

IMPACTO DA MICOLOGIA FORENSE NOS ÚLTIMOS 30 ANOS

Matheus Pacheco dos Santos*

Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, Brasil.

Patricia do Rocio Dalzoto

Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, Brasil.

IMPACT OF FORENSIC MYCOLOGY IN THE LAST 30 YEARS

RESUMO

A microbiologia forense, área das ciências forenses, utiliza microrganismos no intuito de auxiliar na elucidação de crimes, sendo a micologia forense aquela que emprega o estudo dos fungos em perícias criminais. De acordo com diversos autores, embora seja uma área relativamente nova, apresenta um grande potencial na determinação do intervalo post mortem (IPM) quando, por exemplo, se localizam covas clandestinas; na determinação de locais de crimes; na atribuição de culpa a um suspeito relacionando-o ao local do crime e, ainda, em casos de intoxicação fúngica criminosa. O objetivo desta revisão foi fornecer maior visibilidade para o potencial dos fungos em análises forenses. Para tanto elaborou-se revisão de artigos publicados referentes ao tema dos últimos 30 anos (1993-2023). A pesquisa foi realizada por meio das plataformas *Google Scholar* e *PubMed*, empregando as seguintes palavras-chave: “*Micologia forense*”, “*Forensic mycology*”, “*Taphonomic mycota*”, “*Microbiota cadavérica*” e “*Ammonia fungi*”. Foram encontrados 33 trabalhos sobre o tema em português, inglês e espanhol, sendo 23 deles publicados nos últimos 10 anos. Isso evidencia o interesse crescente na micologia forense e seu potencial no âmbito criminal, embora seja uma área ainda incipiente que carece de mais estudos. Pesquisas da funga local, solo, da forma e quantidade de compostos orgânicos que são liberados no solo durante o período de decomposição, são imprescindíveis para que a micologia forense seja considerada precisa e, desta maneira, tenha mais potencial de utilizada na perícia criminal.

PALAVRAS-CHAVE: Fungos. Perícia criminal. Micologia forense.

ABSTRACT

Forensic microbiology, an area of forensic science, uses microorganisms to help solve crimes, with forensic mycology being the field that uses the study of fungi in criminal investigations. According to several authors, although it is a relatively new area, it has great potential in determining the post mortem interval (PMI) when, for example, clandestine graves are located; in determining crime scenes; in attributing guilt to a suspect by relating him to the crime scene and, also, in cases of criminal fungal poisoning. The objective of this review was to provide greater visibility to the potential of fungi in forensic analysis. To this end, a review of published articles on the subject from the last 30 years (1993-2023) was prepared. The research was carried out through the Google Scholar and PubMed platforms, using the following keywords: “Forensic mycology”, “Forensic mycology”, “Taphonomicmycota”, “Cadavéricamicrobiota” and “Ammonia fungi”. 33 papers on the subject were found in Portuguese, English and Spanish, 23 of which were published in the last 10 years. This highlights the growing interest in forensic mycology and its potential in the criminal field. Although it is still an incipient area that requires further studies, research into local fungi, soil, and the form and quantity of organic compounds that are released into the soil during the decomposition period are essential for forensic mycology to be considered accurate and, therefore, have greater potential for use in criminal investigations.

KEYWORDS: *Fungi. Criminal expertise. Forensic mycology.*

* matcolono@gmail.com

INTRODUÇÃO

As ciências forenses compreendem um grupo de áreas que apresentam como objetivo principal auxiliar na elucidação de investigações criminais, englobando dois componentes fundamentais: a justiça e a ciência. A perícia criminal exerce uma função de extrema importância, já que é por meio de laudos periciais que muitas vezes o réu pode ser inocentado ou condenado. Dentre as áreas que estão inseridas neste grupo, pode-se citar: a genética forense, toxicologia forense, entomologia forense, microbiologia forense, micologia forense, botânica forense, entre outras¹⁻³.

A biologia molecular teve um grande avanço nas últimas décadas, na área da perícia criminal, com a análise de DNA. A genética forense é de grande importância para a maioria das áreas, auxiliando na identificação humana, de plantas, animais e microrganismos, já que é possível extrair material genético de qualquer fluido ou tecido como urina, saliva, sêmen, pele, mucosas e outros materiais orgânicos^{4,5}.

