

COLONIZAÇÃO DE FUNGOS E MUSGOS EM RUÍNA EDIFICADA NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA UFMG: RELAÇÕES COM MICROCLIMAS E FATORES AMBIENTAIS

Gabriel Camilo ¹, gabrielcamiloufmg@gmail.com;

Carlos Jardim ², dxhenrique@gmail.com;

Gabriel Pedrozo ³, gabrielarqueo@hotmail.com;

RESUMO

O interesse pela interação entre microrganismos e ambientes antrópicos podem ser remontados aos primórdios da geografia e pesquisadores oitocentistas. Os fungos e musgos, por serem organismos pioneiros na colonização de superfícies inertes, ganham destaque nas análises com foco na compreensão de suas relações com a conservação de ambientes antrópicos. O objetivo deste estudo foi analisar as dinâmicas e interações ocorridas no comportamento de colonização de fungos e musgos em estruturas de uma antiga olaria presente na Estação Ecológica da UFMG, tendo como ênfase a relação com fatores microclimáticos. Os dados de microclima foram coletados em campo e analisados a partir de comparações com outros ambientes microclimáticos e os resultados indicaram a relação dos microrganismos com processos de intemperismo e formação de microhabitats.

Palavras-chave: microclimas, microrganismos, conservação, patrimônio material.

ABSTRACT

Interest in the interaction between microorganisms and anthropic environments can be traced back to the early days of geography and 19th-century researchers. Fungi and mosses, as pioneering organisms in the colonization of inert surfaces, are highlighted in analyses focused on understanding their relationships with the conservation of anthropic environments. The objective of this study was to analyze the dynamics and interactions that occurred in the colonization behavior of fungi and mosses in structures of an old pottery factory located at the UFMG Ecological Station, with an emphasis on the relationship with microclimatic factors. Microclimate data were collected in the field and analyzed based on comparisons with other microclimatic environments, and the results indicated the relationship of microorganisms with weathering processes and microhabitat formation.

Keywords: microclimates, microorganisms, conservation, material heritage.

INTRODUÇÃO

Análises microclimáticas na Estação Ecológica da UFMG decorrem de longa data (NASCIMENTO e VASCONCELOS, 2012; JARDIM e MONTEIRO, 2014; LIMA et al.,

¹ Mestrando, Depto. Geografia IGC/UFMG, gabrielcamiloufmg@gmail.com

² Professor, Depto. Geografia IGC/UFMG, dxhenrique@gmail.com

³ Doutorando, Depto. Geografia IGC/UFMG, gabrielarqueo@hotmail.com

2017; JARDIM et al., 2021; REIS e JARDIM, 2024; PEDROZO e JARDIM, 2025). Tais estudos buscaram realizar inferências e mensurações em camadas de ar mais próximas ao solo, as quais, por sua vez, encontram-se em constante vínculo e influência com atividades biológicas. Naturalmente, as influências do clima segundo Monteiro (1975) se configuram, sobretudo, pelo aporte energético (luz solar), interações com elementos bióticos e abióticos. Estas interações não deixam escusos de influência ambientes cobertos, quase por completo fechados, como o forno da olaria na Estação Ecológica, formando nele um microclima.

A biogeografia dos fungos e musgos em ambientes e contextos antrópicos demonstram as dinâmicas da colonização destes organismos condicionadas por oscilações de umidade e iluminação (RODRIGUES et al., 2022). Além disso, a sazonalidade e as variações também possuem impacto significativo na proliferação de determinadas comunidades de certas espécies em tijolos (PEDROZO e JARDIM, 2025) e no solo (CARNEIRO et al., 2010).

