Revista Eletrônica ACERVO CIENTÍFICO
ISSN 2595-7899

Tendências temporais e razões de incidência da malária na área de uma hidrelétrica na Amazônia Brasileira, 2006-2023

Temporal trends and incidence rates of malaria in the area of a hydroelectric power plant in the Brazilian Amazon, 2006–2023

Tendencias temporales y razones de incidencia de malaria en el área de una central hidroeléctrica en la Amazonia brasileña, 2006-2023

Osvaldo Correia Damasceno[1], Denis Vieira Gomes Ferreira[1], Tomaz Xavier Carneiro[2], Alcinês da Silva Sousa Júnior[2], Marília Brasil Xavier[3].

RESUMO

Objetivo: Analisar a evolução temporal da malária na Área de Influência Direta de Belo Monte e estimar razões de incidência entre pré-construção, construção e pós-construção, com ajuste por município e população. **Métodos:** Estudo ecológico, observacional e retrospectivo, com dados agregados dos municípios de Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, Pará, entre 2006 e 2023. Foram analisados casos confirmados, população, Índice Parasitário Anual por 1.000 habitantes e períodos do empreendimento. Ajustou-se regressão de Poisson com offset populacional, ajuste por município e correção por escala de Pearson, além de modelos de sensibilidade. **Resultados:** Foram registrados 42.210 casos, sendo 31.634 no pré-construção, 5.692 na construção e 4.884 no pós-construção. O Índice Parasitário Anual mediano foi 33,10, 1,39 e 4,13 por 1.000 habitantes, respectivamente. Em relação ao pré-construção, a incidência foi menor na construção (IRR=0,153; IC95% 0,086-0,275) e no pós-construção (IRR=0,112; IC95% 0,060-0,209). **Conclusão:** A malária reduziu no agregado da área estudada, mas a interpretação requer cautela pela heterogeneidade municipal e pela dependência de dados secundários.

Palavras-chave: Malária, Epidemiologia, Vigilância em saúde, Saúde pública.

ABSTRACT

Objective: To analyze the temporal evolution of malaria in the Belo Monte Area of Direct Influence and estimate incidence rate ratios between the pre-construction, construction and post-construction periods, adjusted for municipality and population. **Methods:** Ecological, observational and retrospective study using aggregated data from Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio and Vitória do Xingu, Pará, Brazil, from 2006 to 2023. Confirmed cases, population, Annual Parasite Index per 1,000 inhabitants and enterprise periods were analyzed. Poisson regression was fitted with population offset, municipality adjustment and Pearson scale correction, with additional sensitivity models. **Results:** A total of 42,210 cases were recorded: 31,634 in the pre-construction period, 5,692 during construction and 4,884 after construction. Median Annual Parasite Index was 33.10, 1.39 and 4.13 per 1,000 inhabitants, respectively. Compared with pre-construction,

[1] Faculdade de Medicina - Campus Universitário de Altamira (UFPA), Altamira – PA.
[2] Fundação Santa Casa de Misericórdia do Pará, Belém – PA.
[3] Núcleo de Medicina Trorpical (NMT/UFPA), Belém – PA.

SUBMETIDO EM: 7/2026 | **ACEITO EM: 7/2026** | **PUBLICADO EM: 8/2026**

incidence was lower during construction (IRR=0.153; 95%CI 0.086-0.275) and post-construction (IRR=0.112; 95%CI 0.060-0.209). **Conclusion:** Malaria decreased in the aggregated study area, but interpretation requires caution because of municipal heterogeneity and the use of secondary data.