A micologia forense, parte da microbiologia forense que emprega os fungos em análises criminais, é uma área ainda incipiente, porém com grande potencial para auxiliar na elucidação de crimes como: possibilitar a estimativa do intervalo *post mortem*; na descoberta de locais de crimes; na complementação da perícia quando há escassez de provas, entre outros⁶. Esporos fúngicos e seus remanescentes podem ser utilizados para elucidar diversos crimes. A parte da microbiologia forense que os emprega, juntamente com grãos de pólen, é a palinologia. Os esporos podem ser transportados via vento, água, insetos, animais e pelo homem e, em geral, ficam aderidos aos substratos, o que os torna importantes na análise de locais de crime, por exemplo^{7,8}. Os basidiomas dos fungos também podem servir de provas, quando crescem na superfície de covas clandestinas, devido à alta concentração de amônia nesses locais, sendo denominados de “fungos pós putrefação”⁹.

Visando evidenciar a importância crescente da micologia forense no âmbito criminal, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de publicações sobre o tema que ocorreram nos últimos 30 anos (1993 – 2023). Ainda, por meio desta revisão, suscitar o interesse pela pesquisa em micologia forense de modo que possa ser empregada com maior confiabilidade nas análises criminais.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica narrativa para identificação e descrição dos estudos publicados sobre micologia forense com intuito de evidenciar sua importância na perícia criminal. Este método de pesquisa consiste em coletar e analisar publicações para que possibilite uma discussão teórica sobre o tema em questão¹⁰.

A pesquisa foi realizada nas plataformas de busca *Google scholar* e *PubMed*, com intervalo de tempo de 30 anos (1993-

2023), e foram utilizadas cinco palavras-chave para a busca. São elas: “*Micologia forense*”, “*Forensicmycology*”, “*Taphonomycota*”, “*Microbiota cadavérica*” e “*Ammoniafungi*”.

Foram obtidas 33 publicações, sendo 23 dos últimos dez anos. Os anos com maior número de publicações foram 2017 (quatro), 2013 (três), 2014 (três), 2019 (três) e 2021 (três). Destes, cinco foram publicadas em português, oito em espanhol e 20 em inglês.

MICOLOGIA FORENSE

Os fungos são eucariotos dispersos por meio de esporos, estruturas reprodutivas produzidas por reprodução sexuada, assexuada ou ambas. A dispersão da grande maioria é passiva, ou seja, dispersos por agentes externos como sementes, vento, chuva, insetos, entre outros. Estes organismos podem apresentar morfologia filamentosa ou leveduriforme e alguns podem ser dimórficos, dependendo especialmente da temperatura do ambiente em que se encontram. Os fungos apresentam uma fisiologia interessante: são capazes de crescer em diferentes substratos, como solo, madeira, folhas e tecidos vivos ou mortos, sendo importantes decompositores da matéria orgânica⁶. Desta forma, o estudo dos fungos na decomposição cadavérica torna-se uma área de interesse, pois, assim como as bactérias, participam ativamente do processo de decomposição de humanos e outros animais. Sob esta perspectiva, surge a micologia forense, área que se utiliza da análise dos fungos para auxiliar investigações criminais.

A micologia forense apresenta grande potencial para determinar o tempo de morte, ou intervalo *post mortem*, fornecer informações residuais para complementação de provas, corroborar a identificação da causa da morte, esclarecer casos de alucinações ou envenenamento, auxiliar na localização de cadáveres e, até, elucidar quais agentes biológicos utilizados em guerras biológicas⁶.

Intervalo post mortem (IPM)

Uma das principais aspirações de uso da micologia forense é determinar o intervalo *post mortem* (IPM) que busca determinar o intervalo de tempo da morte do indivíduo até a sua descoberta. Um dos primeiros trabalhos publicados utilizando fungos para determinar o IPM foi realizado por Voorde e Van Dijk (1982)^{11,12} em um caso em que a polícia belga encontrou o corpo de uma mulher em sua casa com ferimentos de faca. O estado de putrefação e a presença de fungos indicava que o crime ocorrera em algumas semanas antes do encontro do corpo. Para estimar o intervalo de tempo em que a mulher estava morta, pesquisadores decidiram coletar amostras dos fungos presentes no cadáver e cultivá-los em laboratório nas mesmas condições em que foram encontrados. Foram cultivados a 12°C, mesma temperatura da casa que era controlada pela presença de um termostato. Deduziu-se, então, por meio do acompanhamento do

crescimento fúngico, que a mulher estava morta há pelo menos 18 dias. Este experimento possibilitou a identificação dos fungos cadavéricos que pertenciam aos gêneros: *Cladosporium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Hormodendron*, *Mortierellae* *Penicillium*. Esses gêneros são comumente encontrados no ar (anemófilos), mas também podem ser patógenos vegetais e alguns até são capazes de causar doenças em humanos e em outros animais. Possivelmente, esses fungos estavam presentes no ambiente em que a morte ocorreu e colonizaram o corpo, utilizando a matéria orgânica para seu crescimento.