A compreensão da interação entre fatores microclimáticos e organismos colonizadores em estruturas antrópicas é capaz de fornecer compreensão de sua natureza de intemperismo e expansão. Tais informações permitem pensar estratégias de preservação e manejo em bens patrimoniais, por meio de pesquisas como esta, tornando-se possível a criação de estratégias para a preservação de elementos históricos sujeitos a tais agentes bióticos. Vários estudos exploraram a passividade de bens patrimoniais com seus ambientes circundantes (LAGE et al, 2005; DALY, et al., 2010; CAMPOS e GRANATO, 2017; EL-SAYED, 2020). E de maneira semelhante, esta análise visa explorar justamente essa colonização nas estruturas da olaria da Estação Ecológica, correlacionando suas dinâmicas com variáveis microclimáticas, fornecendo, assim, um panorama detalhado das interações entre microrganismos e seus ambientes.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi compreender as diferenças no comportamento da temperatura e umidade nesses três espaços e como os organismos interagem com essas variações, buscando identificar as diferenças na colonização das partes externas e internas da Olaria, bem como variações nos organismos decorrentes de sua exposição aos fatores e elementos climáticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

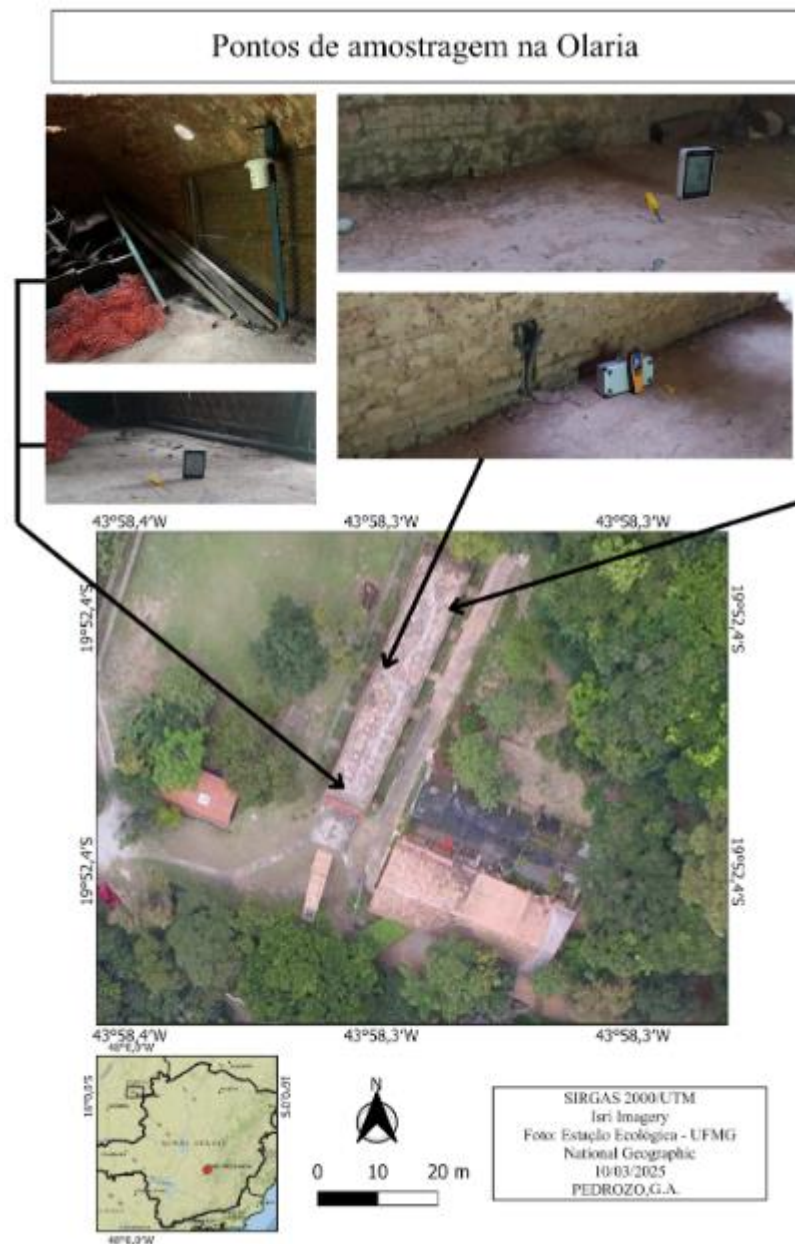
Para realização deste trabalho, foi feito um levantamento bibliográfico sobre temas afins ao foco da pesquisa, como a utilização musgos e fungos como bioindicadores de temperatura e

umidade do ar, estudos sobre o clima urbano de Belo Horizonte e a utilização de parâmetros estatísticos aplicados à climatologia.