Keywords: Malaria, Epidemiology, Health surveillance, Public health.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la evolución temporal de la malaria en el Área de Influencia Directa de Belo Monte y estimar razones de incidencia entre preconstrucción, construcción y posconstrucción, con ajuste por municipio y población. **Métodos:** Estudio ecológico, observacional y retrospectivo, con datos agregados de Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio y Vitória do Xingu, Pará, Brasil, entre 2006 y 2023. Se analizaron casos confirmados, población, Índice Parasitario Anual por 1.000 habitantes y períodos del emprendimiento. Se ajustó regresión de Poisson con offset poblacional, ajuste por municipio y corrección por escala de Pearson, además de modelos de sensibilidad. **Resultados:** Se registraron 42.210 casos, con 31.634 en preconstrucción, 5.692 durante la construcción y 4.884 en posconstrucción. El Índice Parasitario Anual mediano fue 33,10, 1,39 y 4,13 por 1.000 habitantes, respectivamente. Frente a la preconstrucción, la incidencia fue menor en la construcción (IRR=0,153; IC95% 0,086-0,275) y en la posconstrucción (IRR=0,112; IC95% 0,060-0,209). **Conclusión:** La malaria disminuyó en el agregado del área estudiada, pero la interpretación requiere cautela por la heterogeneidad municipal y el uso de datos secundarios.

Palabras clave: Malaria, Epidemiología, Vigilancia en salud, Salud pública.

INTRODUÇÃO

A malária é uma doença febril aguda causada por protozoários do gênero Plasmodium e transmitida ao ser humano pela picada de fêmeas infectadas de mosquitos do gênero Anopheles. Entre as espécies que acometem humanos, Plasmodium falciparum e Plasmodium vivax concentram a maior carga clínica e epidemiológica, com diferenças entre regiões endêmicas. Em escala mundial, World Health Organization (2025) estimou 282 milhões de casos e 610 mil mortes em 2024, embora, desde 2000, 2,3 bilhões de casos e 14 milhões de óbitos tenham sido evitados.

O Global Burden of Disease também mantém a malária entre as causas infecciosas de carga persistente em países tropicais (GBD 2021 DISEASES AND INJURIES COLLABORATORS, 2024). Nas Américas, foram registrados 536.700 casos e cerca de 136 mortes em 2024, com predomínio de P. vivax (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2025). No Brasil, a transmissão concentra-se na Amazônia Legal, responsável por cerca de 99% dos casos nacionais (BRASIL, 2022a).

Na Amazônia brasileira, a dinâmica da malária é influenciada por transformações ambientais, ocupação territorial, mobilidade populacional, precariedade habitacional e capacidade de resposta dos serviços de saúde. Esses fatores podem alterar o contato entre vetores, parasitos e populações humanas, sobretudo em áreas de expansão urbana, garimpos, assentamentos, territórios indígenas e frentes de obras. Estudos recentes indicam que mudanças ecológicas e mobilidade humana ampliam o risco de transmissão em áreas amazônicas, especialmente quando há circulação intensa de pessoas entre espaços urbanos, rurais e florestais (Arisco NJ, et al., 2024; Johansen IC, Rodrigues PT e Ferreira MU, 2020).

A política antimalárica compõe o contexto desse processo. O Programa Nacional de Controle da Malária organiza ações de diagnóstico, tratamento oportuno, controle vetorial, vigilância e oferta gratuita de medicamentos no Sistema Único de Saúde (SUS). O plano Elimina Malária Brasil definiu metas para reduzir a incidência, eliminar óbitos até 2030, interromper a transmissão por P. falciparum até 2030 e eliminar a transmissão autóctone no país até 2035. Assim, a evolução da doença em áreas amazônicas deve ser interpretada em diálogo com intervenções programáticas, vigilância local e continuidade das ações de controle (BRASIL, 2021; BRASIL, 2022b; SOUZA BV, 2021).

A região do Xingu insere-se nesse debate pela implantação da Usina Hidrelétrica (UHE) Belo Monte, no Pará, cuja Área de Influência Direta (AID) abrange os municípios de Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu (Norte Energia SA, 2010). Grandes hidrelétricas podem modificar habitats vetoriais, atrair trabalhadores, intensificar fluxos populacionais e ampliar a circulação de infecções (Ladislau JLB, et al., 2016). No caso de Belo Monte, a malária foi reconhecida como endemia de interesse no licenciamento ambiental, com previsão do Plano de Ação para o Controle da Malária (PACM) como medida de mitigação durante o ciclo do empreendimento (Fainguelernt MB, 2016; Grisotti M, 2016; Sánchez LE, 2020).

