



ESCOLA UNIVERSITÁRIA VASCO DA GAMA

Master Integrado em Medicina Veterinária

Artigo de revisão

**FEBRE DO NILO OCIDENTAL, EFEITO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA DISPERSÃO DOS CULICÍDEOS E
ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO**

Anna Clévenot

Coimbra, junho 2025



ESCOLA UNIVERSITÁRIA VASCO DA GAMA

Master Integrado em Medicina Veterinária

Artigo de revisão

**FEBRE DO NILO OCIDENTAL, EFEITO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA DISPERSÃO DOS CULICÍDEOS E
ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO**

Coimbra, junho 2025

Anna Clévenot

Constituição do Júri

Professora Doutora Liliana Cristina Pereira

Montezinho

Professor Doutor Gonçalo Daniel dos Santos Frouco

Professor Doutor Sérgio Eduardo Ramalho de Sousa

Trabalho realizado sob a orientação dos Professores

Sérgio Eduardo Ramalho de Sousa

Sofia Ferreira Anastácio



Dissertação do Estágio Curricular do Ciclo de Estudos Conducente ao
Grau de Mestre em Medicina Veterinária da EUVG





Para a Morfar,
que sempre soube que um dia eu seria veterinária.

Agradecimentos:

Obrigada à Escola Universitária Vasco da Gama por ter tornado realidade o meu sonho de ser veterinária;

Obrigada aos meus orientadores Professor Sérgio de Sousa e Professora Sofia Anastácio sem os quais este trabalho não teria sido possível;

Obrigada à Dr. Bertrand Dorange e sua equipa que me acolheram desde o meu primeiro estágio até o meu último;

Obrigada aos meus amigos Les Lingots que me acompanharam durante toda a minha escolaridade;

Obrigada à Albane Madrennes com quem consegui escapar para as montanhas em todas as ocasiões;

Obrigada à minha colega de casa, Joséphine Herbeau que me apoiou todos os dias, tanto nos meus estudos como na vida quotidiana;

Obrigada à minha avó, Mormor que nunca deixou de enviar-me uma mensagem de suporte antes de cada exame;

Obrigada à meu avô, Grand-Père pelo apoio;

Obrigada à minha irmã, Lena que nunca perdeu uma oportunidade de me desafiar;

Obrigada a meus pais, Annika e Christophe, sem quem nunca poderia ter escrito esta dissertação nem tornar veterinária.

Índice geral:

Índice de figuras	vi
Resumo	2
Abstract	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. A FEBRE DO NILO OCIDENTAL	4
2.1. DISPERSÃO DA DOENÇA NO CONTINENTE AFRICANO.....	4
2.2. DISPERSÃO DA DOENÇA NO CONTINENTE ASIÁTICO.....	5
2.3. DISPERSÃO DA DOENÇA NO CONTINENTE AMERICANO.....	5
2.4. DISPERSÃO DA DOENÇA NA EUROPA	6
2.5. O VÍRUS DA FEBRE DO NILO OCIDENTAL	6
2.5.1. Nomenclatura	6
2.5.2. Morfologia	7
2.6. OS RESERVATÓRIOS DO VÍRUS DA FEBRE DO NILO OCIDENTAL	7
2.7. MODOS DE TRANSMISSÃO DO VÍRUS DA FEBRE DO NILO OCIDENTAL E PATOGENIA	8
2.8. HOSPEDEIROS DEFINITIVOS E SINTOMATOLOGIA	9
2.9. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	10
2.10. TRATAMENTOS E VACINAS	10
2.11. PROGNÓSTICO E MORTALIDADE	11
2.12. CASO DE FEBRE DO NILO OCIDENTAL OCORRIDO EM PORTUGAL	11
3. VETORES DA FEBRE DO NILO: OS CULICÍDEOS	12
3.1. CICLO DE VIDA DOS CULICÍDEOS	12
3.2. MORFOLOGIA	14
3.3. ASPETOS CLIMÁTICOS IDEAIS À DISPERSÃO DOS MOSQUITOS CULICÍDEOS	14
3.4. ASPETOS GEOGRÁFICOS	15
3.4.1. História Geográfica da Dispersão dos Culicídeos	15
3.4.2. Previsões Futuras da Dispersão dos Culicídeos na Europa	15
4. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	16
4.1. NAS ZONAS ENDÉMICAS	16
4.2. NA AMÉRICA	16
4.3. NA EUROPA	17

5. PREVENÇÃO DA PROPAGAÇÃO DA DOENÇA	17
5.1. PREVENÇÃO E CONTROLO DA EXPANSÃO VETORIAL	17
5.1.1. Redução dos Locais de Desenvolvimento Larvar	17
5.1.2. Medidas de Controlo Biológico	18
5.1.3. Medidas de Luta Química	18
5.1.4. Medidas de Luta Genética	19
5.1.5. Medidas de Proteção Individual	20
5.2. PREVENÇÃO E CONTROLO DA PROPAGAÇÃO DO VÍRUS	21
5.2.1. Vigilância e Detecção Precoce	21
5.2.2. Controlo das Transfusões Sanguíneas e Dadores de Órgãos	22
6. CONCLUSÃO	23
Referências Bibliográficas	24
Anexos	I

Índice de figuras:

Figura 1. Distribuição de casos humanos de Febre do Nilo Ocidental na Europa no tempo	I
Figura 2. Morfologia do vírus da Febre do Nilo Ocidental	I
Figura 3. Fluxograma do ciclo epidemiológico da Febre do Nilo	II
Figura 4. Gráfico temporal de casos Febre do Nilo Ocidental em equídeos na Europa.....	II
Figura 5. Lista de espécies de culicídeos vetores da Febre do Nilo Ocidental na Europa.....	III
Figura 6. Ciclo de vida dos mosquitos <i>Culex</i>	III
Figura 7. Morfologia de um mosquito adulto Culicinae	IV
Figura 8. Fluxograma das ações de vigilância epidemiológica implementadas para prevenir a Febre do Nilo Ocidental	IV

Febre do Nilo Ocidental, efeito das alterações climáticas na dispersão dos culicídeos e estratégias de prevenção

Anna Clévenot ^a, Sofia Anastácio ^a, Sérgio Sousa ^a

^a Escola Universitária Vasco da Gama, Av. José R. Sousa Fernandes 197, Campus Universitário, Lordemão, 3020-210, Coimbra, Portugal

anna.clevenot@hotmail.fr, sofia.anastacio@euvg.pt, sergio.sousa@euvg.pt

Resumo:

A Febre do Nilo Ocidental (FNO) é uma zoonose de transmissão vetorial emergente, causada por um Flaviviridae do género *Orthoflavivirus*, com impacto cada vez mais relevante em saúde pública global desde a sua identificação em 1937, no Uganda. Atualmente, o vírus encontra-se distribuído em todos os continentes, exceto a Antártida, com registos de circulação ativa e surtos em África, Europa, Ásia, Médio Oriente, Austrália, Américas e Caraíbas.

A transmissão do vírus ocorre principalmente através da picada de mosquitos infetados, sobretudo do género *Culex*, que atuam como vetores. As aves silvestres são os principais reservatórios naturais e amplificadores do vírus, sendo essenciais para a manutenção e dispersão do ciclo enzoótico. Humanos e equídeos são considerados hospedeiros acidentais e terminais, pois, apesar de poderem desenvolver doença, não apresentam níveis de virémia suficientes para perpetuar o ciclo de transmissão.

As alterações climáticas, com o aumento das temperaturas e mudanças nos padrões de precipitação, têm favorecido a expansão das áreas de reprodução dos mosquitos vetores, aumentando as suas populações e ampliando as zonas geográficas de risco. Este fenómeno contribui diretamente para a expansão da circulação do vírus e para o aumento da probabilidade de infeção de aves e, consequentemente, de hospedeiros acidentais como equídeos e humanos.

Embora cerca de 80% das infeções em humanos e outros mamíferos sejam assintomáticas, as formas sintomáticas podem ser graves, sobretudo em idosos e imunodeprimidos, com manifestações neurológicas como encefalite e meningite, frequentemente com prognóstico reservado. A FNO é atualmente uma das principais causas de encefalite viral em humanos em várias regiões do mundo, sendo responsável por surtos com impacto significativo em saúde pública.

A crescente globalização, com o movimento intenso de pessoas, animais e mercadorias, aliada às alterações ambientais, reforça a necessidade de vigilância epidemiológica, conhecimento aprofundado do ciclo do vírus e das características dos vetores, bem como da implementação de estratégias integradas de prevenção e controlo. A abordagem *One Health*, que integra saúde humana, animal e ambiental, é fundamental para enfrentar os desafios emergentes associados à propagação da Febre do Nilo Ocidental.

Palavras-chave: Alterações climáticas, Culicídeos, Febre do Nilo Ocidental, Influência climática, Mosquitos, Vetores.

Abstract:

West Nile Fever (WNF) is an emerging vector-borne zoonosis caused by a Flaviviridae of the Flavivirus genus, with increasingly significant global public health impact since its identification in 1937 in Uganda. Currently, the virus is distributed across all continents except Antarctica, with records of active circulation and outbreaks in Africa, Europe, Asia, the Middle East, Australia, the Americas, and the Caribbean.

The virus is primarily transmitted through the bite of infected mosquitoes, particularly those of the *Culex* genus, which act as vectors. Wild birds are the main natural reservoirs and amplifiers of the virus, playing a crucial role in maintaining and spreading the enzootic cycle. Humans and equids are considered accidental and terminal hosts, as although they can develop the disease, they do not exhibit sufficient levels of viraemia to sustain the transmission cycle.

Climate change, with rising temperatures and altered precipitation patterns, has favoured the expansion of vector mosquito breeding grounds, increasing their populations and widening geographical risk areas. This phenomenon directly contributes to the spread of viral circulation and raises the likelihood of infection in birds—and consequently in accidental hosts such as equids and humans.

Although approximately 80% of infections in humans and other mammals are asymptomatic, symptomatic cases can be severe, particularly in the elderly and immunocompromised individuals, with neurological manifestations such as encephalitis and meningitis, often resulting in a guarded prognosis. WNF is currently one of the leading causes of viral encephalitis in humans in various regions of the world and has been responsible for outbreaks with significant public health impact.

Increasing globalisation, with intense movement of people, animals, and goods, coupled with environmental changes, underscores the need for epidemiological surveillance, in-depth knowledge of the virus's cycle and vector characteristics, as well as the implementation of integrated prevention and control strategies. The One Health approach, which integrates human, animal, and environmental health, is essential to address the emerging challenges associated with the spread of West Nile Fever.

Key words: Climatic changes, Climatic influence, Culicidae, Mosquitos, Vectors, West Nile Fever.