Para obtenção dos dados em campo, foram utilizados sensores termo-higrômetros automáticos Data Logger modelo HT 4000, para mensuração de temperatura e umidade relativa do ar em 3 pontos da estação ecológica. Os pontos foram distribuídos de modo que demonstrassem a variação de temperatura e umidade do ar ao longo do período amostrado em ambientes distintos, sendo alocados no interior da Olaria, em área aberta e próxima da administração da estação ecológica e área de mata típica de transição entre o cerrado e a Mata Atlântica com densa cobertura florestal arbórea.

No interior da Olaria, a fim de compreender as diferentes colonizações de fungos e musgos na estrutura, foram feitas medições pontuais ao longo das semanas. Essas medições em diferentes pontos da estrutura buscaram verificar as diferenças de umidade e temperatura na superfície de diferentes partes da estrutura (figura 1) utilizando do medidor de umidade em superfície (Marca VONDER, modelo MUV 200), para temperatura e umidade nos pontos da estrutura utilizando o detector de qualidade do ar de partículas de laser (Marca Regitech, modelo P15) e o aparelho medidor e detector de qualidade do ar (Marca Elitech, modelo Temtop M2000). Além das mensurações, foram feitas imagens ao longo dos dias para perceber possíveis diferenças na cor dos organismos a partir de diferenças pontuais de umidade entre os intervalos com ou sem precipitação ao longo do mês e como os organismos se comportam, comparando as partes que recebiam mais ou menos insolação.

Figura 1: Parte interior da Olaria, equipamentos para medição de temperatura e umidade e medidor de temperatura e umidade em superfície no extremo direito da imagem.



Fonte: Elaborado por Gabriel A Pedrozo.

O período de coleta dos dados foi estabelecido do dia 9 de janeiro até 28 de fevereiro de 2025, correspondente a sete semanas de coleta, durante intervalo de tempo normalmente caracterizado por grande volume de precipitações, devido ao período chuvoso que é característico de Belo Horizonte nessa época do ano. Durante esse período, também foram analisadas as imagens de satélite disponibilizadas pelo INMET em conjunto com as cartas sinóticas da Marinha do Brasil para compreender as condições climáticas em meso e

macroescalas vigentes nesse recorte temporal. Essas representações foram fundamentais, pois permitem relacionar as dinâmicas climáticas observadas em campo com os fatores dinâmicos de escalas superiores. Além dos dados coletados, foram analisados conjuntamente os dados disponibilizados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) referentes à Estação Pampulha (A521), como parâmetro de comparação entre as condições experimentadas pelos ambientes amostrados e os elementos climáticos mensurados pela estação automática.

Os dados coletados em campo tanto pelos data loggers como pelas medições in loco na Olaria, foram processados em conjunto no software Excel, onde foram inicialmente corrigidos de acordo com o procedimento indicado pelo fabricante e depois organizados em planilhas. Após esse momento, foram construídos tabelas e gráficos a partir das médias, dados máximos e mínimos, tanto para o conjunto de dados no geral, como para as horas de cada dia a fim de compreender as diferenças no comportamento da temperatura e umidade relativa nos três ambientes ao longo do período amostral e ao longo do dia.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados gerais em relação a temperatura e umidade nos três ambientes de coleta ao longo do período amostrado, foram sistematizados na tabela 1. Com base nesses dados, conseguiu-se identificar algumas características sobre cada ambiente, como a área com as maiores médias de temperatura ($23,6^{\circ}\text{C}$) e máxima absoluta ($33,2^{\circ}\text{C}$) na Sede Administrativa, além de ter a menor umidade relativa (36%), referente a todos os dados. Sobre a Olaria, conseguiu-se identificar que é um ambiente com comportamento singular, tendo as menores amplitudes térmicas e higrométricas, seja para temperatura ($8,2^{\circ}\text{C}$) ou umidade relativa do ar (43%). Além da mata atlântica que, por ser um ambiente com maior densidade de vegetação, possui as menores médias para temperatura ($22,6^{\circ}\text{C}$) mas que não supera a Olaria quando se trata de umidade relativa do ar.

Tabela 1: Médias, máximas, mínimas e amplitude dos dados Gerais de campo do dia 09/01/2025 até o dia 28/02/2025.