Embora estudos anteriores tenham examinado a relação entre hidrelétricas e malária na Amazônia, inclusive no contexto de Belo Monte, a lacuna remanescente deve ser delimitada com precisão (FAINGUELERNT MB, 2016; LADISLAU JLB, et al., 2016; JOHANSEN IC, et al., 2023). Diante disso, o presente estudo visou analisar a evolução temporal da malária na AID Belo Monte e estimar razões de incidência entre pré-construção, construção e pós-construção, com ajuste por município e população.

MÉTODOS

Foi realizado estudo ecológico, observacional e retrospectivo, com análise de série histórica, abrangendo os municípios de Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, integrantes da Área de Influência Direta (AID) da Usina Hidrelétrica (UHE) Belo Monte, no estado do Pará. A unidade analítica principal foi o município-ano, totalizando 90 observações, correspondentes a cinco municípios acompanhados de 2006 a 2023. O relato foi orientado pelas recomendações *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) e *Reporting of Studies Conducted Using Observational Routinely Collected Health Data* (RECORD), por se tratar de estudo observacional com dados secundários rotineiramente coletados (VON ELM E, et al., 2007; BENCHIMOL EI, et al., 2015).

A série foi dividida em três períodos de igual duração, conforme a cronologia do empreendimento: pré-construção, de 2006 a 2011; construção, de 2012 a 2017; e pós-construção, de 2018 a 2023. Essa divisão foi adotada como variável ecológica temporal, representando fases históricas do empreendimento e do arranjo de controle da malária, sem mensuração de exposição individual à UHE Belo Monte ou ao Plano de Ação para o Controle da Malária (PACM). Os marcos temporais foram definidos com base no Plano Básico Ambiental da UHE Belo Monte e em documentos do processo de licenciamento ambiental (NORTE ENERGIA SA, 2010).

Os dados de casos confirmados de malária foram obtidos do Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP-Malária), considerando os registros dos cinco municípios da AID no período de 2006 a 2023. Para este artigo, os dados foram agregados por município e ano, com extração do número anual de casos confirmados. As variáveis de espécie parasitária, localidade provável de infecção e categoria de aglomerado foram utilizadas apenas para conferência epidemiológica e auditoria interna dos totais, não compondo o desfecho principal deste manuscrito. As populações municipais anuais usadas no denominador dos indicadores foram obtidas de estimativas oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), compatibilizadas ao recorte territorial da AID (BRASIL, 2022a; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2023).

Foram incluídos registros confirmados de malária nos cinco municípios da AID, desde que apresentassem ano e município válidos para agregação. Foram excluídas linhas de total, média, subtotais, separadores de planilha e a linha agregada AID quando a análise foi conduzida por município, a fim de evitar dupla contagem. Divergências pontuais identificadas na auditoria do banco foram resolvidas por regra prévia, privilegiando valores consolidados por categorias quando estes coincidiam com a soma municipal auditada. As planilhas consolidadas do estudo foram utilizadas como instrumentos de organização, auditoria e reprodutibilidade analítica, não como fontes primárias dos dados.

O principal indicador descritivo foi o Índice Parasitário Anual (IPA), calculado pela divisão do número de casos confirmados de malária pela população residente no mesmo município e ano, multiplicada por 1.000

habitantes. Também foram calculados totais de casos, média, mediana, intervalo interquartílico, mínimo, máximo e taxa bruta por 1.000 pessoas-ano em cada período. As estatísticas descritivas foram apresentadas para o agregado da AID e por município.