1. INTRODUÇÃO

A Febre do Nilo Ocidental é uma zoonose de transmissão vetorial emergente, com impacto crescente nos últimos anos. Desde a sua descoberta em 1937, no Uganda, o vírus da Febre do Nilo encontra-se atualmente presente em todos os continentes, exceto na Antártida (Karim e Bai, 2023).

As alterações climáticas, atuais e previstas, favorecem o aumento dos habitats e locais de reprodução dos vetores – os culicídeos – permitindo a expansão das suas populações e das zonas geográficas de infestação. Esta expansão dos vetores resulta numa maior propagação do vírus da Febre do Nilo Ocidental (e de outras arboviroses) e num aumento da probabilidade de infeção dos hospedeiros reservatórios, nomeadamente as aves, bem como do risco de infeção dos hospedeiros acidentais, como os mamíferos, em especial equídeos e humanos (Dubois et al., 2020).

Embora cerca de 80% das infeções em mamíferos sejam assintomáticas, a manifestação clínica em humanos e equinos apresenta frequentemente um prognóstico reservado, podendo evoluir para encefalites fatais. Atualmente, a Febre do Nilo Ocidental constitui a principal causa de encefalite viral em humanos a nível mundial, provocando vítimas todos os anos. Para limitar o número de casos, é fundamental compreender o funcionamento do vírus e os mecanismos da sua transmissão pelos vetores, os mosquitos culicídeos (Karim e Bai, 2023).

O mundo atual caracteriza-se por uma constante mobilidade de pessoas e animais, potenciada pela globalização, bem como por alterações meteorológicas, fatores determinantes na ecologia dos culicídeos. Para combater o vírus, é imprescindível reconhecer os desafios futuros que se avizinham (Oliveira et al., 2015).

2. A FEBRE DO NILO OCIDENTAL

2.1. DISPERSÃO DA DOENÇA NO CONTINENTE AFRICANO

Em 2022, foi identificada a presença de diferentes linhagens do vírus do Nilo Ocidental em 17 países africanos, distribuídas de forma distinta em cada região. Na região norte (Marrocos, Argélia, Tunísia e Egito) foi detetada exclusivamente a linhagem West Nile Virus-Lineage 1 (WNV-L1); já nas regiões central e sul encontram-se as linhagens WNV-L1, WNV-L2 e WNV-L8. Os vetores mais prevalentes da doença em África são os culicídeos do complexo *Culex pipiens*, embora o vírus do Nilo tenha sido identificado em 46 espécies diferentes de mosquitos no continente. Destes, oito espécies demonstraram capacidade de transmissão para outros hospedeiros: *Culex neavei*, *Culex*

quinquefasciatus, *Culex univittatus*, *Culex vansomereni*, *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Mansonia uniformis* e *Mansonia africana*. As infeções clínicas pelo vírus da Febre do Nilo Ocidental são raramente observadas em aves, ao contrário dos equídeos, para os quais foram reportados casos sintomáticos, neurológicos e alguns casos fatais em Marrocos e na África do Sul, associados às linhagens WNV-L1 e WNV-L2. Desde os anos 1950, foram registados focos epidémicos de Febre do Nilo Ocidental em humanos em África, maioritariamente nas margens mediterrânicas, apesar de alguns casos graves neurológicos e fatais causados pela linhagem WNV-L2 na África do Sul em 1976, 1980 e 1984. As capacidades de diagnóstico e isolamento do vírus da Febre do Nilo Ocidental em África são limitadas pelas restrições financeiras do continente, pelo que não existem dados precisos sobre o número anual de casos infetados (Mencattelli et al., 2022).

2.2. DISPERSÃO DA DOENÇA NO CONTINENTE ASIÁTICO

O vírus da Febre do Nilo Ocidental foi detetado mais tardiamente no continente asiático, devido à sua condição de vírus endémico em algumas regiões. Contudo, não impediu a ocorrência do primeiro surto documentado no Paquistão na década de 1970, nem o isolamento do vírus em numerosos casos de morte infantil por encefalite na Índia. Atualmente, não existe uma vigilância sistemática do vírus na Ásia, e o acesso a dados de recenseamento das infeções é limitado, restringindo-se a alguns surtos episódicos em humanos e equídeos, maioritariamente no sul da Índia, Sri Lanka, China e Rússia (Chowdhury e Khan, 2021).

2.3. DISPERSÃO DA DOENÇA NO CONTINENTE AMERICANO

O vírus da Febre do Nilo Ocidental foi identificado pela primeira vez na América do Norte em 1999, na cidade de Nova Iorque, originando um surto que afetou 62 pessoas, das quais 7 faleceram. Posteriormente, o vírus propagou-se para outros estados dos Estados Unidos, Canadá, México e restantes regiões do continente americano. Durante esta primeira epidemia, registou-se também um surto de Febre do Nilo em corvos americanos (família Corvidae) e em alguns equídeos, especialmente cavalos localizados em Long Island. O mosquito *Culex pipiens* foi identificado como vetor da doença pela primeira vez no hemisfério ocidental. No início dos anos 2000, o vírus continuou a expandir-se para a América Latina e Caraíbas, onde se verificaram numerosos casos em animais (aves e equídeos), mas, os casos humanos permaneceram raros. Os níveis epidémicos máximos na América do Norte foram atingidos entre 2002 e 2007, registando-se um decréscimo entre 2008 e 2011, seguido de um novo aumento, com números anuais superiores a 2.000 casos humanos infetados. Epidemias de dimensões semelhantes também foram registadas na Europa (Ronca et. al, 2021).

2.4. DISPERSÃO DA DOENÇA NA EUROPA

Após o primeiro surto de Febre do Nilo na Camarga, em 1960, o número de casos humanos e equinos continuou a aumentar na Europa, especialmente nas regiões centrais e do Sul, propagando-se progressivamente para o norte, acompanhando a expansão dos vetores (Ronca et al., 2021).

A introdução do vírus da Febre do Nilo Ocidental na Europa está associada à migração de aves oriundas de África, ocorrida em meados do século XX (Mencattelli et al., 2022). Os primeiros grandes surtos ocorreram entre as décadas de 1990 e 2000 no leste da Europa, destacando-se o surto da Roménia em 1996, com mais de 390 casos humanos diagnosticados, sobretudo na zona de Bucareste, que apresenta condições húmidas favoráveis à propagação do mosquito *Culex pipiens*. Esta epidemia demonstrou o potencial epidemiológico do vírus na Europa e levou as autoridades a implementar medidas de vigilância e de prevenção, nomeadamente no controlo dos mosquitos. Progressivamente, o vírus expandiu-se para o oeste e sul da Europa, com particular incidência em França, Itália, Grécia e Espanha, países que registaram um aumento significativo de casos desde 2010 até à atualidade. Atualmente, existem focos permanentes do vírus na Alemanha, França e Espanha, bem como focos transitórios em mais de 14 países europeus, evidenciando uma tendência de expansão para o norte do continente (Anexos, Figura 1). Até ao momento, verifica-se uma maior diversidade de linhagens virais na Europa em comparação com outras regiões do mundo. Para minimizar os riscos de propagação da doença, é fundamental conhecer as características do vírus e as suas semelhanças com outros agentes virais já estudados (Lu et al., 2024).

2.5. O VÍRUS DA FEBRE DO NILO OCIDENTAL

2.5.1. Nomenclatura

O vírus da Febre do Nilo Ocidental, atualmente designado *Orthoflavivirus nilense*, é um arbovírus pertencente ao género *Orthoflavivirus*, da família Flaviviridae. Os *Orthoflavivirus* são tradicionalmente classificados em função dos seus vetores; assim, *Orthoflavivirus nilense* integra o grupo dos *Orthoflavivirus* transmitidos por mosquitos do género *Culex*, nomeadamente o serocomplexo das encefalites japonesas (Bicout, 2013).

Até ao momento, foram identificadas nove linhagens distintas do vírus da Febre do Nilo Ocidental (WNV-1 a WNV-9), das quais seis foram detetadas na Europa. Destaca-se que 73% das sequências analisadas em território europeu pertencem à sub-linhagem WNV-2a, identificada em mais de catorze países europeus. A linhagem WNV-2 é responsável pelo maior número de surtos em humanos e

animais na Europa, seguida da linhagem WNV-1, ao contrário do que se verifica na América do Norte, onde apenas a linhagem WNV-1 está presente (Lu et al., 2024).

Os primeiros surtos europeus foram provocados pela linhagem WNV-1, que foi progressivamente substituída por WNV-2, após a sua primeira deteção na Europa Central em 2004 (Pacenti et al., 2020).

2.5.2. Morfologia

As características estruturais do vírus desempenham um papel decisivo na sua capacidade de infetar as células hospedeiras e de se propagar. O vírus da Febre do Nilo Ocidental é uma partícula com menos de 500 nanómetros de diâmetro, envelopada por uma camada lipídica composta por glicoproteína E e proteínas prM, seguida de uma cápsula formada pelas proteínas C e E. O seu genoma é constituído por ARN de cadeia simples com polaridade positiva, com cerca de 10.000 nucleótidos, que é traduzido numa poliproteína de aproximadamente 3.430 aminoácidos. Estes aminoácidos são clivados por proteases para originar as proteínas estruturais C, prM e E, além de sete proteínas não estruturais (NS1 a NS5), que desempenham um papel fundamental na replicação viral. Tal como outros vírus do género *Orthoflavivirus*, *Orthoflavivirus nilense* apresenta uma estrutura icosaédrica simétrica (Anexos, Figura 2). Para além da morfologia, a capacidade do vírus de infetar outros hospedeiros depende também da existência de espécies intermediárias que funcionam como reservatórios naturais do vírus (Karim e Bai, 2023).

2.6. OS RESERVATÓRIOS DO VÍRUS DA FEBRE DO NILO OCIDENTAL

As aves foram identificadas como o principal hospedeiro reservatório do vírus da Febre do Nilo Ocidental, tendo sido detetado em mais de 326 espécies diferentes de aves. As aves podem ser infetadas por via feco-oral ou indiretamente através de um vetor, o mosquito do género *Culex*, o que provoca uma infeção aguda que geralmente dura até uma semana (Clark e Schaefer, 2023). A virémia nas aves infetadas dura, em regra, alguns dias; no entanto, algumas espécies selvagens apresentam uma virémia persistente, que pode prolongar-se por várias semanas, frequentemente de forma assintomática. Esta virémia prolongada contribui para a disseminação do vírus, permitindo a transmissão aos vetores. A suscetibilidade à infeção varia consoante a espécie. Os passerídeos são os mais afetados, apresentando elevada mortalidade e níveis elevados de virémia, ao contrário dos galináceos, que exibem baixa virémia e taxas nulas de mortalidade e morbilidade (Fiacre et al., 2020). Estudos indicam que aves das ordens Passeriformes, Charadriiformes e Falconiformes são os hospedeiros com maior capacidade de amplificação do vírus. Embora o vírus possa infetar mamíferos

e alguns répteis, as aves são os únicos hospedeiros capazes de desenvolver uma virémia suficiente para transmitir o vírus aos vetores (Chowdhury e Khan, 2021).