1 Olaria			2 Mata Atlântica		3 Administração	
Dados Gerais	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	U.R. (%)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	U.R. (%)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	U.R. (%)
Médias	22,8	73	22,6	70	23,6	68

Médias	27,7	90	29,8	92	33,2	91
Máx. Absol.	19,5	47	18	37	18,2	36
Min. Absol.	19,5	47	18	37	18,2	36
Amplit.	8,2	43	11,8	55	15	55

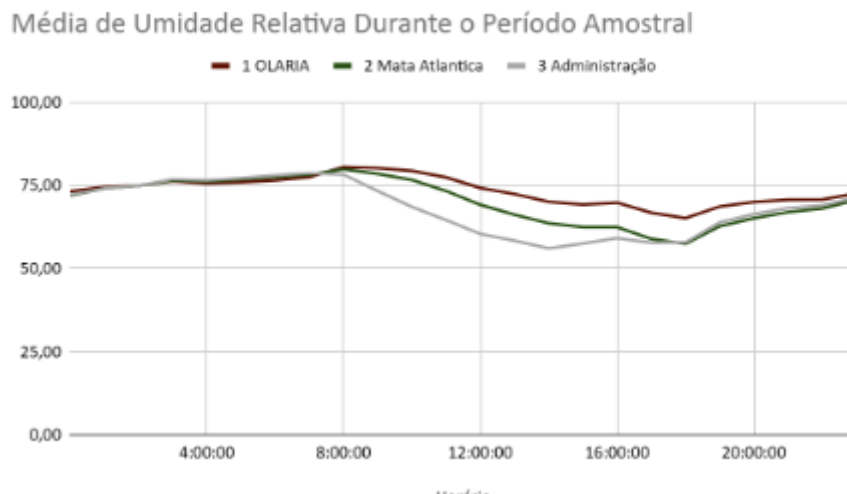
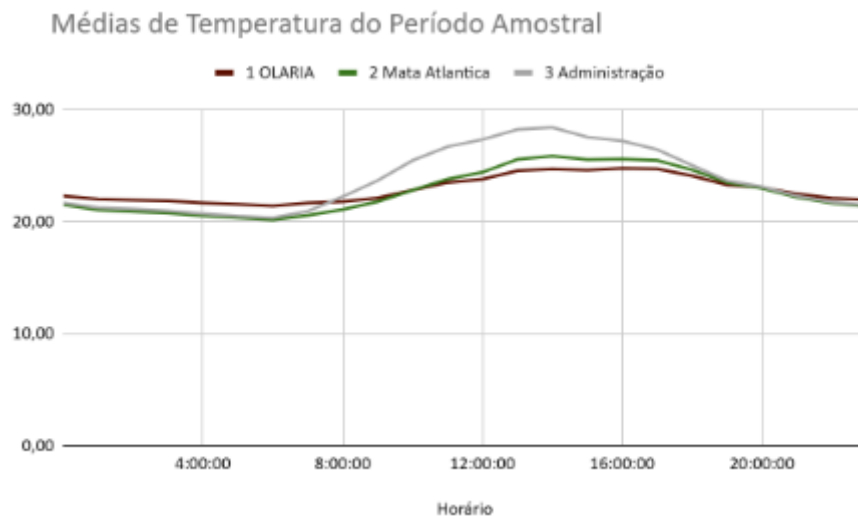
Fonte: Elaborado pelos autores.

Em perspectiva da colonização de musgos e fungos, a Mata Atlântica mantém um microclima mais úmido e relativamente frio, que são condições ideais para o crescimento de musgos e fungos. Porém, na Administração, por ser um local com menos vegetação, mais áreas pavimentadas que recebe maior incidência solar pela exposição e, por consequência, acumulando calor, torna-se um ambiente com maior variação térmica e menor umidade. Estas características fazem com que a Administração seja, como pode ser observado in loco, o local menos favorável à proliferação de organismos dependentes de umidade constante. Por outro lado, a Olaria, por ser uma estrutura artificial de tijolos de cerâmica, retém calor, o que pode influenciar na sua distribuição de umidade, criando microambientes favoráveis à colonização fúngica.

Essas condições climáticas podem ser observadas nos gráficos a seguir (figura 3) sobre as médias horárias tanto de temperatura quanto da umidade para os ambientes amostrados.