A análise inferencial principal utilizou modelo linear generalizado com distribuição de Poisson e função de ligação logarítmica, tendo o número anual de casos como desfecho, o período do empreendimento como variável explicativa principal, o município como variável de ajuste e o logaritmo da população anual como offset. Essa escolha foi adotada porque o desfecho é uma contagem observada em populações de tamanhos diferentes, situação em que comparações diretas de números absolutos ou de medianas de IPA podem produzir interpretações enviesadas. Os contrastes foram definidos antes da interpretação dos resultados: construção versus pré-construção, pós-construção versus pré-construção e pós-construção versus construção. O período pré-construção foi adotado como categoria de referência.

A sobredispersão foi avaliada pela razão entre qui-quadrado de Pearson e graus de liberdade residuais. Como houve sobredispersão, os erros-padrão, intervalos de confiança de 95% e valores de p foram corrigidos pela escala de Pearson. Os resultados foram expressos como razões de taxa de incidência, ou incidence rate ratios (IRR). Como análises de sensibilidade, foram ajustados modelo de Poisson com ano centralizado, modelo de Poisson com interação período*município e modelo binomial negativo. Testes de Kruskal-Wallis e medidas monotônicas foram considerados apenas como apoio descritivo, sem substituir os modelos de contagem com offset populacional. As análises foram realizadas no software R.

O estudo utilizou dados secundários agregados, sem identificação nominal na apresentação dos resultados e sem contato com participantes. Por essa razão, a análise foi conduzida em nível populacional e territorial, sem inferência individual de risco ou exposição, não havendo necessidade de submissão a comitê de ética.

RESULTADOS

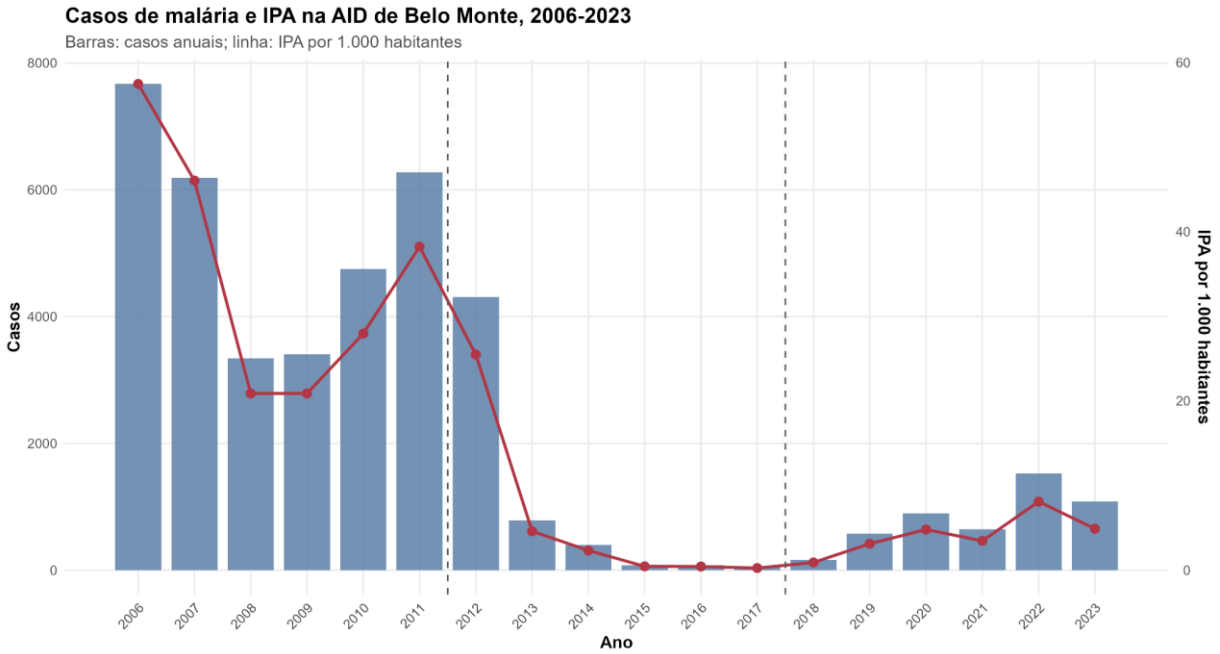
Entre 2006 e 2023, foram registrados 42.210 casos de malária na AID Belo Monte. O período pré-construção concentrou 31.634 casos, a construção somou 5.692 e o pós-construção totalizou 4.884. A série anual mostrou maior carga nos primeiros anos, queda acentuada após 2012 e aumento relativo no período recente, com pico pós-construção em 2022. O IPA anual da AID acompanhou essa trajetória, com valores máximos em 2006 e 2007 e mínimos entre 2015 e 2017.

