadeia produtiva. Além disso, de acordo com Li e Yang (2004), muitos destes gêneros de fungos podem atuar como patógenos oportunistas causando doenças infecciosas em animais suscetíveis e imunossuprimidos. Condições climáticas como alto teor de umidade e temperaturas elevadas favorecem o desenvolvimento destes organismos e, conseqüentemente, o aumento das concentrações de esporos, os quais podem desencadear diversos tipos de enfermidades como a aspergilose, bem como tornar os animais suscetíveis a enfermidades secundárias.

As variáveis climáticas, tanto no período de verão quanto no inverno, apresentaram dependência espacial sendo ajustado o modelo Gaussiano aos dados de umidade relativa do ar em ambos os períodos de coleta, assim como, para a temperatura no inverno. Foi ajustado o modelo esférico para a temperatura no verão e o exponencial para a velocidade do ar no inverno. Nazareno *et al.* (2015) também ajustaram o modelo Gaussiano aos dados de temperatura do ar em um caminhão baú com pintos de um dia, enquanto que para os dados de umidade relativa foi ajustado o modelo esférico. Miragliotta *et al.* (2006) ajustaram o modelo Gaussiano para os dados da variável temperatura de bulbo seco do ar e exponencial para a umidade relativa do ar em um galpão de frangos de corte em Rio Claro, São Paulo. Já Ponciano *et al.* (2013) ajustaram o modelo esférico aos dados da temperatura de bulbo seco do ar em uma granja de galinhas na mesorregião de Minas Gerais durante o verão.

Verificou-se que a única variável climática que não apresentou dependência espacial foi à velocidade do ar no verão. Resultados semelhantes foram verificados por Carvalho *et al.* (2012) que observaram efeito pepita puro (ausência de dependência espacial) para a variável velocidade do vento em um galpão de pintos de um dia em uma granja em Monte Alegre do Sul, São Paulo.

As variáveis temperatura e umidade relativa do ar apresentaram alta dependência espacial sendo evidenciada pelo expressivo valor do alcance e grau de dependência espacial, indicando que os valores destas variáveis são dependentes da posição espacial no galpão. Portanto, uma avaliação com base na estatística clássica não representaria a realidade das condições climáticas internas deste galpão. Quanto à velocidade do ar, no período de inverno, o alcance e o grau de dependência espacial foram baixos, evidenciando maior variabilidade desta variável, constatada no período de verão que apresentou efeito pepita puro. Isso pode ter ocorrido devido à disposição do sistema de ventilação no interior do galpão.

Quando se analisou as variáveis fúngicas nos períodos de inverno e verão, apenas o gênero *Aspergillus* apresentou dependência espacial nos dois períodos de coleta (inverno e verão) sendo ajustado o modelo exponencial. Portanto, os mapas da distribuição para este gênero foram interpolados utilizando a técnica de krigagem, enquanto para os demais gêneros foi utilizado o inverso do quadrado da distância, ou seja, o interpolador IDW.

Verifica-se por meio da visualização dos mapas (Figura 4) que, no período do verão, os fungos pertencentes ao gênero *Cladosporium*, apresentaram o padrão de distribuição espacial similar ao das variáveis climáticas temperatura e umidade relativa, onde a maior incidência de *Cladosporium* coincide com a região de menor temperatura e maior umidade relativa do ar no interior do galpão. O mesmo não ocorre para os mapas de *Cladosporium* no inverno, não apresentando correlação espacial com as variáveis climáticas.

