

**MANEJO DA SÍNDROME DO NARIZ BRANCO (WNS): PROTOCOLOS DE
DESCONTAMINAÇÃO E BIOSSEGURANÇA EM CAVERNAS**

**MANAGEMENT OF WHITE NOSE SYNDROME (WNS): DECONTAMINATION
AND BIOSECURITY PROTOCOLS IN CAVES**

**MANEJO DEL SÍNDROME DE LA NARIZ BLANCA (SNB): PROTOCOLOS DE
DESCONTAMINACIÓN Y BIOSEGURIDAD EN CUEVAS**

 10.56238/sevened2026.001-065

Lara Carvalho Alves de Sousa

Mestra em Ciências Veterinárias

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

Carlos Roberto Cruz Ubirajara Filho

Docente em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE)

Gabrielle Duarte Nascimento

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS)

Julia Salles Petters

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Centro Universitário Autônomo do Brasil (UNIBRASIL)

Maria Iolanda Ferreira Silva

Bacharel em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Regional do Cariri (URCA)

Pâmela Maria de Mattos Zanella

Graduanda em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Nicole Alice Gianoni

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Jéssica Oliveira dos Reis Zampollo

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA)

RESUMO

A Síndrome do Nariz Branco (WNS) é uma dermatomicose emergente e devastadora, causada pelo fungo psicrofílico *Pseudogymnoascus destructans* e uma espécie irmã, que tem levado a declínios populacionais sem precedentes em morcegos hibernantes da América do Norte. Este estudo, caracterizado como uma revisão integrativa de literatura, buscou sintetizar evidências recentes sobre o manejo da WNS, com foco em protocolos de descontaminação e biossegurança em cavernas. O fungo possui origem euroasiática e sua persistência no ambiente das cavernas é um fator crítico para a epidemiologia, atuando como reservatório permanente. A infecção compromete o hospedeiro, causando ruptura do lipidoma no baço, aumento do gasto energético por despertares frequentes e profunda reestruturação do microbioma cutâneo, reduzindo a diversidade bacteriana e mecanismos naturais de defesa. Diante da robustez ambiental do patógeno e da dispersão facilitada pela sociabilidade dos morcegos e pela movimentação humana, o controle de tráfego e a limpeza rigorosa de equipamentos e vestimentas são barreiras essenciais para mitigar o transporte antrópico e a expansão da epizootia.

Palavras-chave: Síndrome do Nariz Branco (WNS). Morcegos. *Pseudogymnoascus destructans*. Biossegurança. Cavernas. Microbioma.

ABSTRACT

White Nose Syndrome (WNS) is an emerging and devastating dermatomycosis caused by the psychrophilic fungus *Pseudogymnoascus destructans* and a sister species, which has led to unprecedented population declines in hibernating bats in North America. This study, characterized as an integrative literature review, sought to synthesize recent evidence on the management of WNS, focusing on decontamination and biosecurity protocols in caves. The fungus has Eurasian origin, and its persistence in the cave environment is a critical factor for epidemiology, acting as a permanent reservoir. The infection compromises the host, causing disruption of the splenic lipidome, increased energy expenditure due to frequent awakenings, and profound restructuring of the cutaneous microbiome, reducing bacterial diversity and natural defense mechanisms. Given the pathogen's environmental robustness and the dispersal facilitated by bat sociability and human movement, traffic control and rigorous cleaning of equipment and clothing are essential barriers to mitigate anthropogenic transport and the spread of the epizootic.

Keywords: White-Nose Syndrome (WNS). Bats. *Pseudogymnoascus destructans*. Biosecurity. Caves. Microbiome.

RESUMEN

El síndrome de la nariz blanca (SNB) es una dermatomicosis emergente y devastadora causada por el hongo psicrofílico *Pseudogymnoascus destructans* y una especie emparentada, que ha provocado una disminución sin precedentes de las poblaciones de murciélagos hibernantes en Norteamérica. Este estudio, caracterizado como una revisión bibliográfica integradora, buscó sintetizar la evidencia reciente sobre el manejo del SNB, centrándose en los protocolos de descontaminación y bioseguridad en cuevas. El hongo es de origen euroasiático y su persistencia en el ambiente cavernícola es un factor crítico para la epidemiología, ya que actúa como reservorio permanente. La infección compromete al huésped, causando una alteración del lipidoma esplénico, un mayor gasto energético debido a los frecuentes despertares y una profunda reestructuración del microbioma cutáneo, reduciendo la diversidad bacteriana y los mecanismos de defensa naturales. Dada la robustez ambiental del patógeno y su dispersión facilitada por la sociabilidad de los murciélagos y el movimiento humano, el control del tráfico y la limpieza rigurosa del equipo y la ropa son barreras esenciales para mitigar el transporte antropogénico y la propagación de la epizootia.