Outro caso em que os fungos contribuíram para a resolução de um crime foi em 1996, quando uma jovem foi encontrada morta em seu apartamento. O patologista forense constatou que havia certo grau de mumificação no cadáver e com isso era necessário definir o tempo de morte. Havendo presença de mofo verde azulado no corpo, foram coletadas amostras e mensurado o tamanho das colônias. Foram identificados *Penicillium* *Mucor*. Um micologista estudou e cultivou as amostras em dois meios artificiais, sendo um com condições semelhantes ao que o corpo foi encontrado (4°C) e outro em temperatura ambiente (21°C - 24°C). Comparando com a taxa de crescimento dos fungos, inferiu-se que a morte ocorrera, no mínimo, três a quatro semanas antes do encontro do corpo. O estudo realizado pelo micologista corroborou a investigação do caso que resultou na condenação de um homem à prisão perpétua¹³. Neste caso especificamente, os fungos foram ferramentas importantes na elucidação do crime, levando em conta que as condições do ambiente eram bem peculiares quando do encontro do corpo que se apresentava bem preservado. A baixa temperatura reduziu a atividade dos microrganismos e a decomposição aconteceu mais lentamente, levando à mumificação de algumas partes do cadáver. Isso não ocorre com frequência e, na verdade, os odores da putrefação é que levam, muitas vezes ao encontro de corpos em residências, por exemplo.

Um caso em que a micologia forense foi de extrema importância, dada a ausência de insetos no cadáver, foi o de um homem, no Japão, que caiu dentro de um poço em seu quintal. O corpo estava parcialmente imerso em água, a uma profundidade de 30 cm. A temperatura no poço estava constante, entre 12°C a 13,8°C, com umidade perto de 100%. Os fungos que haviam colonizado o cadáver foram coletados e identificados como *Penicillium* sp. e *Aspergillus terreus*. Esses fungos geralmente colonizam um indivíduo entre três a sete dias e, juntamente com a informação de que o homem foi visto pela última vez 12 dias antes do encontro do corpo, ficou evidenciado que ele se encontrava morto há aproximadamente dez dias^{14,15}. A ausência de insetos é observada quando os corpos são encontrados submersos e isso dificulta a determinação do tempo de morte, uma vez que os insetos compõem a fauna cadavérica, importante para a determinação do IPM. A avaliação do crescimento fúngico, neste caso, se mostrou fundamental, sobretudo devido à ausência de outros dados que são exami-

nados na entomologia forense.

Restos de alimentos também podem fornecer informações referentes ao IPM, conforme publicação de Hawksworth, Wiltshire (2015)¹³. No nordeste de Londres, uma mãe foi indicada por negligência após deixar seus três filhos sozinhos em um apartamento, resultando na morte de um deles. De acordo com a mãe, o tempo em que os filhos ficaram sozinhos foi de um final de semana. Foram encontradas 14 evidências que contribuíram para sua condenação. As colônias fúngicas encontradas nos alimentos deixados pela mãe foram identificadas, medidas e comparadas com as publicações já existentes referentes à taxa de crescimento desses fungos (*Aspergillus niger* e *Geotrichum candidum*) com condições de temperaturas semelhantes às temperaturas medidas no apartamento. O resultado dessa análise inferiu que os alimentos deixados para as crianças estavam, no mínimo, prontos há dez dias. A mãe declarou-se culpada frente a essas evidências. O crescimento dos fungos em alimentos é bastante comum, uma vez que são capazes de crescer em diferentes substratos e, em consequência, são considerados como degradadores de alimentos, alterando suas propriedades organolépticas. Neste caso, provavelmente, os fungos eram provenientes do ar e contaminaram o alimento que ficou exposto por diversos dias, propiciando a visualização de colônias fúngicas que surgem após alguns dias da germinação dos esporos.