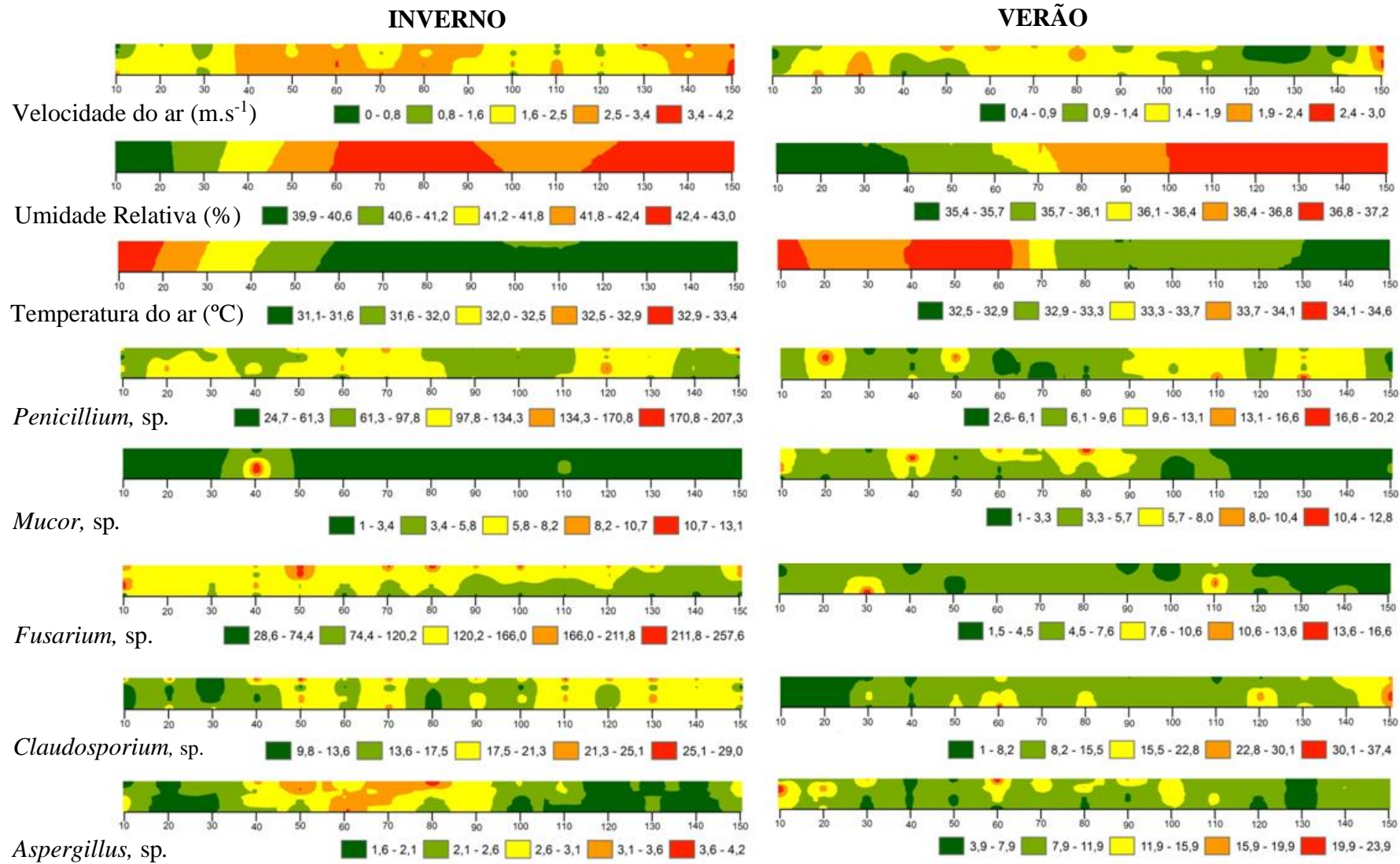
Já para os fungos dos gêneros *Fusarium* e *Mucor* observou-se efeito inverso, ou seja, houve uma redução na incidência destes fungos na região de menor temperatura e alta umidade relativa do ar. Essas características não foram observadas nos mapas de inverno, pois os fungos pertencentes ao gênero *Fusarium* tiveram uma maior distribuição onde a temperatura era alta e a umidade relativa apresentou-se baixa. Os fungos dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus* não apresentaram correlação espacial com as variáveis climáticas quando se observou os mapas de inverno e verão.