Diante desses gráficos pode-se perceber as seguintes interações. A Sede Administrativa, pelas condições ambientais descritas anteriormente, tem maior facilidade em perder umidade, apresentando maior pico de temperatura nos momentos do dia habitualmente mais quentes, devido à entrada de luz solar (das 9:00 até às 16:00), quando começa queda abrupta na temperatura. Em relação às variações de umidade, a situação é contrária, experimentando queda a partir das 8:00 e voltando a subir após as 16:00. Em relação a Mata Atlântica nota-se alta capacidade de manutenção da temperatura e umidade, resultando em condição mais contínua, com desvios nos momentos que recebe maior carga de irradiação. No entanto, pelo fato do ambiente ser coberto por vegetação arbórea densa, tem melhor regulação sobre o microclima.

Figura 3: Médias de Umidade Relativa e Temperatura ao longo do dia na Olaria. Dados de 09/01/2025 até o dia 28/02/2025.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

Sobre a Olaria, é evidente uma situação diferente, típica de um ambiente mais fechado, apresentando umidade igual ou acima da Mata Atlântica durante todo o período, mas com temperaturas oscilando com 1,0°C a 2,0°C acima dos valores registrados na Mata Atlântica durante as primeiras horas do dia até às 8 horas da manhã, sendo superada, posteriormente, pela Mata Atlântica após às 12 horas, sobrepondo-se aos valores da área de Mata Atlântica após o horário das 20 horas.

4.1 Colonização da Olaria

Na área da Olaria podem ser observados musgos e fungos distribuídos ao longo da estrutura com diferentes padrões de colonização. As variações observadas de temperatura e umidade criam microambientes em que cada organismo encontra as condições ideais para se instalar, criando diferentes ocupações ao longo da estrutura. Essas percepções foram evidenciadas pelas medições realizadas ao longo das semanas com medições do período entre 10-11 horas até às 13 horas, por consistir em período de maior aquecimento do dia. Lembrando que por estar em um período habitualmente chuvoso, a umidade do ar elevada, evidenciada nos dados anteriores, precisa ser levada em consideração (tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2: Dados do Sensor Regitech, modelo P15 próximo da entrada da Olaria

Data	Horário	Temperatura (°C)	Umidade (%)
16/01/2025	10:30:00	24,7	73,3
16/01/2025	11:00:00	23,4	78,6
16/01/2025	11:30:00	23,0	81,8
16/01/2025	12:00:00	23,3	82,6
23/01/2025	11:00:00	26,2	79,4
23/01/2025	11:30:00	26,4	77,6
23/01/2025	12:00:00	26,6	76,3
23/01/2025	12:30:00	27,1	72,3
23/01/2025	13:00:00	27,5	75,0
22/02/2025	11:00:00	27,6	63,2
22/02/2025	11:30:00	25,5	66,8
22/02/2025	12:00:00	25,8	68,7
22/02/2025	12:30:00	26,1	67,3
22/02/2025	13:00:00	26,8	66,9

Fonte: Elaborado por Gabriel Andrade Camilo

Ao analisar as tabelas é perceptível que a parte descrita como entrada da estrutura detém pequena diferença em relação à parte do final mais próxima onde foi colocado o abrigo no interior da Olaria. Isso ocorre devido a essa parte estar mais suscetível a receber a radiação proveniente da luz solar, exposição ao vento e outros elementos climáticos, o que a torna um pouco mais quente em comparação com a parte mais interior da estrutura.

Tabela 3: Dados do sensor Regitech, modelo P15 próximo do abrigo dentro da Olaria.

Data	Horário	Temperatura (°C)	Umidade (%)
16/01/2025	10:30	24,5	75
16/01/2025	11:00	23	81
16/01/2025	11:30	22,5	84

16/01/2025	12:00	22,5	84,5
23/01/2025	11:00	25,4	79,2
23/01/2025	11:30	24,9	80,6
23/01/2025	12:00	24,9	81,1
23/01/2025	12:30	25	80,5
23/01/2025	13:00	25,2	81,2
22/02/2025	11:00	26,7	67,4
22/02/2025	11:30	24,5	74,5
22/02/2025	12:00	24,6	73,4
22/02/2025	12:30	24,8	74
22/02/2025	13:00	25	73,3

Fonte: Gabriel Andrade Camilo.