Tabela 1 - Casos anuais de malária e IPA na AID Belo Monte, 2006-2023.

Ano	Período	Casos	IPA por 1.000 habitantes
2006	Pré-construção	7.670	57,46
2007	Pré-construção	6.188	46,04
2008	Pré-construção	3.344	20,88
2009	Pré-construção	3.404	20,88
2010	Pré-construção	4.753	27,97
2011	Pré-construção	6.275	38,23
2012	Construção	4.305	25,48
2013	Construção	784	4,60
2014	Construção	402	2,33
2015	Construção	79	0,45
2016	Construção	77	0,43
2017	Construção	45	0,25
2018	Pós-construção	166	0,91
2019	Pós-construção	576	3,12
2020	Pós-construção	895	4,80
2021	Pós-construção	645	3,46
2022	Pós-construção	1.521	8,10
2023	Pós-construção	1.081	4,90

Fonte: Damasceno OC, et al., 2026. Dados extraídos dos bancos consolidados do estudo, Sivep-Malária e IBGE.

Figura 1 - Série histórica de casos de malária e IPA na AID Belo Monte, 2006-2023.



Fonte: Damasceno OC, et al., 2026. Figura elaborada no R a partir dos bancos consolidados do estudo.

A análise por período confirmou a maior carga no pré-construção. O IPA mediano reduziu de 33,10 por 1.000 habitantes no pré-construção para 1,39 durante a construção. No pós-construção, a mediana foi 4,13 por 1.000 habitantes, patamar superior ao observado nos anos finais da construção, mas inferior ao início da série. As taxas brutas por 1.000 pessoas-ano foram 34,19, 5,45 e 4,26, respectivamente.

Tabela 2 - Casos, IPA e taxa bruta por período na AID Belo Monte.

Período	Anos	Casos	IPA médio	IPA mediano	IIQ	Mín.-Máx.	Taxa por 1.000 pessoas-ano
Pré-construção	6	31.634	35,24	33,10	22,65-44,09	20,88-57,46	34,19
Construção	6	5.692	5,59	1,39	0,44-4,03	0,25-25,48	5,45
Pós-construção	6	4.884	4,22	4,13	3,21-4,88	0,91-8,10	4,26

Fonte: Damasceno OC, et al., 2026. Dados extraídos dos bancos consolidados do estudo. Nota: IIQ = intervalo interquartílico; IPA = Índice Parasitário Anual.

A distribuição municipal mostrou heterogeneidade. No pré-construção, Anapu apresentou IPA médio de 136,05 por 1.000 habitantes e Senador José Porfírio 82,80. Altamira concentrou 13.005 casos no pré-construção e 4.648 no pós-construção, respondendo pela maior carga absoluta recente. Brasil Novo e Vitória do Xingu tiveram poucos casos no pós-construção e medianas próximas de zero. Essa variação reforça que a leitura agregada da AID não descreve integralmente o comportamento dos municípios.

Tabela 3 - Casos e IPA por município e período do empreendimento.