Os resultados gerais deste trabalho demonstram que as condições ambientais dentro de um galpão de avicultura são heterogêneas, apresentando variabilidade espacial, concordando com os resultados encontrados por Miragliotta *et al.* (2006), Carvalho *et al.* (2012) e Ponciano *et al.* (2013). Adicionalmente, essas variações ambientais refletem diretamente na incidência de fungos que podem ser maléficos às aves e aos trabalhadores. Portanto, faz-se necessária a aplicação de políticas de biossegurança nos galpões avícolas, uma vez que os fungos encontrados neste estudo apresentam potencial para a produção de micotoxinas, as quais podem contaminar os animais por meio da alimentação com grãos colonizados, e desta forma serem transferidas para os seus produtos, e conseqüentemente, podem comprometer a saúde humana causando doenças e até mesmo levando à morte. Essas toxinas são classificadas de acordo com especificidade junto aos órgãos, apesar de poderem causar danos em mais de um órgão, são consideradas hepatotóxicas, nefrotóxicas, hematotóxicas, neurotóxicas, dermatotóxicas, cancerígenas e gastrotóxicas (OKUMA; HUYNH; HELLBERG, 2018). Devido à ocorrência destes gêneros fúngicos e à sua importância para a saúde animal e humana, uma atenção especial deve ser voltada para os ambientes de criação animal buscando técnicas que visem a redução de sua incidência e que devem ser aplicadas de forma localizada.

Parte dos resultados deste trabalho corrobora com os resultados encontrados por Deepthi *et al.* (2022) que ao estudar as respostas de estresse no crescimento e na biossíntese de micotoxinas de *Fusarium proliferatum* associadas a rações armazenadas de aves observaram que o crescimento máximo dos fungos foi a 28 °C em combinação de 51,02 bar de pressão osmótica, enquanto as faixas de temperatura mais baixa e mais alta com altas pressões osmóticas restringiram o crescimento.

Vale ressaltar que os aerossóis fúngicos são um fator de risco ambiental vital e ameaça a saúde pública (SONG *et al.* 2023). Altas concentrações de material particulado induzem inflamação respiratória nas aves e desencadeiam várias doenças. No entanto, o mecanismo patogênico das doenças respiratórias oriundas do material particulado em aviários não é esclarecido devido à sua complexidade e falta de ensaios precisos (WANG *et al.* 2023).

Figura 4 - Mapa da distribuição espacial das variáveis climáticas e fúngicas (UFC) referentes aos períodos de inverno e verão.



CONCLUSÃO

Verificou-se que os fungos presentes nos galpões de postura da granja foram: *Cladosporium* sp.(34,8%), *Aspergillus* sp.(30,8%), *Penicillium* sp. (19,1%), *Mucor* sp (7,9%), *Fusarium* sp. (7,5%) no **verão** e *Fusarium* sp. (52,7%), *Penicillium* sp. (39,1%), *Cladosporium* sp.(6,9%), *Aspergillus* sp. (0,8 %), *Mucor* sp. (0,4%), no **inverno**. Evidenciou-se uma maior incidência de unidades formadoras de colônias (UFC) no período do inverno. Com o uso da ferramenta de geoestatística foi possível identificar a correlação espacial entre as variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) com os gêneros fúngicos (*Cladosporium* sp., *Mucor* sp. e *Fusarium* sp.). Os gêneros *Aspergillus* sp. E *Penicillium* sp. não apresentaram correlação espacial com as variáveis climáticas estudadas nos dois períodos analisados. Embora, os mapas gerados possibilitaram uma identificação visual dos pontos de maior contaminação por estes fungos dentro da instalação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa à Poliana Moreira Lopes; ao Sr. José Dias, proprietário da Granja; ao prof. Alexandre Sandri Capucho, coordenador do laboratório de fitopatologia da Univasf; e às Engenheiras Agrônomas Ana Cecília dos Santos Almeida, Gabriela Maria de Souza e Patrícia de Araújo Souza pelo apoio na execução do projeto.

REFERÊNCIAS

ALTOMARE, C.; LOGRIECO, A.F.; GALLO, A. Mycotoxins and Mycotoxigenic Fungi: Risk and Management. A Challenge for Future Global Food Safety and Security.

Encyclopedia of Mycology v.1, p. 64-93, 2021.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819990-9.00032-9>

BOCHIO, V.; AKAHASHI, S. E.; GROFF, P.M.; SCHADECK, M.M.; MAIER, G.S. Efeitos da aflatoxina na produção avícola: Revisão **PUBVET** v.11, n.8, p.832-839, Ago., 2017

<https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N8.832-839>

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

<https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>

CARMICHAEL, J.W.; BRYCE KENDRICK, W.; CONNERS, I.L.; SIGLER, L. **Genera of Hyphomycetes**. Edmonton, AB: University of Alberta Press, 1980. 386 p.