O conhecimento dos reservatórios do vírus é fundamental para compreender os contextos em que a infecção pode surgir ou manter-se no ambiente, sendo igualmente importante analisar os mecanismos de transmissão para os hospedeiros suscetíveis (Karim e Bai, 2023).

2.7. MODOS DE TRANSMISSÃO DO VÍRUS DA FEBRE DO NILO OCIDENTAL E PATOGENIA

A transmissão do vírus da Febre do Nilo Ocidental mantém um ciclo entre os vetores - mosquitos do género *Culex* - e os reservatórios, que são aves selvagens. O mosquito infeta-se com *Orthoflavivirus nilense* quando se alimenta do sangue de um hospedeiro reservatório infetado. Posteriormente, o vírus infeta as células epiteliais do intestino médio do vetor, iniciando aí a sua replicação. Para conseguir infetar os hospedeiros definitivos, o vírus utiliza a hemolinfa para deslocar-se até às glândulas salivares do mosquito. Assim, quando o vetor se alimenta, o vírus é inoculado na pele do hospedeiro, infetando primeiramente os queratinócitos da epiderme. Posteriormente, o vírus é internalizado pelas células dendríticas ou pelas células de Langerhans da pele, que migram para outros órgãos, nomeadamente os gânglios linfáticos e o baço. Algumas estirpes do vírus conseguem atingir o encéfalo dos hospedeiros, atravessando a barreira hematoencefálica por via de transporte retrógrado axonal ao longo da medula espinal. Também podem atingir o encéfalo pela circulação sanguínea, nomeadamente dentro dos linfócitos capazes de atravessar a barreira hematoencefálica (Karim e Bai, 2023).

Uma vez transmitido, instala-se uma virémia. Se o hospedeiro infetado for uma ave, a carga viral é geralmente suficiente para permitir a transmissão a outro vetor. Por outro lado, os mamíferos são considerados hospedeiros acidentais, pois não têm capacidade para transmitir o vírus a um vetor, interrompendo assim o ciclo de transmissão da Febre do Nilo Ocidental. Apesar da transmissão principal ser por vetor, existe também transmissão inter-humana. Foi demonstrado que transfusões sanguíneas, leite materno e transplantes de órgãos de pessoas infetadas podem transmitir o vírus a indivíduos não infetados (Fiacre et al., 2020) (Anexos, Figura 3).

Para uma transmissão eficaz do vírus, os vetores desempenham um papel essencial (Garrigós et al., 2023).

2.8. HOSPEDEIROS DEFINITIVOS E SINTOMATOLOGIA

O vírus da Febre do Nilo Ocidental pode infectar diversas espécies de aves, mamíferos e, ocasionalmente, répteis e anfíbios. No entanto, a resposta à infecção varia consoante o hospedeiro (Chala e Hamde, 2021).

Entre os mamíferos, os cavalos e os humanos são os que apresentam maior prevalência de sintomatologia clínica. A patogenia nestas duas espécies é semelhante, embora os estudos sejam mais aprofundados em cavalos, por razões éticas (Schwarz e Long, 2023).

Nos cavalos, a virémia surge entre 1 e 6 dias após a infecção, com duração média de 3 dias, tornando-se geralmente indetetável aquando do aparecimento dos sinais clínicos. Cerca de 80% dos cavalos infetados permanecem assintomáticos. Os restantes 20% podem desenvolver um quadro semelhante ao gripal, com fadiga, fraqueza, febre e, ocasionalmente, narcolepsia. Entre 1% e 10% dos casos apresentam tremores e fasciculações, sobretudo na face, bem como sinais neurológicos, incluindo ataxia, hiperestesia à luz ou ao toque, e alterações motoras. Nos casos mais graves, pode ocorrer paresia ou paralisia parcial/generalizada, levando o animal a permanecer em decúbito lateral, sem capacidade de se levantar (Migné, 2024). Nos últimos anos, tem-se verificado um aumento do número de casos de Febre do Nilo Ocidental em equídeos na Europa (Anexos, Figura 4).

Em humanos, cerca de 80% das infeções são assintomáticas. Os restantes 20% desenvolvem sintomas como febre, mal-estar, cefaleia, mialgias, artralgias, sintomas gastrointestinais e, ocasionalmente, exantema maculopapular. Aproximadamente uma em cada 150 pessoas infetadas desenvolve doença neuroinvasiva, caracterizada por febre alta, rigidez da nuca, confusão, alterações do estado mental, estupor, tremores, convulsões, paralisia muscular e défices neurológicos focais, podendo evoluir para meningoencefalite. As formas graves são mais frequentes em pessoas com idade superior a 50 anos ou com comorbilidades, e a mortalidade pode atingir 10% nos casos de envolvimento do sistema nervoso central. A recuperação pode ser lenta, com fadiga e fraqueza persistentes, e podem ocorrer sequelas neurológicas. Incluem-se ainda, entre as manifestações neurológicas, ataxia, sinais extrapiramidais, alterações dos nervos cranianos, mielite, neurite ótica, polirradiculoneurite e convulsões (Karim e Bai, 2023).

As aves, principais reservatórios do vírus, são geralmente assintomáticas, mas algumas espécies podem desenvolver sinais clínicos como anorexia, perda de peso, tremores, desorientação, penas eriçadas e postura anormal do pescoço. Mortalidade súbita de várias aves no mesmo grupo pode indicar infeção por Febre do Nilo Ocidental (Migné, 2024).

O diagnóstico pode ser realizado por diferentes métodos laboratoriais, adaptados à disponibilidade técnica e económica de cada país. Estes incluem técnicas serológicas (detecção de anticorpos imunoglobulina M (IgM)) e moleculares (Schwarz e Long, 2023).

2.9. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

Os exames de rotina não apresentam alterações específicas para a Febre do Nilo Ocidental. O método de diagnóstico mais utilizado é a detecção de anticorpos IgM em amostras de sangue ou líquido cefalorraquidiano, recorrendo à técnica de ensaio de imunoabsorção enzimática, do inglês *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA), a partir do 5.º dia após o início dos sintomas. Este teste é fundamental tanto para casos isolados como para a vigilância epidemiológica em situações de surto. No entanto, podem ocorrer resultados falso-positivos devido a reações cruzadas com outros flavivírus ou em indivíduos recentemente vacinados contra estas infeções (Clark e Schaefer, 2023).

Outros métodos incluem o teste de imunofluorescência indireta (IFI), que é mais rápido e económico, mas apresenta maior probabilidade de falsos positivos, e o teste de inibição da hemaglutinação (IH), raramente utilizado devido à dificuldade em distinguir o vírus da Febre do Nilo Ocidental de outros arbovírus. O teste de neutralização por redução de placas, do inglês *Plaque Reduction Neutralization Tests* (PRNT) pode ser utilizado para confirmar a infeção e diferenciar de outros flavivírus, sendo especialmente útil em laboratórios de referência. A detecção do ácido ribonucleico viral, do inglês *Ribonucleic Acid* (RNA) por transcrição reversa seguida de reação em cadeia de polimerase, do inglês *Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction* (RT-PCR) pode ser realizada em amostras de sangue, soro ou líquido cefalorraquidiano; sendo mais eficaz nos primeiros dias de doença, durante o período de virémia. Contudo, após o aparecimento dos sintomas neurológicos, o vírus geralmente já não é detetável no sangue, limitando a utilidade deste método nesta fase. O isolamento viral é possível, mas pouco utilizado na prática clínica devido à sua complexidade e necessidade de laboratórios especializados (Schwarz e Long, 2023).

O diagnóstico diferencial deve incluir outras arboviroses e infeções virais do sistema nervoso central, como dengue, encefalite por herpesvírus, leptospirose e outras causas de meningoencefalite (Zé-Zé et al., 2015)

2.10. TRATAMENTOS E VACINAS

Não existe, até ao momento, vacina aprovada para uso em humanos. Existem, contudo, vacinas disponíveis para cavalos, incluindo vacinas de vírus inativado e vacinas recombinantes, que têm

demonstrado eficácia na prevenção da doença nestes animais. Para humanos, três vacinas encontram-se em fase de ensaio clínico: duas baseadas em quimeras de flavivírus, que estimulam resposta imunitária com uma dose única, e uma vacina de ácido desoxirribonucleico, do inglês *Deoxyribonucleic Acid* (DNA), que requer três doses para induzir resposta eficaz (Schwarz e Long, 2023).

A limitação das opções terapêuticas e preventivas contribui para um prognóstico variável, dependendo do estado imunitário do hospedeiro e da gravidade da manifestação clínica (Zé-Zé et al., 2015).

2.11. PROGNÓSTICO E MORTALIDADE

O prognóstico depende do indivíduo e da gravidade da infeção. Em casos assintomáticos ou ligeiros, o prognóstico é geralmente favorável. Nos casos de encefalite em humanos ou manifestações neurológicas em cavalos, o prognóstico é mais reservado. Aproximadamente 1% dos humanos infetados desenvolve doença grave, sendo a morbilidade e mortalidade superiores em pessoas com mais de 50 anos ou com comorbilidades (Clark e Schaefer, 2023).

A taxa de mortalidade em humanos varia conforme o país, a idade e o estado imunitário, situando-se geralmente entre 8% e 10% nos casos graves. Existem variações regionais: por exemplo, em Itália, a mortalidade associada à linhagem WNV-L2 atingiu 22%, enquanto na Roménia foi registada uma taxa de 8,8%. Em cavalos, a taxa de letalidade ronda os 28%, independentemente da linhagem viral ou da idade do animal (Schwarz e Long, 2023).

O conhecimento dos vetores e a implementação de medidas de proteção são essenciais para limitar a prevalência associada à doença (Nasci e Mutebi, 2019).