Palabras clave: Síndrome de la Nariz Blanca (SNB). Murciélagos. *Pseudogymnoascus destructans*. Bioseguridad. Cuevas. Microbioma.

1 INTRODUÇÃO

A Síndrome do Nariz Branco (WNS) é uma dermatomicose emergente e devastadora que tem provocado declínios populacionais sem precedentes em morcegos hibernantes da América do Norte (Magnino et al., 2024). O agente etiológico clássico, o fungo psicrófilo *Pseudogymnoascus destructans*, invade o tecido cutâneo durante o período de hibernação, desencadeando distúrbios fisiológicos que levam à morte (Magnino et al., 2024; Pannkuk et al., 2023). Pesquisas recentes revelaram que a doença pode ser causada não apenas por uma única espécie, mas por duas espécies fúngicas simpátricas e cripticamente distintas, o que adiciona uma camada de complexidade ao entendimento da patogenia e da diversidade genética do patógeno (Fischer et al., 2025).

A emergência de doenças infecciosas causadas por fungos tem sido cada vez mais reconhecida como um importante desafio para a conservação da fauna silvestre e para a estabilidade dos ecossistemas. Patógenos fúngicos apresentam elevada capacidade de adaptação a diferentes hospedeiros e condições ambientais, favorecendo sua disseminação e estabelecimento em novos territórios. No caso da WNS, o agente etiológico possui origem euroasiática e foi introduzido recentemente na América do Norte, onde passou a provocar eventos de mortalidade em massa entre morcegos hibernantes, diferentemente do que ocorre em populações europeias, nas quais a infecção tende a apresentar menor impacto populacional. Essas diferenças sugerem que fatores ecológicos, evolutivos e genéticos influenciam significativamente a dinâmica da doença entre diferentes regiões geográficas (Fischer et al., 2025).

A persistência do fungo no ambiente das cavernas é um fator crítico para a epidemiologia da WNS. O patógeno não se limita aos hospedeiros, sendo encontrado em alta diversidade e abundância nas paredes dos hibernáculos, onde pode permanecer viável mesmo na ausência temporária de morcegos (Zhelyazkova et al., 2024). Além disso, a infecção causa uma reestruturação profunda no microbioma da pele dos quirópteros, reduzindo a diversidade bacteriana e potencialmente eliminando microrganismos que atuam na defesa natural contra patógenos (Ange-Stark et al., 2024). Diante da capacidade de disseminação e da robustez ambiental do fungo, o estabelecimento de protocolos rigorosos de biossegurança e descontaminação torna-se imperativo para mitigar o transporte antrópico do patógeno entre cavernas (Zhelyazkova et al., 2024; Fischer et al., 2025).

Além dos impactos diretos sobre a saúde dos morcegos, a WNS apresenta importantes implicações ecológicas. Os morcegos desempenham funções essenciais nos ecossistemas, incluindo controle de insetos, dispersão de sementes e polinização de diversas espécies vegetais. Dessa forma, reduções drásticas em suas populações podem desencadear efeitos em cascata nos ecossistemas e até mesmo impactar atividades agrícolas, uma vez que o aumento de insetos e pragas pode elevar a necessidade de uso de pesticidas. Nesse contexto, compreender os mecanismos ecológicos, epidemiológicos e genéticos associados à WNS torna-se fundamental para o desenvolvimento de

estratégias eficazes de monitoramento, conservação e manejo das populações de morcegos afetadas (Magnino et al., 2024; Fischer et al., 2025).