Ishiet *al.* (2006)¹⁶ realizaram um dos primeiros trabalhos a fim de descrever os fungos presentes em cadáveres humanos. Foram analisados fungos encontrados em dois cadáveres em estados de decomposição diferentes, sendo um esqueletizado e outro mumificado. Em ambos os casos foi identificado o gênero *Eurotium*. No corpo que estava na fase de esqueletização, também foi constatado o gênero *Gliocladium* sp., sendo o gênero *Eurotium* mais numeroso. Vale ressaltar outro estudo realizado em cadáveres humanos realizado por Di Piazza *et al.* (2018)¹⁷ quando discutiu-se dados micológicos coletados em um período de seis semanas em um necrotério, sendo este um ambiente controlado. O estudo demonstrou o padrão de crescimento das colônias fúngicas em dois indivíduos que vieram a óbito com condições ambientais e padrões de vida diferentes. Um dos indivíduos faleceu no hospital que normalmente é um ambiente com padrões sanitários ideais. Já o outro foi encontrado em casa três dias após o óbito, em condições sanitárias precárias. Como resultado, foram constatados diferentes padrões de crescimento fúngico nos cadáveres durante as seis semanas. Nos casos apresentados no estudo, as condições ambientais e condições de vida dos dois homens podem explicar o resultado obtido. O primeiro apresentou uma colonização limitada à cavidade oral. O segundo apresentou 63% da face e 40% da superfície do corpo colonizados. O estudo concluiu que, por meio de uma análise profunda das colonizações fúngicas presentes em cadáveres, é possível inferir condições ambientais do local de encontro do corpo, IPM e se o cadáver foi transferido do local original do óbito.

Intoxicação fúngica

Os fungos, como ferramentas em casos de intoxicação, também são importantes para auxiliar na elucidação de casos criminais. Essa intoxicação pode ser acidental ou deliberada, podendo ser fatal. Muitas vezes essas intoxicações não levam à morte do indivíduo, pois dependem da quantidade consumida e da sua tolerância ao efeito da toxicidade. Muitas culturas e estilos de vida utilizam organismos selvagens para o consumo, e essa situação pode ser agravada, por exemplo, quando a colheita de cogumelos selvagens não é realizada por profissionais^{18,19}. Os sintomas podem ser tanto rápidos como tardios, a depender dos danos em órgãos internos. Os fungos mais tóxicos são produtores de toxinas, como as amanitinas, giromitrina e muscarina. A ingestão de pequenas quantidades pode ser fatal. Quando há suspeita de intoxicação por fungos tóxicos, é necessário colher tanto o conteúdo estomacal/intestinal como remanescentes do cogumelo para posterior análise⁶.

Em um caso de intoxicação, no Japão, relatado por Gonomori e Yashioka (2003)²⁰, um casal consumiu cogumelos durante o almoço e no jantar. Pela manhã, o homem foi levado ao hospital, porém acabou falecendo. Sua esposa foi encontrada morta na cama. Após a realização de uma perícia forense na casa do casal, foram encontrados restos do cogumelo *Amanita phalloidesna pia*. Após a autópsia realizada no casal, foi constatada a presença de γ -amanitina no sangue, fígado e cérebro das vítimas. Este cogumelo é fatal quando ingerido e representa uma das principais causas de morte por ingestão de fungos.

Outro caso¹³ em que houve morte por intoxicação, relatou que um homem morreu 4 dias após a ingestão de *Ayahuasca* (infusão de plantas sul-americanas da floresta tropical) em uma cerimônia xamânica. Após a polícia ser informada que o falecido tinha o hábito de consumir cogumelos, foi encontrado, em seus pertences, um cogumelo identificado como *Psilocybe semilanceata*. O cogumelo em questão produz a psilocibina que, quando sofre a desfosforilação, torna-se um composto farmacologicamente ativo chamado de psilocina (substância que apresenta potencial alucinógeno para seres humanos). Foi realizada uma análise do conteúdo estomacal e intestinal e foi constatada não só a presença de esporos do fungo, como, também, pólen de cannabis e sementes da papoula do ópio (*Papaver somniferum*). A acusação que seria de assassinato cometido pelo xamã foi reduzida a posse de drogas¹³. Este caso evidencia a importância da necropsia e análise toxicológica complementar do cadáver, pois a morte por intoxicação pode ocorrer por várias substâncias, que podem ser facilmente identificadas, tornando a elucidação da causa da morte mais confiável.