Tabela 4: Dados do sensor Elitech, modelo Temtop M2000 na parte central dentro da Olaria.

Data e horário	Temperatura (°C)	Umidade (%)
2025-01-16 10:30:00	24,8	77,9
2025-01-16 11:00:00	27,0	73,8
2025-01-16 11:30:00	24,3	82,5
2025-01-16 12:00:00	23,9	83,8
2025-01-23 11:00:00	30,2	69,2
2025-01-23 11:30:00	27,3	78,8
2025-01-23 12:00:00	31,5	67,0
2025-01-23 12:30:00	28,0	74,4
2025-01-23 13:00:00	28,0	75,0
2025-02-21 11:00:00	30,1	59,8
2025-02-21 11:30:00	26,8	67,9
2025-02-21 12:00:00	26,3	68,3
2025-02-21 12:32:58	26,6	68,8
2025-02-21 13:02:58	27,5	64,7

Fonte: Gabriel Andrade Camilo.

Essa situação também ocorre com a umidade que apresenta pequena variação quando comparada aos dados da tabela da entrada em relação a tabela com o sensor de mesma marca próximo ao abrigo, mas no solo. Em relação ao sensor colocado no centro da estrutura, apresenta dados mais destoantes, o que se dá pelo fato de que a estrutura da Olaria é vazada com entradas tanto na parte de cima quanto nas laterais e, em certos momentos, a luz solar aquece pontos específicos da estrutura mais do que as extremidades onde foram instalados os outros sensores. Nessa perspectiva pode-se perceber que existem diferenças entre a circulação

do ar e as variações nos elementos climáticos na estrutura e, como consequência disso, podem ser vistas na colonização da estrutura pelos fungos e musgos.

Quando se utiliza o medidor de umidade e temperatura em superfície, fica perceptível que na parte em que o fungo ocupa (parte interior da estrutura) as medições de umidade eram mais baixas, estando abaixo dos 20%, enquanto nas aberturas/entradas, ou seja, nas partes “vazadas” da estrutura os musgos estavam concentrados e apresentavam elevações de umidade em superfície maiores do que 20%, mesmo que se apresentassem de maneira desigual pela Olaria.

Essa situação demonstra que existiam diferenças consideráveis na superfície comparando a parte de dentro e de fora. No entanto, essa diferença se torna ainda mais perceptível quando se compara as imagens e visualiza-se as diferenças nas cores dos musgos comparando as partes da estrutura até a área da Mata atlântica, conforme imagem a seguir da figura 4.

A diferença de colonização pelos musgos e pelos fungos na olaria varia de acordo com a umidade tanto do ar quanto da superfície. Essa característica fica evidente na mudança de cor entre a parte da olaria que recebe maior quantidade de irradiação solar em comparação com o lado oposto. As fotos da esquerda (figura 4) apresentam cor mais fosca e existem partes da parede que não são cobertas pelo musgo, enquanto que na parte que recebe menos irradiação fica evidente um verde mais claro e com cor mais vibrante.

Outro ponto que vale destacar é que na parte que recebe mais irradiação solar os musgos se concentram apenas próximos da superfície e não se estendem mais do que na metade da superfície, enquanto no lado oposto o musgo aparece em toda a parede, além de outras plantas com menos folhas também aparecerem na parede externa.

Figura 4: Comparação entre a colonização entre os lados da Olaria.



Fonte: Elaborado por Gabriel Andrade Camilo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A colonização por fungos e musgos tem sua expansão atrelada, em especial, a fatores de umidade do ar, umidade em superfícies e temperatura. Os dados meteorológicos da Olaria apontam para a existência de um ambiente relativamente quente e úmido, com algumas flutuações de umidade que, por sua vez, podem afetar os fungos e musgos. A comparação com outros microclimas da Estação Ecológica indica que a Olaria pode ser considerada como um

espaço que sustenta organismos adaptados em ambientes úmidos e em condições menos estáveis de tempo meteorológico. Esta constatação revela que o arcabouço biótico na Olaria não apenas é um resultado, mas encontra-se sujeito a sua diversidade fúngica e muscínea a alterações microclimáticas.