Diante da magnitude dos impactos ecológicos e epidemiológicos associados à WNS, torna-se essencial ampliar o conhecimento sobre os mecanismos de infecção, a diversidade do patógeno e os fatores ambientais que favorecem sua disseminação. Nesse contexto, o presente capítulo aborda os principais aspectos relacionados à etiologia, epidemiologia e impactos ecológicos da WNS, destacando avanços recentes na compreensão da doença e sua relevância para a conservação de morcegos e para a saúde dos ecossistemas.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, desenvolvida com o objetivo de sintetizar e analisar as evidências científicas mais recentes relacionadas ao manejo da Síndrome do Nariz Branco (WNS): Protocolos de Descontaminação e Biossegurança em Cavernas. A pesquisa foi realizada na base de dados PubMed, utilizando os descritores "White-nose disease" e "Bats", combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, conforme a terminologia do Medical Subject Headings (MeSH). Foram incluídos artigos publicados nos últimos cinco anos, disponíveis integralmente e redigidos nos idiomas português ou inglês, que abordassem de forma direta o tema. Excluíram-se estudos que não apresentavam relação direta com o tema central, publicações duplicadas, resumos sem texto completo disponível e artigos não indexados na base de dados utilizada. A seleção dos estudos foi conduzida em duas etapas: triagem de títulos e resumos, seguida pela avaliação dos textos completos para confirmar a relevância. As informações extraídas foram organizadas de forma descritiva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ECOLOGIA DO PATÓGENO E PERSISTÊNCIA AMBIENTAL

A dinâmica ecológica de patógenos em ambientes naturais depende da interação entre hospedeiros, ambiente e características biológicas do agente infeccioso. No caso da WND, o fungo *Pseudogymnoascus destructans* apresenta adaptações ecológicas específicas que favorecem sua persistência em ambientes subterrâneos frios e úmidos, como cavernas e outros hibernáculos (Zhelyazkova et al., 2024). Esse patógeno psicrófilo coloniza tecidos cutâneos de morcegos durante o período de hibernação, principalmente nas regiões do focinho, asas e orelhas. Durante essa fase fisiológica, os morcegos apresentam redução da temperatura corporal, diminuição do metabolismo e supressão parcial do sistema imunológico, condições que favorecem o crescimento do fungo e a progressão da infecção (Zhelyazkova et al., 2024).

A ecologia evolutiva do patógeno está diretamente relacionada à sua diversidade genética. Em um dos estudos analisados, os resultados demonstraram que existe diferenciação genética significativa entre hibernáculos distintos, indicando que as populações de fungos podem evoluir de forma relativamente independente em diferentes locais. Isso sugere que o fluxo gênico entre hibernáculos pode ser limitado, possivelmente devido ao comportamento dos morcegos e à distância entre os locais de hibernação, contudo, dentro de um mesmo hibernáculo, não foram observadas fortes diferenciações genéticas entre diferentes áreas do ambiente, indicando que os genótipos do fungo estão amplamente distribuídos no interior desses locais (Zhelyazkova et al., 2024).

A eficácia das medidas de biossegurança depende diretamente do conhecimento sobre a distribuição do fungo. Estudos de diversidade genotípica demonstraram que as paredes das cavernas funcionam como reservatórios permanentes de *P. destructans* (Zhelyazkova et al., 2024). A presença de genótipos idênticos tanto em morcegos quanto nas superfícies rochosas sugere um ciclo de reinfecção contínuo e a possibilidade de dispersão facilitada por vetores animados e inanimados (Zhelyazkova et al., 2024). A descoberta de que a WNS é causada por duas espécies distintas — *P. destructans* e uma espécie irmã — reforça a necessidade de métodos de descontaminação que sejam eficazes contra uma gama mais ampla de variantes fúngicas, uma vez que a variabilidade genética do patógeno tem sido historicamente negligenciada nas estratégias de manejo (Fischer et al., 2025).

3.2 IMPACTO NA SAÚDE DO HOSPEDEIRO E BIOMARCADORES

A infecção pelo fungo *Pseudogymnoascus destructans*, agente etiológico da síndrome do nariz branco (WNS), altera significativamente o perfil metabólico e imunológico dos morcegos. No baço, observa-se uma disrupção do lipidoma, com alterações em ácidos graxos essenciais e mediadores inflamatórios logo nos estágios iniciais da doença (Pannkuk et al., 2023). Essas mudanças fisiológicas podem ser monitoradas por meio de biomarcadores voláteis e metabólitos específicos, que permitem discriminar morcegos saudáveis de infectados em diferentes ambientes, como cavernas ou em campo aberto (Doty et al., 2022). A identificação desses estados fisiológicos é crucial para direcionar os esforços de descontaminação para as áreas de maior risco epidemiológico (Doty et al., 2022; Pannkuk et al., 2023).