2.12. CASO DE FEBRE DO NILO OCIDENTAL OCORRIDO EM PORTUGAL

Em 2015, durante um surto de Febre do Nilo Ocidental em Portugal, foi identificado o primeiro caso humano confirmado da doença no país. No dia 21 de julho, um homem de 70 anos residente numa zona rural do Algarve foi admitido no Hospital de Faro apresentando febre superior a 38,5 °C, cefaleias e alterações do estado mental. O paciente tinha contacto diário com animais domésticos e ruminantes, não apresentava histórico de viagens recentes nem vacinação contra flavivírus. Os exames laboratoriais revelaram leucocitose e elevação da proteína C-reativa no sangue, enquanto a análise do líquido cefalorraquidiano mostrou hiper celularidade com predomínio de linfócitos e proteínas. Inicialmente, foi considerada uma infeção por *Coxiella burnetii*, tendo sido equacionados diagnósticos diferenciais como meningoencefalite viral, rickettsiose ou meningite bacteriana. O doente foi tratado com ceftriaxona e doxiciclina, e amostras de sangue e líquido cefalorraquidiano foram enviadas para

análise específica de Febre do Nilo Ocidental. A evolução clínica foi favorável, com melhoria significativa em 14 dias, embora persistissem algumas sequelas neurológicas transitórias. Ao fim de 20 dias, o exame neurológico e as análises laboratoriais indicaram recuperação total. A confirmação laboratorial da infeção por vírus do Nilo Ocidental foi obtida por imunofluorescência em duas amostras de soro colhidas 16 e 34 dias após o início dos sintomas, marcando este caso como o primeiro seropositivo identificado em humanos em Portugal (Zé-Zé et al., 2015).

3. VETORES DA FEBRE DO NILO: OS CULICÍDEOS

Atualmente, não foi comprovada a existência de outros vetores da Febre do Nilo Ocidental além dos mosquitos, pertencentes à ordem Diptera, família Culicidae, e principalmente do género *Culex*. Na América do Norte, foi estabelecido que os principais agentes no ciclo de transmissão da Febre do Nilo Ocidental são os mosquitos *Culex tarsalis* e *Culex pipiens* (Karim et al., 2023).

Estes agentes podem variar conforme a região geográfica. Na Europa, os mosquitos *Culex pipiens* são os vetores mais frequentes na transmissão da Febre do Nilo Ocidental, seguidos por *Culex molestus*. Recentemente, foi descoberta uma espécie híbrida entre *Culex pipiens* e *Culex molestus*, que também funciona como ponte de transmissão entre as aves reservatórias e os humanos (Lu et al., 2023).

Outros mosquitos podem transmitir a doença na Europa, mas o risco de transmissão é inferior ao dos mosquitos do género *Culex* (Anexos, Figura 5).

No continente asiático existe uma predominância de vetores como mosquitos do género *Aedes*, principalmente *Aedes albopictus* e *Aedes vexans*, enquanto em África e Médio Oriente foi mais frequentemente isolado o vírus da Febre do Nilo em mosquitos *Culex univittatus*. *Culex quinquefasciatus* é o vetor predominante na América do Sul e *Culex tarsalis* na América Central. Estes diferentes vetores são essenciais na disseminação do vírus no mundo e sua transmissão para hospedeiros definitivos (Chowdhury e Khan, 2021).

3.1. CICLO DE VIDA DOS CULICÍDEOS

O ciclo de vida dos mosquitos culicídeos compreende quatro fases: ovo, larva, pupa e adulto, com uma duração total que varia entre 2 e 4 semanas, dependendo da espécie e das condições ambientais. As fases de ovo e larva são exclusivamente aquáticas, enquanto a fase adulta é aérea (Madhav et al., 2024).

Os mosquitos *Anopheles* depõem 50 a 300 ovos a cada postura, individualmente e a proximidade de um corpo de água. A duração do desenvolvimento embrionário depende da temperatura ambiental, variando de 2,5 dias à uma temperatura de 25°C a 7 dias à uma temperatura de 16°C. São resistentes à dessecação então conseguem sobreviver em ausência de corpo de água e necessitam um estímulo para a eclosão ao contrário dos mosquitos *Culex* que fazem uma ovopostura de 40 a 80 ovos e que necessitam um ambiente húmido. A ovopostura se faz em formação especial em grupo para flutuar à superfície de águas estagnadas e flutuantes. Ovos de mosquitos *Anopheles* são depositados individualmente na superfície da água, despõem de flutuadores laterais que podem reagrupar-se para formar estruturas estrelar de seis ovos. Ovos do género *Aedes* são extremamente resistentes à dissecação e temperaturas extremas, podendo sobreviver sem água e durante várias semanas a temperaturas negativas ou mesmo superiores à 50°C. Larvas de mosquitos se diferenciam de outras larvas aquáticas pela ausência de patas e a presença de um tórax relativamente espessado e são micrófagas; as de *Culex* apresentam um sifão na extremidade abdominal que é orientado em direção da superfície aquática. Após uma mutação em quatro etapas de uma a duas semanas, estas vão se desenvolver em ninfas com dimorfismo sexual (pupas masculinas são de tamanho inferior às pupas fêmeas e possuem genitálias de volume superior) que são aquáticas, mas não se alimentam. 24 a 48 horas após emergem adultos que se alimentam de líquidos açucarados vegetais, no entanto as fêmeas são hematófagas para obter a energia necessária ao voo e ao desenvolvimento ovárico. É durante estas refeições de sangue que são transmitidos os agentes patógenos. O tempo de vida médio de um mosquito adulto é de trinta dias, variando com as condições climáticas e a presença de predadores (Anexos, Figura 6). Apesar de um ciclo de vida semelhante, os diferentes géneros de *Culicidae* diferem nomeadamente por sua morfologia. No género *Culex*, as fêmeas depositam os ovos em grupos, formando jangadas que flutuam na superfície de águas paradas ou estagnadas. Cada jangada pode conter entre 150 e 280 ovos, que eclodem após um período de repouso de 2 a 3 dias, embora em algumas espécies os ovos possam resistir à dessecação durante semanas ou meses. As larvas, desprovidas de patas, alimentam-se de partículas orgânicas presentes na água e apresentam um sifão respiratório que se projeta para a superfície. Após passarem por quatro estádios larvares, transformam-se em pupas, fase também aquática, mas não alimentar (Duvallet et al., 2017).

A emergência do adulto ocorre na superfície da água, após a rutura da exúvia pupal. Os machos alimentam-se de néctares e outros líquidos vegetais, enquanto as fêmeas necessitam de sangue de vertebrados para o desenvolvimento dos ovos, sendo este o momento em que podem transmitir agentes patogénicos, como o vírus do Nilo Ocidental. O ciclo reprodutivo (gonotrófico) pode repetir-

se diversas vezes ao longo da vida da fêmea, que, em condições favoráveis, pode viver entre quatro e cinco semanas (Darriet, 2017).

A longevidade e o sucesso reprodutivo dos culicídeos estão fortemente dependentes das condições climáticas, nomeadamente temperatura e humidade, que influenciam tanto o desenvolvimento das fases imaturas como a sobrevivência dos adultos (Nasci e Mutebi, 2019).

3.2. MORFOLOGIA

Os mosquitos culicídeos adultos apresentam três regiões corporais distintas: cabeça, tórax e abdómen. Na cabeça, destacam-se um par de olhos compostos, antenas (mais plumosas nos machos), e um aparelho bucal adaptado à sucção em ambos os sexos, sendo picador nas fêmeas. O tórax é dividido em três segmentos e possui um par de asas membranosas e três pares de patas. O abdómen é segmentado, com modificações nos segmentos terminais que diferenciam machos de fêmeas, sobretudo ao nível da genitália (Anexos, Figura 7) (Duvallet et al., 2017).

As principais diferenças morfológicas entre géneros residem na forma dos ovos, presença e disposição do sifão larvar, e detalhes anatómicos do aparelho genital dos adultos. Por exemplo, os ovos de *Culex* são depositados em jangadas flutuantes, enquanto os de *Aedes* são isolados e altamente resistentes à dessecação. As larvas de *Culex* apresentam um sifão respiratório longo, enquanto as de *Anopheles* não possuem sifão, mantendo-se paralelas à superfície da água (Darriet, 2017).

Apesar das diferenças morfológicas, a dispersão e abundância dos culicídeos estão intimamente ligadas às condições ambientais, que condicionam a sua sobrevivência, reprodução e capacidade de transmissão de agentes patogénicos (Nasci e Mutebi, 2019).

3.3. ASPETOS CLIMÁTICOS IDEAIS À DISPERSÃO DOS MOSQUITOS CULICÍDEOS

A reprodução dos mosquitos Culicidae requer a presença de água, preferencialmente estagnada, como lagoas, poças permanentes ou tanques de água para animais, pois a ausência de corrente reduz o risco de destruição dos ovos. A temperatura ideal para a reprodução e longevidade dos adultos situa-se em torno dos 25 °C, embora algumas espécies consigam sobreviver a temperaturas extremas, sobretudo sob a forma de ovos ou larvas. Uma humidade relativa elevada (superior a 70%) favorece também a sobrevivência dos Culicidae, pelo que a maioria das espécies prefere climas tropicais ou subtropicais, ou ainda zonas temperadas abrigadas, com baixo índice de vento, uma vez que ventos fortes dificultam o voo dos adultos. Estas condições criam ambientes propícios ao aumento da densidade populacional

dos mosquitos, prolongando a época de reprodução e facilitando a transmissão de agentes patogénicos, como o vírus do Nilo Ocidental (Duvallet et al., 2017).

3.4. ASPETOS GEOGRÁFICOS

3.4.1. História Geográfica da Dispersão dos Culicídeos

Os culicídeos apresentam uma distribuição mundial, estando presentes em quase todos os continentes e habitats, desde regiões tropicais até áreas temperadas, com exceção da Antártida e algumas ilhas isoladas. A sua dispersão histórica acompanha a evolução dos ambientes húmidos após a última glaciação, há cerca de 21.000 anos. Com a sedentarização humana, os mosquitos adaptaram-se a ambientes aquáticos próximos das populações, facilitando o surgimento de doenças transmitidas por vetores. Na Antiguidade, já se distinguia entre mosquitos de zonas pantanosas (atualmente *Anopheles*) e mosquitos urbanos (*Culex*), estes últimos atraídos por águas estagnadas resultantes da atividade humana (Darriet, 2017).

A expansão global dos culicídeos intensificou-se com as grandes navegações e o comércio transatlântico, que permitiram a introdução de espécies exóticas, como *Aedes*, na Europa e nas Américas, através do transporte de ovos em reservatórios de água dos navios. A urbanização crescente desde meados do século XX favoreceu a adaptação de espécies como *Culex pipiens* a ambientes urbanos, especialmente onde existem águas poluídas. Atualmente, a globalização e o aumento da mobilidade humana, animal e de mercadorias facilitam a disseminação de diferentes espécies de culicídeos, incluindo vetores de doenças como o vírus da Febre do Nilo Ocidental, que se encontram distribuídos em todo o território nacional, incluindo Portugal (Babonyi e Haussig, 2020).

3.4.2. Previsões Futuras da Dispersão dos Culicídeos na Europa

Nos últimos anos, tem-se registado uma expansão dos surtos de Febre do Nilo Ocidental para regiões mais a norte da Europa, impulsionada por condições climáticas cada vez mais favoráveis e pelo aumento das temperaturas médias. Estas alterações são evidentes também nas regiões do Sul, como Espanha, onde verões mais quentes e primaveras precoces têm resultado em epidemias mais intensas devido ao aumento da atividade dos vetores. O prolongamento da época de reprodução dos culicídeos e o aumento da densidade populacional potenciam a transmissão do vírus de Febre do Nilo Ocidental e a expansão das áreas de risco ao longo de toda a Europa (Singh et al., 2024).