Tal panorama levantado na pesquisa, naturalmente, possibilita levantar preocupações quanto à preservação patrimonial da Olaria. Uma vez que tais organismos são agentes de intemperismo biológico, especialmente, a liberação de ácidos orgânicos que podem ocasionar a deterioração das superfícies de alvenaria do recinto. O estudo e a compreensão destes agentes bióticos de intemperismo e as condicionantes microclimáticas a que estão sujeitos, são importantes para a criação de estratégias.

No presente caso, como foi observado acima, a aplicação de mecanismos de controle e regulação de umidade e, em complemento, o uso de barreiras físicas para o controle de esporos fúngicos tratam-se de medidas preventivas e sustentáveis de preservação. Desta forma, a preservação do patrimônio histórico que a Olaria representa pode ser conciliado com o rico ambiente que a circunda, conciliando com a manutenção da riqueza ecológica da Estação Ecológica.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento as instituições brasileiras que apoiam este projeto: CAPES código 0001 e ao Programa de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências- IGC/UFMG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Guadalupe do Nascimento; GRANATO, Marcus. **Preservação do Patrimônio Arqueológico: desafios e estudos de caso**. Ed. Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 2017.

CARNEIRO, R., MARTINS, M., VÁSQUEZ, H., e DETMANN, E.. Doses de fósforo e inoculação micorrízica no cultivo de estilosantes em solo sob condições naturais. **Archivos De Zootecnia**, 59, 415-426. 2010. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922010000300009> .

DALY, C., COX, P., CUFFE-FITZGERALD, A., DUBS, B., & PICKERILL, T. 2010.

Monitoring Impacts of Climate Change on Built Heritage. Report for the Department of Environment Heritage and Local Government by ICOMOS Ireland [Accessed October 2024].

EL-SAYED, ,Shaimaa Sayed Mohamed; KADER, Rabea Radi Abdel; ABO-EL YAMIN, Ahmed. Desert Environment Effect on the Deterioration of Ancient Building Materials in Archaeological Buildings (El-Bagawat Tombs, El-Kharga Oasis as an Example). **Britain International of Exact Sciences (BIOEx) Journal**, v. 2, n. 2, p. 476-485, 2020.

JARDIM, Carlos Henrique; DE ANDRADE, Ana Carolina Novaes; SILVA, Aion Angelu Ferraz. Considerações sobre microclimas e paisagem na Estação Ecológica da UFMG em Belo Horizonte-MG. **Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2021.

JARDIM, Carlos Henrique; MONTEIRO, Heli Cássio. Microclimatic units in the UFMG ecological station in Belo Horizonte, Brazil: methodological aspects and the role of vegetation in thermal impacts. **Revista Geografias**, v. 10, n. 1, p. 86-102, 2014.

LAGE, Maria Conceição Soares Meneses; BORGES, Jóina Freitas; JUNIOR, Simplicio Rocha. Sítios de Registros Rupestres: Monitoramento e Conservação. **Revista de Humanidades - MNEME**, Caicó, v.6, n.13, p.28-51, jan. 2005.

LIMA, I. M., JARDIM, C. H., GARCIA, R. A., & ASSIS, W. L. Análise da temperatura e umidade relativa do ar no bairro Castelo, Belo Horizonte–MG, no segmento temporal de 11/09/16 a 12/10/2016. In **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, 1. 2017.

NASCIMENTO, Dênis Duarte; VASCONCELOS, Vitor Vieira; VALLE, Felipe Caldeira Brant. Microclimas na estação ecológica da universidade federal de minas gerais. In **Eventos de Geografia**, 2012.

REIS, M. O., e JARDIM, C. H. Variações da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes biótopos na Estação Ecológica da UFMG. **Revista Pantaneira**, 24, 2024.



RODRIGUES, H., GOMES, D., e COSTA, A.. Avaliação estatística do crescimento populacional de micro-organismos de solo associado à sazonalidade microclimática em uma floresta tropical úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2022. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.4.p2086-2103>

PEDROZO, G. A. e JARDIM, C. H. Impactos Climáticos sobre Artefatos Industriais na Estação Ecológica da UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais: um estudo de caso. **Revista Tamoios**. 2025 (no prelo).