Fungos pós putrefação

Os fungos chamados de pós-putrefação, e fungos de amônia, apresentam potencial para atuar como marcadores de túmu-

los clandestinos e para estimar o intervalo após o sepultamento. A sucessão de produção e exteriorização dos basidiomas, ou ascomas desses fungos, e o uso do nitrogênio (N), fornecem a base para a estimativa do intervalo pós- sepultamento. É chamado de sucessão de exteriorização de basidiomas, ou ascomas, quando um grupo de fungos é substituído por outro. A sucessão é dividida em dois estágios: inicial e tardio. Os fungos de estágio inicial são os ascomicetos, mitosporicos e os basidiomicetos saprotroficos que podem produzir estruturas reprodutivas (basidiomas) de um a dez meses após sua fertilização em solo que contenha uréia e NH₄ (amônio), ou outros materiais, que contenham compostos nitrogenados que liberem NH₃ (amônia) durante a decomposição. Os fungos do estágio tardio são as ectomicorrizas, do filo *Basidiomycota*, que podem produzir basidiomas de um a quatro anos após a fertilização. A frutificação ocorre em resposta ao nitrogênio orgânico e altas concentrações de amônio e nitrato²¹⁻²³. Um dos principais gêneros de fungos pós-putrefação, e que apresenta potencial para análises forenses, é o *Hebelomaque* é constatada documentalmente em locais onde há carcaças de animais²⁴.

Apesar de ser lento o progresso da verificação dos fungos para identificação de covas clandestinas, sua utilização para indicar mudança na cena do crime é bastante promissora. Os fungos apresentam crescimento geotrópico, em que a estipe cresce verticalmente, e o pílio, horizontalmente. Quando há perturbação no ambiente que altere a forma de crescimento do fungo, eles se reorientam para crescer de forma geotrópica. Essa reorientação acaba causando deformações que podem ser utilizadas para o reconhecimento de perturbações no local do crime²⁵.

Realizou-se, na Argentina, um estudo para identificar fungos presentes no solo sob um determinado cadáver. Foram coletadas pequenas amostras de solo abaixo corpo, a 15 m de distância, e armazenados em bolsas herméticas. Foram realizadas culturas em laboratório para a devida identificação. Encontraram-se quatro espécies pioneiras colonizadoras de solos modificados devido à decomposição, sendo elas: *Dichotomomyces cepjii*, *Talaromyces trachyspermus*, *Talaromyces flavus* e *Talaromyces udagawae*. Uma das espécies que chamou atenção dos pesquisadores foi *Talaromycesudagawae*, pois além de ser o primeiro registro na Argentina, também consistiu na primeira vez em que foi encontrado em relação a cadáveres humanos, apontando um certo potencial para a identificação de solos que apresentam cadáveres humanos em decomposição^{26,27}.

A decomposição de cadáveres apresenta um impacto profundo nas comunidades do solo. Conforme a decomposição progride, ficam evidentes os padrões de sucessão da comunidade do solo, conforme mostra o estudo realizado por *Xiaoliang et al.* (2019)²⁸. Nesse trabalho, foram comparados os impactos da decomposição nas comunidades fúngicas em condições internas e externas, e evidenciou-se que há diferenças significativas entre essas comunidades.

Alguns estudos realizados no Brasil são bastante promissores para a utilização da micologia forense. Moreira Filho