Além das alterações metabólicas, a infecção também compromete diversos processos fisiológicos associados à resposta imune dos morcegos durante o período de hibernação. Nessa fase, ocorre uma redução natural da atividade metabólica e do funcionamento do sistema imunológico, condição que favorece o estabelecimento e a progressão da infecção fúngica. Como consequência, os morcegos infectados podem apresentar aumento do gasto energético decorrente de despertares frequentes durante a hibernação, além de desequilíbrios fisiológicos que comprometem a manutenção das reservas energéticas necessárias para a sobrevivência no inverno (Magnino; Holder; Norton, 2024).

Outro aspecto relevante relacionado ao impacto da doença no hospedeiro envolve alterações no microbioma cutâneo dos morcegos. Estudos recentes indicam que a WNS pode modificar significativamente a composição e a diversidade das comunidades microbianas presentes na pele desses animais. Essas alterações podem afetar as interações entre microrganismos comensais e patogênicos, reduzindo mecanismos naturais de defesa e aumentando a susceptibilidade dos morcegos à infecção pelo fungo (Ange-Stark et al., 2024).

Diante dessas alterações fisiológicas e microbiológicas, a identificação de biomarcadores metabólicos e compostos orgânicos voláteis apresenta grande potencial para aplicações em programas de monitoramento sanitário. Tecnologias baseadas na detecção desses compostos permitem identificar mudanças fisiológicas associadas à doença mesmo antes do aparecimento de sinais clínicos evidentes. Dessa forma, métodos diagnósticos não invasivos podem contribuir para estratégias mais eficazes de vigilância epidemiológica, auxiliando na identificação precoce de colônias afetadas e no direcionamento de medidas de biossegurança em ambientes utilizados pelos morcegos durante a hibernação (Doty et al., 2022).

3.3 REESTRUTURAÇÃO DO MICROBIOMA E DEFESA DO HOSPEDEIRO

O microbioma pode ser definido como o conjunto de microrganismos, incluindo bactérias, fungos, protozoários e vírus, que vivem dentro ou sobre um organismo hospedeiro. Esses microrganismos são atualmente reconhecidos como componentes fundamentais da saúde do hospedeiro, influenciando diversos processos bioquímicos e fisiológicos. Em estudos sobre doenças da vida selvagem, tem sido observado que a colonização por patógenos frequentemente está associada a alterações na diversidade microbiana, sugerindo que esses agentes podem modificar significativamente a composição do microbioma do hospedeiro (Ange-Stark et al., 2024). Um dos efeitos colaterais mais preocupantes da presença do fungo é a redução da diversidade do microbioma cutâneo. Em espécies altamente suscetíveis, como *Myotis lucifugus*, a microbiota bacteriana é dramaticamente alterada, ocorrendo a substituição de famílias bacterianas protetoras por grupos oportunistas (Ange-Stark et al., 2024). Essa vulnerabilidade biológica destaca a importância de protocolos de biossegurança que não apenas impeçam a entrada do fungo em novos locais, mas que também considerem a fragilidade imunológica das populações residentes (Ange-Stark et al., 2024; Magnino et al., 2024).

Essa alteração microbiana sugere que a infecção por *Pseudogymnoascus destructans* não apenas invade o tecido cutâneo, mas também interfere nas interações ecológicas entre os microrganismos associados ao hospedeiro. A redução da diversidade bacteriana pode comprometer mecanismos naturais de defesa, uma vez que bactérias cutâneas são capazes de produzir metabólitos com atividade antifúngica e contribuir para a estabilidade da comunidade microbiana (Ange-Stark et

al., 2024). A perda desses microrganismos protetores favorece a colonização e a persistência do patógeno na pele dos morcegos, intensificando os efeitos da síndrome do nariz branco (Ange-Stark et al., 2024). Além disso, alterações fisiológicas associadas à infecção, incluindo modificações em metabólitos lipídicos e mediadores inflamatórios relacionados à resposta imune, também foram descritas durante os estágios iniciais da doença (Pannkuk et al., 2023).

Essas evidências indicam que a síndrome do nariz branco não afeta apenas os tecidos do hospedeiro, mas também promove alterações significativas na estrutura das comunidades microbianas associadas à pele dos morcegos. A perda de diversidade microbiana e a possível ocorrência de disbiose podem comprometer funções ecológicas importantes desempenhadas pela microbiota, como a competição com patógenos e a produção de substâncias antimicrobianas, favorecendo a progressão da doença (Ange-Stark et al., 2024).