As projeções apontam para um aumento da área de distribuição dos mosquitos, com possibilidade de presença durante todo o ano, à medida que se prevê uma subida da temperatura global entre 1 e

3,5 °C até 2100. Assim, a futura expansão dos culicídeos na Europa e noutras regiões dependerá fortemente das alterações ambientais e climáticas em curso (Chala e Hamde, 2021).

Para antecipar a futura distribuição vetorial, foram criados modelos matemáticos de distribuição de espécies com projeções climáticas futuras. Estes modelos buscam antecipar os padrões de dispersão espacial dos mosquitos vetores do vírus da Febre do Nilo Ocidental na Europa. A análise considera diferentes cenários de mudança climática, permitindo avaliar áreas de risco emergente e apoiar estratégias de vigilância entomológica e de saúde pública adaptadas ao contexto ambiental futuro (Lippi et al., 2023).

4. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

4.1. NAS ZONAS ENDÉMICAS

Em África, as alterações climáticas têm-se traduzido em fenómenos extremos, como o aumento da frequência e duração de secas, ciclones e inundações, especialmente na África subsaariana. Estes eventos não só provocam elevados números de vítimas, como também criam condições ideais para a proliferação de vetores, incluindo os mosquitos transmissores da Febre do Nilo Ocidental, ao aumentarem os habitats aquáticos necessários à sua reprodução. Apesar dos esforços internacionais, como o objetivo da 27ª conferência das partes da convenção-quadro das nações unidas sobre as alterações climáticas (COP27) de limitar o aumento da temperatura global a +1,5 °C, as previsões para o continente africano permanecem pessimistas, dada a vulnerabilidade da região e a dificuldade em implementar medidas eficazes de adaptação (Atwoli et al., 2022).

Na Ásia, o impacto das alterações climáticas também se faz sentir, com aumento das temperaturas médias e das precipitações anuais, como observado em Singapura. Estes fatores prolongam o período de reprodução dos mosquitos vetores. Alguns países, como a China, têm investido em sistemas de vigilância epidemiológica que integram variáveis climáticas para antecipar e gerir surtos de doenças transmitidas por vetores, como é o caso do sistema de alerta automático e de resposta a doenças infecciosas da China, do inglês *China's Infectious Disease Automated-alert and Response System* (CIDARS) (Zain et al., 2024).

4.2. NA AMÉRICA

A América do Norte tem registado temperaturas recorde, com fenómenos como a formação de "cúpulas térmicas" que intensificam ondas de calor extremas. Estes episódios, cada vez mais frequentes, aumentam o risco de proliferação de mosquitos e, consequentemente, de transmissão do vírus da Febre do Nilo Ocidental. Limitar o aquecimento global a 1,5 °C, em vez de 2 °C ou mais, poderia reduzir significativamente a exposição da população a estas ondas de calor (Zhang et al., 2023).

Na América Central e do Sul, as alterações climáticas têm provocado um aumento das temperaturas médias e alterações nos regimes de precipitação, alternando entre períodos de seca intensa e chuvas torrenciais. Estes extremos favorecem tanto a criação de habitats para os vetores durante as cheias, como a concentração de mosquitos e aves em áreas reduzidas durante as secas, aumentando a transmissão do vírus (WMO, 2024).

4.3. NA EUROPA

A Europa enfrenta um aumento das temperaturas médias, verões mais longos e invernos mais amenos. Estas condições, aliadas à proximidade geográfica e aos fluxos comerciais com África, tornam o continente especialmente vulnerável à introdução e expansão de vetores transmissores de doenças, como o vírus da Febre do Nilo Ocidental. O aumento das temperaturas e das precipitações, bem como a maior frequência de fenómenos extremos, têm prolongado o período de atividade dos mosquitos e facilitado a sua sobrevivência em regiões anteriormente demasiado frias para a sua persistência (Adepoju, 2023).

Desde 1950, as temperaturas médias na Europa aumentaram cerca de 2,3 °C e prevê-se que possam subir mais 3 °C até ao final do século, caso a tendência atual se mantenha. O aumento da temperatura na sequência das alterações climáticas está a favorecer a transmissão do vírus da Febre do Nilo Ocidental em algumas partes da Europa, ao criar condições mais adequadas para a proliferação do vírus e dos seus mosquitos vetores (Anexos, Figura 8). Isto estabelece o caráter essencial do reforço das estratégias de prevenção e controlo dos vetores nas zonas de risco (WMO, 2024).

5. PREVENÇÃO DA PROPAGAÇÃO DA DOENÇA

5.1. PREVENÇÃO E CONTROLO DA EXPANSÃO VETORIAL

5.1.1. Redução dos Locais de Desenvolvimento Larvar

Uma das estratégias fundamentais para limitar a propagação dos culicídeos adultos é a redução das populações larvares, através do tratamento inseticida direto em planos de água estagnada onde se

detetam larvas. Esta abordagem demonstrou ser eficaz na diminuição do número de mosquitos adultos, embora a redução da transmissão da Febre do Nilo Ocidental só seja significativa quando combinada com outras medidas integradas. Contudo, tanto as larvas como os adultos podem desenvolver resistências aos inseticidas utilizados, tornando essencial a diversificação das técnicas de controlo (Nasci e Mutebi, 2019).

Para evitar problemas de toxicidade ambiental e o desenvolvimento de resistências, o uso de fungos entomopatogénicos tem mostrado eficácia no controlo de larvas de mosquitos, incluindo os géneros *Culex*, *Aedes* e *Anopheles*. O fungo *Beauveria bassiana*, já comercializado como adulticida, pode ser utilizado também contra as larvas, infetando-as por contacto e ingestão dos esporos, o que leva a lesões fatais nos tecidos larvares. Além disso, bactérias entomopatogénicas como *Bacillus thuringiensis israelensis* e *Bacillus sphaericus* são amplamente utilizadas no controlo biológico, sendo eficazes na fase larvar e com reduzido impacto ambiental. A redução dos locais de vida larvares deve ser complementada com outras estratégias, como o controlo biológico e a gestão ambiental, para maximizar a eficácia e garantir a sustentabilidade das intervenções (Tawidian et al., 2022).

5.1.2. Medidas de Controlo Biológico

Para evitar o surgimento de resistências químicas, o controlo biológico surge como alternativa sustentável. Um exemplo é a utilização da bactéria *Wolbachia*, um parasita intracelular natural de muitos artrópodes, que pode reduzir a capacidade reprodutiva dos mosquitos e bloquear a transmissão de arbovírus. A infeção por *Wolbachia* induz incompatibilidade citoplasmática, levando à inviabilidade dos embriões quando machos infetados acasalam com fêmeas não infetadas, e pode ainda causar fenómenos como feminização ou morte embrionária dos machos. A manutenção de uma proporção elevada de fêmeas infetadas é crucial para o sucesso da técnica, que já demonstrou resultados expressivos na redução da transmissão de doenças como a Dengue em diversos países. Outras abordagens biológicas incluem a introdução de predadores naturais, como peixes larvófagos, e o uso de fungos entomopatogénicos, que podem atuar em diferentes fases do ciclo de vida do mosquito, não se limitando apenas à fase larvar. Estas estratégias, quando integradas, contribuem para uma redução sustentável das populações de vetores, com menor impacto ambiental e menor risco de desenvolvimento de resistências (Madhav et al., 2024).

5.1.3. Medidas de Luta Química

Em 2005, na Califórnia, foi implementado um programa de controlo dos mosquitos *Culex pipiens* e *Culex tarsalis* para prevenir a transmissão da Febre do Nilo Ocidental em humanos. O grupo de

controlo de mosquitos e vetores “Sacramento-Yolo” procedeu à aplicação aérea de adulticidas à base de piretrinas sobre duas áreas urbanas durante três noites consecutivas. Esta intervenção resultou numa redução significativa das populações de *Culex pipiens* (75%) e *Culex tarsalis* (48,7%), bem como numa diminuição dos casos humanos de infeção pelo vírus da Febre do Nilo Ocidental nas áreas tratadas, comparativamente às áreas não tratadas. Após o tratamento, não foram registados novos casos nas zonas intervencionadas, enquanto nas áreas não tratadas continuaram a surgir infeções, demonstrando a eficácia do controlo químico em contexto epidémico (Nasci e Mutebi, 2019).

Atualmente, existem quatro principais classes de inseticidas utilizados no controlo de mosquitos: piretróides (como deltametrina e permetrina), organoclorados, organofosfatos (como malatão e fenitroton) e carbamatos (como propoxur e bendiocarbe). Estes compostos atuam maioritariamente no sistema nervoso central dos mosquitos, comprometendo a sua capacidade fisiológica e comportamental. Contudo, o uso prolongado destes produtos pode levar ao desenvolvimento de resistências, sendo os piretróides os mais utilizados e também aqueles a que se observa maior resistência, especialmente em África, onde até 78% dos mosquitos apresentam resistência a estes adulticidas (Sengül e Canpolat, 2022).

Para mitigar o problema das resistências e o impacto ambiental, têm sido desenvolvidos bioinseticidas baseados em mecanismos naturais de defesa das plantas, que se revelam menos tóxicos, mais específicos para as espécies-alvo e eficazes em menores quantidades. Apesar da eficácia quase imediata dos métodos químicos, a sua utilização deve ser integrada com estratégias inovadoras, como o controlo genético, para garantir uma abordagem sustentável e de longo prazo (Demirak e Canpolat, 2022).

5.1.4. Medidas de Luta Genética

As técnicas de controlo genético dos vetores, como os mosquitos do género *Culex* ou *Aedes*, baseiam-se em dois princípios: a supressão das populações, visando reduzir o número de vetores, e a modificação das populações, alterando geneticamente os mosquitos para diminuir a transmissão de agentes patogénicos. Uma das estratégias mais avançadas é a utilização de mosquitos transgénicos, geneticamente modificados para expressar genes letais ou esterilizantes. A Técnica de Libertação de Insetos Portadores de um gene Letal Dominante, do inglês *Release of Insects carrying a Dominant Lethal* (RIDL) consiste na libertação de machos portadores de um gene letal dominante; ao acasalarem com fêmeas selvagens, a descendência não sobrevive, levando à diminuição da população ao longo do tempo. Uma variante, a técnica de libertação de insetos portadores de um gene letal dominante alvo

para as fêmeas, do inglês *female-specific RIDL* (fsRIDL) utiliza um gene letal específico para as fêmeas, eliminando apenas os indivíduos responsáveis pela transmissão das doenças, enquanto os machos sobrevivem e continuam a propagar o gene na população (Wang et al., 2021).