(2008)^{29,30} demonstrou as espécies de fungos de interesse forense encontradas durante os períodos da decomposição: gasoso, coliquativo e esqueletização. Durante o período gasoso, foram encontrados isolados de fungos filamentosos e de leveduras. A análise dos fungos filamentosos revelou os seguintes gêneros: *Aspergillus ssp.*, sendo o mais numeroso, com 63 amostras, seguido por *Penicillium spp.*, com 21 amostras, quatro de *Mucorssp.*, dois de *Acremoniums pp.*, um de *Trichoderma spp.*, um de *Fusarium spp.* e dois de *Geotrichum spp.* As leveduras encontradas pertencem aos gêneros *Candida spp.* (44 amostras) e *Trichosporon spp.* (cinco amostras). Durante o período coliquativo, houve uma diminuição nas colônias de fungos. Os isolados filamentosos foram representados pelos gêneros *Aspergillus*, com três amostras; *Penicillium spp.*, com duas amostras; *Acremonium sp.*, com uma amostra. Em relação às leveduras, foi observada apenas a presença do gênero *Candidaspp.*, com seis amostras. Já no período de esqueletização, as colônias fúngicas voltaram a aparecer com mais intensidade. No que se refere aos isolados filamentosos, 22 são representados pelo gênero *Aspergillus spp.*; 18 pelo *Penicillium spp.*; dez representados pelo *Mucorssp.*; dois por *Acremonium spp.* e um por *Trichoderma sp.* Para os isolados de leveduras, constatou-se os gêneros *Trichosporon sp.* e *Candida sp.*, ambos com uma amostra. Esse trabalho demonstrou que fungos filamentosos são observados mais comumente quando o cadáver não está em estado ativo de putrefação, embora ainda possam ser isolados, e que as leveduras crescem em maior número no período coliquativo. Isso corrobora as características fisiológicas desses fungos e essa informação pode ser utilizada em estudos futuros, levando em consideração o que se espera encontrar em cada fase da decomposição.

Outra contribuição brasileira é o trabalho realizado por *Goebel et al.* (2013)³¹, quando foram analisados os fungos presentes na carcaça de suínos devido ao fato de que essa espécie animal apresenta semelhanças anatômicas e fisiológicas com os humanos. O estudo foi realizado na região metropolitana do Rio Grande do Sul, Brasil, durante o verão. Foram utilizados dois suínos (*Sus scrofa domestica*) que foram acondicionados em gaiolas para evitar a ação predatória, onde cada gaiola estava equipada com um termômetro analítico e um higrômetro usados para mensurar as temperaturas máximas e mínimas, bem como a umidade do local, respectivamente. Uma gaiola ficou exposta ao sol, com o animal acondicionado em saco plástico, e a outra em mata fechada durante 30 dias. Os fungos isolados foram predominantemente dos gêneros *Candida spp.* e *Penicillium spp.*. A positividade das amostras, a partir do vigésimo dia, foi bem relevante, pois esse intervalo do dia 20 ao 30 foi o necessário para a reprodução e desenvolvimento dos fungos e sua adequada identificação.

Outro trabalho semelhante ao anterior que avaliou a sucessão fúngica em suínos, foi publicado por Rodrigues (2014)³², realizado na cidade de Florianópolis-SC. O experimento foi semelhante ao anterior, porém foi utilizado apenas uma carcaça

de suíno (*Sus scrofa L.*) de 20 Kg. Como resultado das 29 coletas, foram identificados os seguintes gêneros leveduriformes: *Arthrographis sp.*, *Candida spp.*, *Rhodotorula sp.* Os gêneros filamentosos identificados são: *Acremonium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.*, *Curvularia sp.*, *Mucor sp.* e *Scedosporium*. O trabalho apresentou algumas diferenças no número de gêneros, quando comparado com o realizado por *Goebel et al.* (2013). Um fator que pode ter contribuído para essa diferença é o número de coletas realizadas, sendo que o primeiro autor realizou cinco coletas, enquanto Rodrigues (2014) realizou 29. Ainda dentro das análises fúngicas em suínos, temos dois trabalhos realizados no Peru. O primeiro, publicado por *Julca et al.* (2017)^{33,34}, que encontrou amostras de dois gêneros leveduriformes (*Candida spp.* e *Rhodotorula sp.*) e seis gêneros filamentosos (*Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Bipolaris sp.*, *Mucor sp.*, *Rhizopus sp.* e *Fusarium sp.*). O segundo, publicado por *Delgado* (2022)³⁵, obteve amostras de sete gêneros de fungos filamentosos (*Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Bipolaris sp.*, *Rhizopus sp.*, *Mucor sp.*, e *Microsporum sp.*) e um gênero leveduriforme (*Candida spp.*). Vale ressaltar outro estudo realizado com suínos na Espanha. O intuito desse trabalho foi demonstrar o melhor método de coleta para evidências fúngicas, comprovar a eficácia e identificar as colônias fúngicas coletadas de carcaças provenientes de sepultamentos experimentais³⁶.