3.4 DESAFIOS NO MANEJO E BIOSSEGURANÇA

A marcável característica do *P. destructans* de persistir em ambientes por longos períodos de tempo facilita a reinfecção de novos morcegos a cada inverno, tornando superfícies de paredes e substratos de cavernas como reservatórios ambientais permanentes (Zhelyazkova et al., 2024). Dessa forma, embora os animais infectados desapareçam, ao retornarem, estarão suscetíveis a nova infecção, assim como novos indivíduos poderão contrair o patógeno igualmente, dificultando o controle ambiental da doença.

O comportamento natural de sociabilidade dos morcegos ocasiona maior contato entre eles. Esses animais carregam múltiplos genótipos do fungo ao mesmo tempo, facilitando a contaminação principalmente em época de hibernação, em que estão mais próximos (Zhelyazkova et al., 2024). Além disso, os padrões de movimentação do animal dentro do hibernáculo, como voos curtos, troca de lugares para descanso e comportamentos de interação social contribuem para a disseminação do fungo para toda a caverna (Zhelyazkova et al., 2024). Portanto, esses fatores dificultam a implementação de medidas de manejo que dependam do isolamento de indivíduos infectados para o controle do patógeno, uma vez que a proximidade favorece a disseminação para todo o grupo.

A natureza críptica e a ampla distribuição dos isolados fúngicos em dezenas de países indicam que a movimentação humana entre hibernáculos é um vetor de risco global (Fischer et al., 2025). O manejo da WNS deve, portanto, integrar a limpeza rigorosa de equipamentos e vestimentas após cada visita a cavernas, visando a inativação de esporos que persistem nas superfícies (Zhelyazkova et al., 2024). Embora os estudos foquem na caracterização biológica, a evidência de que o fungo pode sofrer especiação e adaptação especializada a diferentes hospedeiros reforça que o controle de tráfego e a descontaminação química são as barreiras mais eficazes contra a expansão da epizootia (Fischer et al., 2025; Magnino et al., 2024).

4 CONCLUSÃO

A Síndrome do Nariz Branco (WNS) representa uma das mais graves ameaças à conservação da fauna silvestre, sendo uma dermatomicose emergente e devastadora causada pelo fungo psicrófilo *Pseudogymnoascus destructans* e uma espécie irmã. O patógeno possui uma notável persistência ambiental, estabelecendo-se como reservatório permanente nas paredes das cavernas, o que, somado à sociabilidade dos morcegos, facilita a reinfecção e a ampla distribuição dos genótipos fúngicos. A infecção compromete profundamente a saúde do hospedeiro, provocando disrupção do lipidoma esplênico, aumento no gasto energético por despertares frequentes e uma reestruturação drástica do microbioma cutâneo, que perde diversidade e mecanismos naturais de defesa. Diante da robustez ecológica do fungo, de sua dispersão facilitada pela movimentação humana e da complexidade etiológica (duas espécies fúngicas), as estratégias de manejo devem se concentrar rigorosamente na biossegurança e descontaminação. O controle de tráfego e a limpeza rigorosa de equipamentos e vestimentas após cada visita a hibernáculos são, portanto, as barreiras mais eficazes para mitigar o transporte antrópico e a expansão da epizootia, sendo cruciais para a conservação das populações de morcegos e a manutenção da saúde dos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

ANGE-STARK, M. et al. White-nose syndrome restructures bat skin microbiomes. **Microbiology Spectrum**, v. 12, p. 1-13, 2024.

DOTY, A. C. et al. Biomarker Metabolites Discriminate between Physiological States of Field, Cave and White-nose Syndrome Diseased Bats. **Sensors**, v. 22, n. 3, p. 1031, 2022.

FISCHER, N. M. et al. Two distinct host-specialized fungal species cause white-nose disease in bats. **Nature**, 2025. [Publicado online em 28 de maio de 2025].

MAGNINO, M. Z.; HOLDER, K. A.; NORTON, S. A. White-nose syndrome: A novel dermatomycosis of biologic interest and epidemiologic consequence. **Clinics in Dermatology**, v. 42, p. 1-5, 2024.

PANNKUK, E. L. et al. White-nose syndrome disrupts the splenic lipidome of little brown bats (*Myotis lucifugus*) at early disease stages. **Journal of Proteome Research**, v. 22, n. 1, p. 182-192, 2023.

ZHELYAZKOVA, V. L.; FISCHER, N. M.; PUECHMAILLE, S. J. Bat white-nose disease fungus diversity in time and space. **Biodiversity Data Journal**, v. 12, p. e109848, 2024.