Estudos de campo no Brasil, por exemplo, mostraram que a liberação de mosquitos transgênicos pode reduzir significativamente a população selvagem de vetores, como *Aedes aegypti*, e, consequentemente, a incidência de doenças como a dengue. No entanto, a eficácia destas técnicas pode variar em função de fatores ambientais, como a densidade inicial dos mosquitos e a disponibilidade de locais de reprodução, além dos custos associados à produção, liberação e monitorização dos insetos modificados (Carvalho et al., 2015)

Estas estratégias genéticas não substituem outras medidas de controlo, mas complementam-nas, sendo fundamental também a adoção de medidas de proteção individual para limitar a exposição às picadas e reduzir o risco de infeção (Demirak e Canpolat, 2022).

5.1.5. Medidas de Proteção Individual

A proteção individual contra as picadas de culicídeos é fundamental para prevenir a transmissão da Febre do Nilo Ocidental e outras doenças transmitidas por mosquitos. As principais recomendações incluem uso de redes mosquiteiras, de vestuário protetor, repelentes tópicos, produtos naturais, assim como redução da exposição aos vetores e gestão ambiental (Darriet, 2017; Demirak e Canpolat, 2022; Duvallet et al., 2017).

Instalar redes mosquiteiras, com ou sem impregnação de inseticidas, ao redor das camas e nas janelas e portas das casas, especialmente em zonas onde os mosquitos são mais ativos durante a noite. Utilizar roupa de manga comprida, calças e tecidos de cor clara, que dificultam o acesso dos mosquitos à pele e permitem visualizar mais facilmente a presença dos insetos. É especialmente recomendado para pessoas mais vulneráveis (idosos, crianças, imunodeprimidos) evitarem zonas húmidas ou próximas de planos de água ao entardecer e durante a noite (Darriet, 2017).

Aplicar repelentes aprovados, como a substância ativa N, N-dietil-m-toluamida (DEET), picaridina também conhecida por alcaridinia ou KBR 3023 (ácido piperidinocarboxílico, hidroxietil, éster metilpropílico), diretamente na pele exposta, seguindo sempre as instruções do fabricante quanto à concentração e frequência de aplicação. O DEET é considerado padrão-ouro, eficaz em concentrações de 20-50%, enquanto a picaridina é igualmente eficaz, menos oleosa e com odor mais suave, sendo adequada para pessoas com pele sensível. Repelentes devem ser escolhidos pela eficácia prolongada,

ausência de toxicidade e irritação cutânea, e preço acessível. Óleos essenciais, como os monoterpenos (citronela, óleos de citrinos, coníferas, plantas aromáticas) e óleo de Neem, podem ser usados como repelentes ou larvicidas, embora a sua eficácia seja geralmente inferior à dos repelentes químicos e não esteja totalmente comprovada por entidades reguladoras (Demirak e Canpolat, 2022).

Limitar o tempo passado no exterior durante os períodos de maior atividade dos mosquitos (amanhecer e anoitecer) e utilizar redes de proteção nas janelas e portas (Duvall et al., 2017).

Eliminar águas paradas em redor das habitações, limpar e tapar reservatórios de água, e adotar práticas de saneamento que dificultem a reprodução dos mosquitos (Darriet, 2017).

Estas medidas individuais devem ser complementadas por ações coletivas, como a vigilância epidemiológica, a educação para a saúde e a deteção precoce de casos, para garantir a eficácia na prevenção e controlo da propagação do vírus da Febre do Nilo Ocidental (Maia et al., 2024).

5.2. PREVENÇÃO E CONTROLO DA PROPAGAÇÃO DO VÍRUS

5.2.1. Vigilância e deteção precoce

Uma vigilância eficaz é fundamental para prevenir e limitar a propagação do vírus da Febre do Nilo Ocidental. Os países afetados implementam sistemas de monitorização das populações de mosquitos vetores, recorrendo à captura de culicídeos para identificação laboratorial e deteção do vírus por técnicas como RT-PCR ou ELISA, métodos sensíveis e específicos para identificar o vírus em mosquitos e aves. Em Portugal, a Rede Nacional de Vigilância de Vetores (REVIVE) mantém armadilhas ativas em todo o território, intensificando a vigilância nas épocas de maior risco, especialmente entre julho e setembro, para espécies do género *Culex*. Além da vigilância entomológica, são utilizadas tecnologias inovadoras, como a espectroscopia por infravermelho próximo, do inglês *Near-infrared spectroscopy* (NIRS), que permite a análise rápida e não destrutiva das colónias de mosquitos, e *drones* equipados com câmaras multiespectrais para cartografar zonas de reprodução larvar. Estas ferramentas facilitam a deteção precoce e a resposta rápida a potenciais surtos, embora impliquem custos elevados e necessidade de equipas especializadas (Maia et al., 2024).

A vigilância epidemiológica inclui também a monitorização de aves selvagens e equídeos, considerados sentinelas da circulação viral, bem como a notificação obrigatória de casos suspeitos em animais e humanos. Em situações de maior circulação viral, são implementados programas intensivos que envolvem ornitólogos, entomologistas e veterinários, tal como ocorreu na Sérvia em 2018, com recolha de amostras de aves, captura de mosquitos e utilização de cavalos sentinela submetidos a

análises serológicas regulares. A comunicação eficaz e a partilha de informação entre autoridades de saúde pública, veterinária e ambiental são essenciais para garantir a deteção precoce e a implementação de medidas de controlo adequadas. A partilha sistemática e tempestiva de dados fortalece os sistemas de vigilância epidemiológica e subsidia a tomada de decisões baseadas em evidências científicas. Essa abordagem colaborativa e multidisciplinar, preconizada pelo conceito de "Uma Só Saúde" (*One Health*), mostra-se particularmente relevante frente a desafios sanitários complexos, como as zoonoses emergentes e as doenças transmitidas por vetores, cujos ciclos envolvem interações dinâmicas entre seres humanos, animais e o meio ambiente (Petrović et al., 2021).

Mais recentemente, em Califórnia foi usado um *drone* equipado por uma câmara multiespectral para cartografar as zonas de habitação larvar de culicídeos para as inspeções e criação de valas de drenagem. Esta tecnologia também pode ser usada para identificar as formas imaturas de mosquitos *Culex pipiens* a fim de estimar a abundância da população (Carrasco-Escobar et al., 2022). Para além da vigilância dos casos humanos e animais, são também necessárias medidas de controlo específicas para garantir a não transmissão de vírus em casos de transfusões sanguíneas e transplantes de órgãos.

5.2.2. Controlo das Transfusões Sanguíneas e Dadores de Órgãos

Para além da vigilância ambiental e animal, a prevenção da transmissão do vírus da Febre do Nilo Ocidental por via transfusional ou transplante de órgãos é prioritária. Nos países onde a doença é endémica ou ocorre sazonalmente, são implementadas rotinas de despistagem nos dadores de sangue, geralmente através da deteção do RNA viral por RT-PCR, técnica que permite identificar infeções mesmo em fases iniciais e com baixa virémia. O rastreio em dadores de órgãos é mais complexo, envolvendo análise dos antecedentes clínicos e testes serológicos em casos suspeitos, sendo a decisão de transplante ponderada face ao risco-benefício. A implementação de medidas específicas é crucial para prevenir a transmissão iatrogénica do vírus da Febre do Nilo Ocidental, funcionando como complemento às ações de vigilância entomológica e epidemiológica em vigor. A seleção criteriosa de dadores de sangue, órgãos e tecidos, com base em critérios de exclusão bem definidos e exames laboratoriais dirigidos nas zonas afetadas, representa uma defesa adicional contra a transmissão por vias transfusionais ou transplantacionais. A experiência acumulada em países da União Europeia e nos Estados Unidos evidencia que a identificação atempada de infeções em dadores permite uma resposta célere e eficiente, contribuindo significativamente para a redução do risco de disseminação do vírus em contextos clínicos. Esse tipo de controlo reforça a necessidade de uma abordagem intersectorial e colaborativa, conforme preconizado pelo conceito "Uma Só Saúde",

essencial para o enfrentamento de zoonoses emergentes. A articulação entre vigilância, detecção precoce e avaliação rigorosa de dados, integrada com uma comunicação fluida entre os setores da saúde humana, animal e ambiental, constitui um pilar fundamental na contenção do vírus da Febre do Nilo Ocidental entre populações humanas e animais (Sauvage et al., 2024).

6. CONCLUSÃO

As alterações climáticas têm tido um impacto direto e crescente sobre a dinâmica de dispersão e a capacidade vetorial dos mosquitos transmissores da Febre do Nilo Ocidental. As mudanças das temperaturas e precipitações estão a expandir as áreas de ocorrência dos vetores, prolongando o seu período de atividade e criando novos habitats favoráveis à reprodução. Estes fatores aumentam o risco de infeção como já se verifica em várias regiões da Europa.

A previsão de um aumento global das temperaturas entre 0,5 °C e 2 °C nas próximas décadas sugere que estes riscos continuarão a crescer. Para evitar epidemias graves de Febre do Nilo, é essencial uma vigilância integrada dos principais atores na transmissão do vírus: aves selvagens (reservatórios naturais), culicídeos (vetores), condições climáticas e a epidemiologia humana e animal.

A limitação da doença exige a implementação de medidas eficazes de controlo vetorial, a restrição de atividades que contribuem para o aquecimento global e o reforço da investigação em tratamentos e vacinas. A abordagem *One Health*, revela-se indispensável para enfrentar estes desafios.

Em síntese, a resposta à propagação da Febre do Nilo Ocidental deve ser multidisciplinar e adaptativa, combinando vigilância reforçada, controlo ambiental e inovação científica, para proteger a saúde pública face aos novos riscos impostos pelo aquecimento global.

Referências Bibliográficas:

Atwoli, L. et al. (2022) 'COP27 Climate Change Conference: urgent action needed for Africa and the world,' *European Heart Journal*, 44(47), pp. 4911–4912. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac583>.

Bakonyi, T. and Haussig, J.M. (2020) 'West Nile virus keeps on moving up in Europe,' *European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC)*, Stockholm, Sweden. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7678036/pdf/eurosurv-25-46-1.pdf>.

Bicout, J.D. (2013) *Le virus du Nil occidental*. Quae.

Carvalho, D.O. et al. (2015) 'Suppression of a Field Population of *Aedes aegypti* in Brazil by Sustained Release of Transgenic Male Mosquitoes,' *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 9(7), p. e0003864. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003864>.

Chala, B. and Hamde, F. (2021) 'Emerging and Re-emerging Vector-Borne Infectious Diseases and the Challenges for Control: A review,' *Frontiers in Public Health*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.715759>.