Este tipo de estudo com humanos apresenta dificuldades, por razões éticas. Mas, esses trabalhos, devido ao fato de utilizarem animais com semelhanças fisiológicas com o ser humano, permitiu o acompanhamento da colonização da microbiota cadavérica até que os fungos pudessem ser observados e isolados. Isso lança uma luz sobre o potencial dos fungos na determinação do IPM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises forenses não são isoladas. Elas podem vir a ser integradas por diferentes áreas que atuam em conjunto para a elucidação de casos. Assim, a importância dos fungos para a perícia criminal é evidenciada por meio de diversas publicações, sendo de grande valia, a princípio, como complemento, nos casos em que há ausência de provas.

A micologia forense, apesar de incipiente, é bastante promissora para as ciências forenses. Os fungos, como importantes decompositores da matéria orgânica, fazem parte do processo de decomposição cadavérica e apresentam um grande potencial para auxiliar na determinação do intervalo *post mortem*, como um adicional em investigações forenses. A análise de fungos, nesse tipo de trabalho, também pode fornecer dados acerca dos gêneros e espécies relacionados à decomposição humana, contribuindo com estudos da microbiota cadavérica. Entretanto, sua realização não se limita apenas para esse fim, podendo ser empregada, também, em casos que envolvam intoxicação. Além

disso, pode ser realizada, também, para determinar locais de crimes, covas clandestinas e provar que determinado suspeito esteve presente em uma cena de crime.

Apesar do interesse crescente sobre micologia forense, ainda há escassez de estudos e publicações sobre o tema, o que limita sua aplicação. Portanto, por enquanto, não se utiliza essa ferramenta como prova concreta de um crime, e sim apenas como complemento para corroborar outras análises. Pesquisas da funga local, bem como da fisiologia dos fungos encontrados, do solo, da forma e quantidade que compostos orgânicos são liberados no solo durante o período de decomposição, são imprescindíveis para que a micologia forense seja considerada precisa e, desta maneira, tenha mais potencial de ser utilizada na perícia criminal.