CARVALHO, T. M. R. D.; MOURA, D. J. D.; SOUZA, Z. M. D.; SOUZA, G. S. D.; BUENO, L. G. D. F.; LIMA, K. A. O. D. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 194-202, 2012.
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100028>

DEEPTHI, B. V.; DEEPA, N.; VANITHA, P. R.; SREENIVASA, M. Y. Stress responses on the growth and mycotoxin biosynthesis of *Fusarium proliferatum* associated with stored poultry feeds **Applied Food Research** v 2, ed1, Jun 2022
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100091>

DHINGRA, O. D.; SINCLAIR, J. B. **Basic plant pathology methods**. CRC press: London, Second Edition. 1995. 441 p.

LI, D. W.; YANG, C. S. Fungal contamination as a major contributor to sick building syndrome. **Advances in Applied Microbiology**, v. 55, p. 21-112, 2004.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(04\)55002-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(04)55002-5)

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NÄÄS, I. D. A.; MANZIONE, R. L.; NASCIMENTO, F. F. D. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 426-432, 2006.
<https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000500002>

NAZARENO, A. C.; SILVA, I. J. O. D.; VIEIRA, F. M. C.; SANTOS, R. F. S. Temperature mapping of trucks transporting fertile eggs and day-old chicks: Efficiency and/or acclimatization? **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 134-139, 2015.
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p134-139>

OKUMA T. A.; HUYNH T. P.; HELLBERG R. S. Use of enzyme-linked immunosorbent assay to screen for aflatoxins, ochratoxin A, and deoxynivalenol in dry pet foods. **Mycotoxin Research**, v. 34, p. 69-75, 2018.
<https://doi.org/10.1007/s12550-017-0300-3>

OLIVER, M. A.; WEBSTER, R. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. **Catena**, v. 113, p. 56-69, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.09.006>

PAULINO, M. T. F.; OLIVEIRA, E. M.; GRIESER, D. O.; TOLEDO, J. B. Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão **PUBVET** v.13, n.2, a280, p.1-14, Fev., 2019
<https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n3a280.1-14>

PONCIANO, P. F.; LOPES, M. A.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ G. A. S. Analysis of the environment for broiler chickens using fuzzy logic: a review. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 1-13, 2011.
<https://professormarcosauelio.com.br/wp-content/uploads/2017/08/7-3-59-Analise-logica-fuzzy.pdf>

PONCIANO, P. F.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, G. A. E. S.; SCALON, J. D.; SCHIASSI, L. Spatial variability of airdry bulb temperature and black globe humidity index in a broiler house during the heating phase. **Engenharia Agrícola**, v. 33, p. 433-444, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000300001>

QUEIROZ, M. L. DE V.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SALES, F. A. DE L.; LIMA, L. R. DE; DUARTE, L. M. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 586-595, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170068>

SANTIN, E.; MAIORKA, A.; ZANELLA, I.; MAGON, L. Micotoxinas do fusarium spp na avicultura comercial - revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.185-190, 2000 <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000100030>

SCHMIDT, N.S.; DA SILVA, C. L. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 3, p. 467-482, 2018. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560307>

SONG, Z.; CAI, Y.; LIU, G.; YU, G. Fungal aerosols in rabbit breeding environment: Metagenetic insight into PM2.5 based on third-generation sequencing technology **Environmental Research**.v.224,Maio 2023 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115480>

WANG, K.; SHEN,D.; DAI, P.; LI, C. Particulate matter in poultry house on poultry respiratory disease: a systematic review. **Poultry Science**v102, ed4, abril, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102556>

ZHU,F.; ZHU,L.; XU, J.; WANG, Y. WANG, Y. Effects of moldy corn on the performance, antioxidant capacity, immune function, metabolism and residues of mycotoxins in eggs, muscle, and edible viscera of laying hens **Poultry Science**v 102, ed4, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102502>