Chowdhury, P. and Khan, S.A. (2021) 'Global emergence of West Nile virus: Threat & preparedness in special perspective to India,' *The Indian Journal of Medical Research*, 154(1), p. 36. https://doi.org/10.4103/ijmr.ijmr_642_19.

Clark, Michael.B. and Schaeffer, T.J. (2023) *West Nile Virus*. StatPearls. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31334966/>.

Darriet, F. (2017) *Des moustiques et des hommes : Chronique d'une pullulation annoncée*. IRD Éditions. 10.4000/books.irdeditions.9275

Dubois, M. et al. (2020) 'West Nile' <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/west-nile> ?

Duvallet, G., Fontenille, D. and Robert, V. (2018) *Entomologie médicale et vétérinaire*. Editions Quae. 10.4000/books.irdeditions.21923

Fiacre, L. et al. (2020) Molecular determinants of West Nile virus virulence and pathogenesis in vertebrate and invertebrate hosts. Review. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7731113/pdf/ijms-21-09117.pdf>

Karim, S.-U. and Bai, F. (2022) 'Introduction to West Nile virus,' *Methods in Molecular Biology*, pp. 1–7. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2760-0_1.

Koch, T. et al. (no date) Genomic epidemiology of West Nile virus in Europe, *One Health*, p. 100664. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10772404/pdf/main.pdf>.

Lippi, C.A. et al. (2023) 'Trends in mosquito species distribution modeling: insights for vector surveillance and disease control,' *Parasites & Vectors*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05912-z>.

Lu, L. et al. (2024) 'West Nile virus spread in Europe: Phylogeographic pattern analysis and key drivers,' *PLoS Pathogens*, 20(1), p. e1011880. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1011880>.

Madhav, M. et al. (2024) Culex-Transmitted Diseases: Mechanisms, Impact, and Future Control Strategies using Wolbachia, *Viruses*, p. 1134. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11281716/pdf/viruses-16-01134.pdf>.

Maia, L.J. et al. (2023) 'Arbovirus surveillance in mosquitoes: Historical methods, emerging technologies, and challenges ahead,' *Experimental Biology and Medicine*, 248(22), pp. 2072–2082. <https://doi.org/10.1177/15353702231209415>.

Masson-Delmotte, V. (2020) Réchauffement climatique : état des connaissances scientifiques, enjeux, risques et options d'action. Académie des sciences. <https://comptes-rendus.academie-sciences.fr/geoscience/item/10.5802/crgeos.29.pdf>.

Mencattelli, G. et al. (2022) 'Epidemiology of West Nile virus in Africa: An underestimated threat,' *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 16(1), p. e0010075. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010075>.

Migné, C. (2024) 'West Nile, un virus responsable d'épidémies imprévisibles,' *IFCE*, 12 November. <https://doi.org/10.2807/1560-7917>.

Multisectoral Perspectives on Global Warming and Vector-borne Diseases: a Focus on Southern Europe (2023) *Current Tropical Medicine Reports*, pp. 47–70. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9883833/pdf/40475_2023_Article_283.pdf.

Nasci, R.S. and Mutebi, J.-P. (2019) 'Reducing West Nile virus risk through vector management,' *Journal of Medical Entomology*, 56(6), pp. 1516–1521. <https://doi.org/10.1093/jme/tjz083>.

NCEZID (National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases), 'Life cycle of Culex mosquitoes' (2024). <https://www.cdc.gov/mosquitoes/about/life-cycle-of-culex-mosquitoes.html#:~:text=Adult%20female%20Culex%20mosquitoes%20lay,develop%20into%20adult%2C%20flying%20mosquitoes>

Oliveira, P. et al., (2015), 'Febre do Nilo Ocidental Situação epidemiológica e medidas de prevenção', https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2021/03/VI-Encontro-Formacao-OMV_Febre-Nilo-Ocidental.pdf

Pacenti, M. et al. (2020) 'Human West Nile Virus Lineage 2 Infection: Epidemiological, Clinical, and virological findings,' *Viruses*, 12(4), p. 458. <https://doi.org/10.3390/v12040458>.

Petrović, T. et al. (2021) 'Intensive West Nile virus circulation in Serbia in 2018—Results of integrated surveillance program,' *Pathogens*, 10(10), p. 1294. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101294>.

Ronca, S.E., Ruff, J.C. and Murray, K.O. (2021) 'A 20-year historical review of West Nile virus since its initial emergence in North America: Has West Nile virus become a neglected tropical disease?', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 15(5), p. e0009190. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009190>.

Sauvage, C. et al. (2024) surveillance épidémiologique des donneurs de sang en France - 1992-2023. https://www.santepubliquefrance.fr/media/files/06-don-de-sang/surveillance_donneurs_sang_1992-2023.com

Schwarz, E.R. and Long, M.T. (2023) 'Comparison of West Nile virus disease in humans and horses: Exploiting similarities for enhancing syndromic surveillance,' *Viruses*, 15(6), p. 1230. <https://doi.org/10.3390/v15061230>.

Singh, P. et al. (2024) 'West Nile Virus in a Changing Climate: epidemiology, pathology, advances in diagnosis and treatment, vaccine designing and control strategies, emerging public health challenges – a comprehensive review,' *Emerging Microbes & Infections* [Preprint]. <https://doi.org/10.1080/22221751.2024.2437244>.

Tawidian, P., Kang, Q. and Michel, K. (2022) The Potential of a New *Beauveria bassiana* Isolate for Mosquito Larval Control. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9993401/pdf/tjac179.pdf>.

Wang, G.-H., Jr. et al. (2021) 'Combating mosquito-borne diseases using genetic control technologies,' *NATURE COMMUNICATIONS*, pp. 1–2. <https://www.nature.com/articles/s41467-021-24654-z.pdf>.

West Nile virus: An update focusing on Southern Europe (2024) Microorganisms. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11677777/pdf/microorganisms-12-02623.pdf>.

West Nile virus (2024). <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/west-nile-virus?utm>

World Meteorological Organisation (2024) El Niño et le changement climatique ont malmené l'Amérique latine et les Caraïbes en 2023. <https://wmo.int/fr/news/media-centre/el-nino-et-le-changement-climatique-ont-malmene-lamerique-latine-et-les-caraibes-en-2023#:~:text=Selon%20le%20rapport%202023%20de,changement%20climatique%20%C3%A0%20lo ng%20terme.>

World Meteorological Organisation (2024) EUROPEAN STATE OF THE CLIMATE SUMMARY 2023. https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/custom-uploads/ESOTC%202023/Summary_ESOTC2023.pdf.

Zain, A. et al. (2024) Climate change and its impact on infectious diseases in Asia, Singapore Medical Journal. journal-article, pp. 211–219. <https://doi.org/10.4103/singaporemedj.SMJ-2023-180>.

Zhang, X. et al. (2023) 'Increased impact of heat domes on 2021-like heat extremes in North America under global warming,' Nature Communications, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37309-y>.

Zé-zé, L. et al. (2015) 'Human case of West Nile neuroinvasive disease in Portugal, summer 2015,' Eurosurveillance, 20(38). <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2015.20.38.30024>.

Anexos:

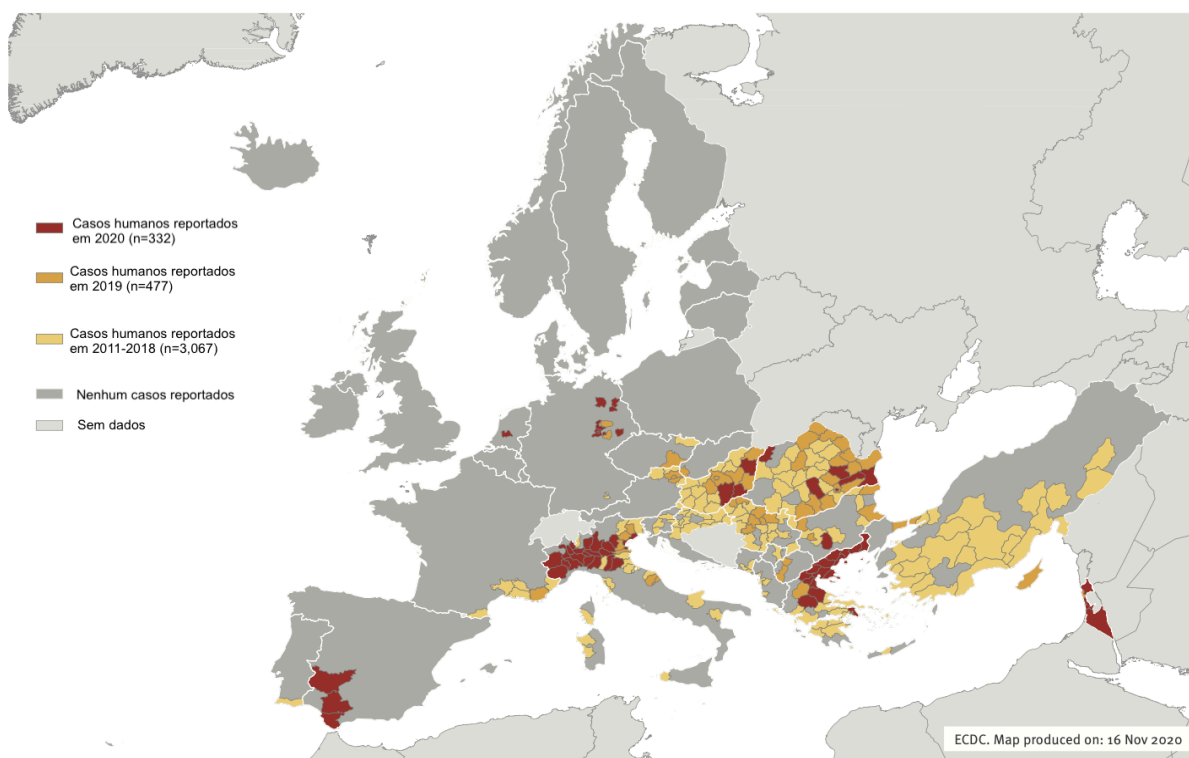


Figura 1: Distribuição de casos humanos de Febre do Nilo Ocidental na Europa no tempo (adaptado de Lu et al., 2024)