REFERÊNCIAS

- Fachone P, Velho L. Ciência forense: interseção justiça, ciência e tecnologia. *Revista Tecnologia e Sociedade*. 2007;3(4):139-161.
- Lakatos RF. Examining the potential use of fungi in forensic Science. West Lafayette [Tese]. Faculty of Purdue University; 2019.
- Jamali S. The use of fungi in in the criminal investigation process in Iran. *Forensic Science Today*. 2020;6(1):24-25.
- Decanine D. O papel de marcadores moleculares na genética forense. *Revista Brasileira de Criminalística*. 2016;5(2):18-27.
- Rossi IA, Rodas PAB, Silva FI, Torres N, Gerometta RMR. Actualizaciones en la tafonomía y su relación con la Micología forense: revisión bibliográfica. *Libro de Artículos Científicos en Salud*. 2022.
- Hawksworth DL, Wiltshire PEJ. Forensic mycology: the use of fungi in criminal investigations. *Forensic Science International*. 2011;206(1-3):1-11.
- Wiltshire PEJ, Hawksworth DL, Webb JA, Edwards KJ. Palynology and mycology provide separate classes of probative evidence from the same forensic samples: A rape case from Southern England. *Forensic Science International*. 2014;244:186-195.
- Wiltshire PEJ. Mycology in palaeoecology and forensic science. *Fungal Biology*. 2016;120(11):1272-1290.
- Jasim NO. Forensic Mycology: Fungal Evidences in Forensic Analysis: A Review. *Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*. 2021;12(2):100-103.
- Brizola J, Fantin N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. *Revista de Educação do Vale do Arinos-RELV*. 2016;3(2):23-39.
- Van de Voorde H, Van dijck PJ. Determination of the time of death by fungal growth. *Z. Rechtsmedizin*. 1982;89:75-80.
- Julca GM. Micología Forense: Nueva Alternativa para la Determinación del Intervalo Post Mortem. *Revista Skopein - Criminalística y Ciencias Forenses*. 2016;4(13):70-75.
- Hawksworth DL.; Wiltshire PEJ. Forensic mycology: current perspectives. *Research and Reports in Forensic Medical Science*. 2015;5:75-83.
- Hitosugi M, Ishii K, Yaguchi T, Chigusa Y, Kurosu A, Kido, M *et al*. Fungi can be a useful forensic tool. *Legal Medicine*. 2006;8(4):240-242.
- Costa FS. Aplicações da micologia forense no âmbito criminal: uma revisão bibliográfica. Manaus [Trabalho de conclusão de curso]. Universidade do Estado do Amazonas; 2017.
- Ishii K, Hitosugi M, Kido M, Yaguchi T, Nishimura K, Hosoya Tet al. Analysis of fungi detected in humancadavers. *Legal Medicine*. 2006;8(3):188-190.
- Di Piazza S, Zotti M, Barranco R, Cecchi G, Greco G, Ventura F. Post-mortem fungal colonization pattern during 6 weeks: Two case studies. *Forensic Science International*. 2018;289:18-23.
- Tranchida MC; Cabello MN. Micología forense. In: Ayón MR. *Biología Forense*. Tucumán: Opera Lilloana; 2019. p. 80-91.
- Illana-Esteban C. Micología forense. *Boletín de Sociedad Micologica de Madrid*. 2013;37:229-244.
- Gonmori K, Yoshioka N. The examination of mushroom poisonings at Akita University. *Legal Medicine*. 2003;5:S83-S86.
- Carter DO; Tibbett M. Taphonomicmycota: fungi with forensic potential. *Journal of Forensic Science*. 2003;48(1):1-4.
- Carter DO; Tibbett M. Mushrooms and taphonomy: the fungi that mark woodland graves. *Mycologist*. 2003;17(1):20-24.
- Barbosa MA, Ferreira MJL, Santos ERR, Santos EC, Gomes BS. Aplicações de fungos em estudos forenses no processo de degradação cadavérica. 2012;7(1):10-18.
- Haelewaters D. Hebeloma, pioneer genus in forensic mycology. *FUNGI*. 2013; 6:47-48.
- Tranchida MC, Pelizza SA, Eliades LA. The use of fungi in forensic science, a brief overview. *Canadian Society of Forensic Science Journal*. 2021;54:1-14.
- Tranchida MC; Cabello MN. The mycology as forensics tool. *Advanced Techniques in Biology & Medicine*. 2017;5(226):2379-1764.
- Berruezo LB, Tranchida MC. Micología Forense. *Revista Skopein - Criminalística y Ciencias Forenses*. 2014;2(3):42-45.
- Xiaoliang F, Juanjuan G, Finkelbergs D, Jing H, Lagabaiyila Z, Yadong G et al. Fungal succession during mammalian cadaver decomposition and potential forensic implications. *Scientific reports*. 2019;9(1):12907.
- Moreira Filho RE. Micologia forense: a dinâmica da microbiota fúngica na investigação do período post mortem. Fortaleza: [Dissertação]. Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Médica da Universidade Federal do Ceará; 2008.
- Sidrim JJC, Moreira Filho RE, Cordeiro RA, Rocha MFG, Caetano EP, Monteiro AJ, et al. Fungal microbiota dynamics as a *post mortem* investigation tool: focus on *Aspergillus*, *Penicillium* and *Candida* species. *Journal of Applied Microbiology*. 2010;108:1751-1756
- Goebel CS, Oliveira FM, Severo LC, Picanço JB, Alho CS. Análise micológica durante a decomposição cadavérica. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*. 2013;12(1):28-32.
- Rodrigues TB. Avaliação da sucessão fúngica em carcaça de suíno (*sus scrofa L.*) Para a determinação de intervalo *post mortem*. Florianópolis: [Trabalho de conclusão de curso]. Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina; 2014.

33. Julca GM, Barandiaran GL, Solano FAC. Hongos de Interés Forense Presentes en Cadáver de Sus scrofa L. (Cerdo), Expuestos en Condiciones de Campo. Revista Skopein - Criminalística y Ciencias Forenses. 2017;5(17):42-49.
34. Julca GM. Hongos presentes durante la descomposición cadavérica de Sus scrofa L. (cerdo), expuestos en condiciones de campo y su utilidad en la determinación del intervalo *post mortem*. Lambayeque-Perú, Setiembre 2016 –Febrero 2017. Lambayeque: [Trabalho de conclusão de curso]. Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”;2017.
35. Delgado EMF. Hongos en la descomposición cadavérica de sus scrofa l. (cerdo) en las condiciones de campo del sector el almendral jaén. Setiembre - diciembre 2019. Jaén: [Tese]. Universidad Nacional de Jaén;2022.
36. Gutiérrez A, Guàrdia L, Nociaróva D, Malgosa A, Armentano N. Taphonomy of experimental burials in Taphos-m: The role of fungi. Revista Iberoamericana de Micología. 2021;38(3):125–131.