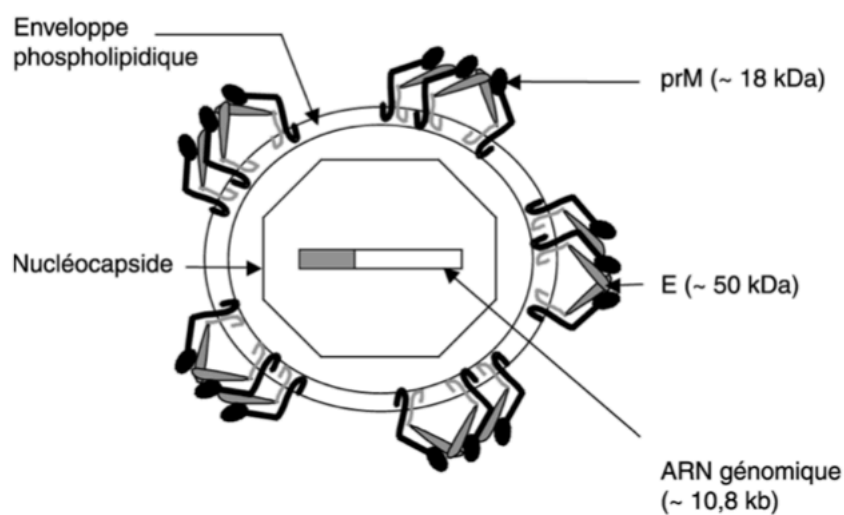


Figura 2: Morfologia do vírus da Febre do Nilo Ocidental (Bicout, 2013)

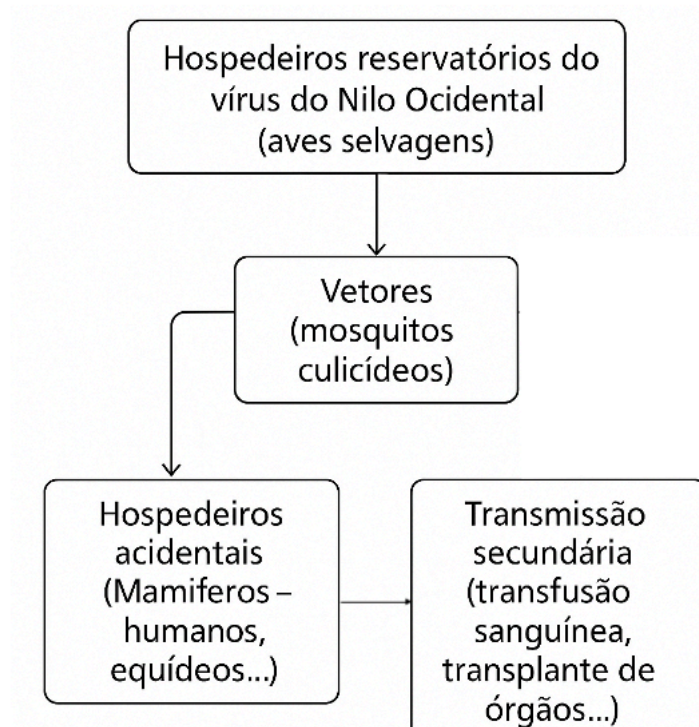


Figura 3: Fluxograma do ciclo epidemiológico da Febre do Nilo Ocidental

Países Europeos	Número de casos equinos em 2022	Número de casos equinos em 2023	Número de casos equinos em 2024
Áustria	1	1	54
Croácia	0	0	8
República Checa	33	0	0
França	9	44	79
Alemanha	17	14	174
Grécia	12	0	3
Hungria	0	26	41
Itália	82	25	34
Polónia	0	0	6
Portugal	3	5	17
Espanha	9	38	67
Total	166	153	483

Figura 4: Gráfico temporal de casos Febre do Nilo Ocidental em equídeos na Europa (Carrasco et al., 2024)

Espécies vetores da Febre do Nilo Ocidental na Europa	Áreas ativas	Principais espécies alvo
<i>Aedes caspius</i>	Regiões costeiras mediterrânicas e atlânticas Áreas húmidas (água salobra ou ligeiramente salgada)	Principalmente mamíferos, aves ocasionais
<i>Aedes vexans</i>	Europa central e mediterrânica Áreas húmidas temporais	Principalmente mamíferos, aves ocasionais
<i>Anophele hyrcanus</i>	Sul e Este da Europa Áreas húmidas	Aves e mamíferos (preferência para grande ruminantes)
<i>Anophele maculipennis</i>	Sul e Este da Europa (especialmente Portugal) Zonas agrícolas irrigadas	Aves e mamíferos
<i>Coquillettidia richiardii</i>	Sul, Centro e Este da Europa (especialmente França) Áreas húmidas com vegetações aquáticas	Aves e mamíferos
<i>Culex modestus</i>	Sul e Este da Europa Áreas húmidas com vegetações aquáticas	Aves e mamíferos (preferência para equídeos e homens)
<i>Culex pipiens</i>	Europa inteira Áreas húmidas e secas (águas estagnadas)	Aves e mamíferos (preferência para equídeos e homens)
<i>Culex theileri</i>	Sul da Europa Áreas húmidas	Aves e mamíferos

Figura 5: Lista de espécies de culicídeos vetores da Febre do Nilo Ocidental na Europa (adaptado de Bicout, 2013)

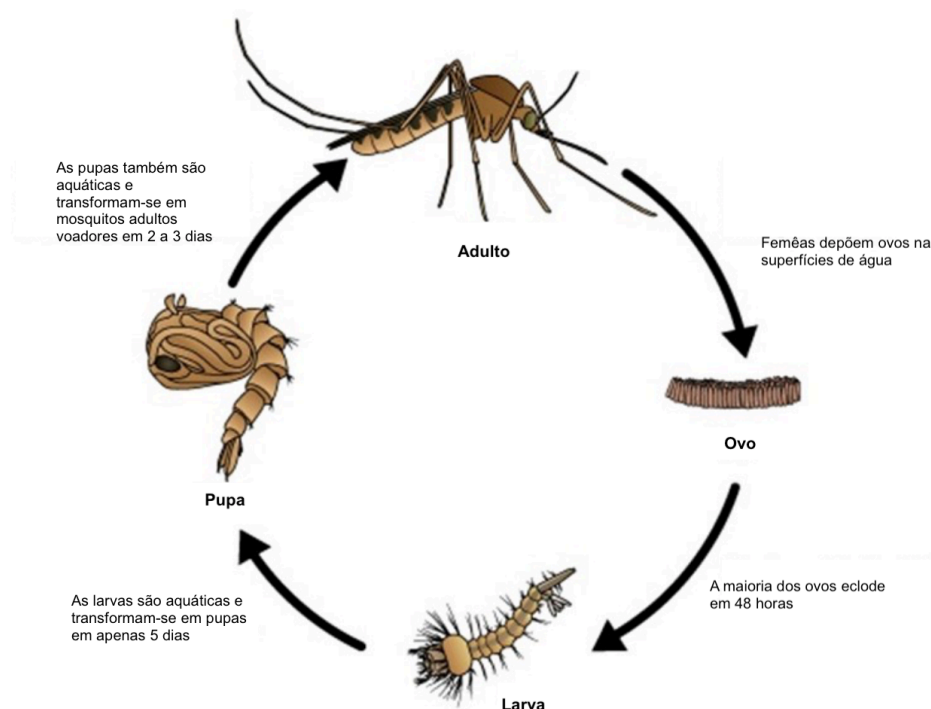


Figura 6: Ciclo de vida dos mosquitos *Culex* (adaptado de NCEZID, 2024)

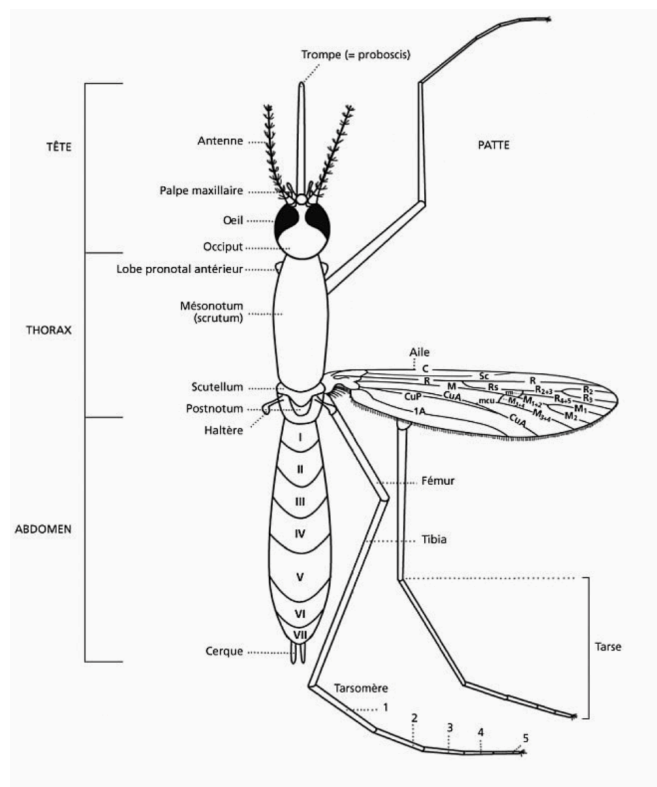


Figura 7: Morfologia de um mosquito adulto *Culicinae* (Duvallet et al., 2017)

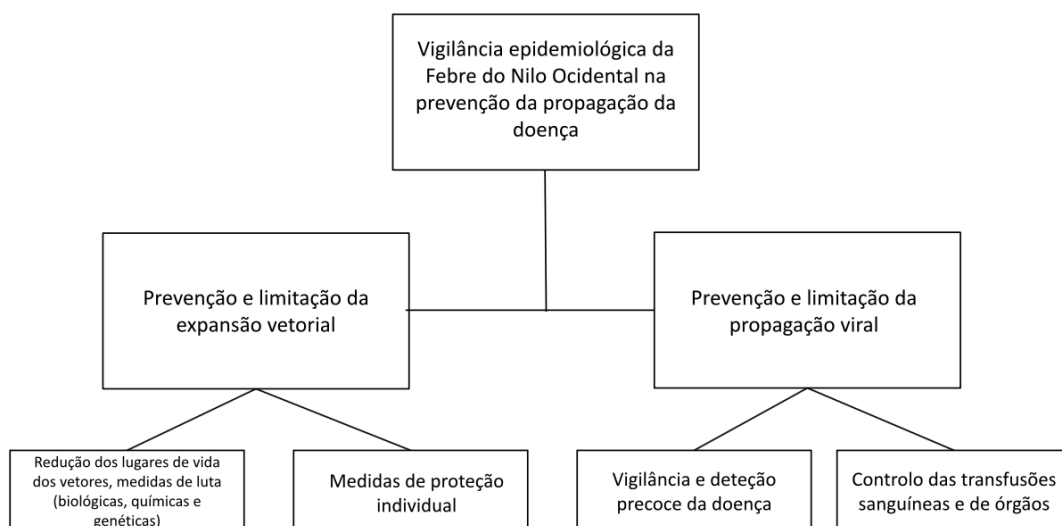


Figura 8: Fluxograma das ações de vigilância epidemiológica implementadas para prevenir a Febre do Nilo Ocidental