Município	Período	Casos	IPA médio	IPA mediano	IIQ
Altamira	Pré-construção	13.005	23,40	17,60	17,45-31,77
Altamira	Construção	2.362	3,82	0,80	0,32-2,47
Altamira	Pós-construção	4.648	6,56	6,30	5,05-7,65
Anapu	Pré-construção	9.720	136,05	118,05	47,65-194,38
Anapu	Construção	2.033	14,93	5,15	1,42-9,55
Anapu	Pós-construção	115	0,60	0,15	0,10-0,65
Brasil Novo	Pré-construção	1.416	11,90	10,60	8,73-12,10
Brasil Novo	Construção	99	0,93	0,00	0,00-0,30
Brasil Novo	Pós-construção	4	0,05	0,00	0,00-0,08
Senador José Porfírio	Pré-construção	5.893	82,80	82,25	46,35-111,17
Senador José Porfírio	Construção	997	13,27	2,75	0,35-13,10
Senador José Porfírio	Pós-construção	112	1,52	0,86	0,61-1,32
Vitória do Xingu	Pré-construção	1.600	24,88	19,95	16,00-34,48
Vitória do Xingu	Construção	201	2,43	0,55	0,03-2,58
Vitória do Xingu	Pós-construção	5	0,06	0,03	0,00-0,09

Fonte: Damasceno OC, et al., 2026. Dados extraídos dos bancos consolidados do estudo. Nota: IPA por 1.000 habitantes.

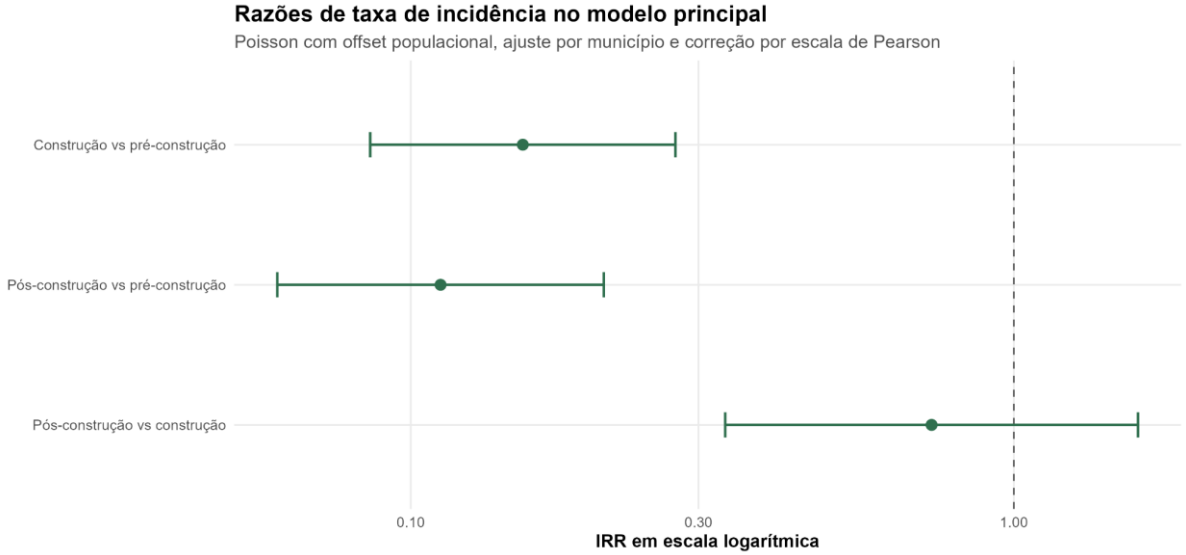
No modelo principal de Poisson com escala de Pearson, a incidência durante a construção foi menor que no pré-construção (IRR=0,153; IC95% 0,086-0,275; p<0,001). O pós-construção também apresentou incidência menor que o pré-construção (IRR=0,112; IC95% 0,060-0,209; p<0,001). A comparação direta entre pós-construção e construção não sustentou aumento generalizado no conjunto da AID (IRR=0,731; IC95% 0,332-1,606; p=0,435). O modelo principal apresentou sobredispersão de 424,56, motivo pelo qual os intervalos foram interpretados com correção por escala de Pearson.

Tabela 4 - Razões de incidência no modelo principal e análises de sensibilidade.

Modelo	Contraste	IRR	IC95%	p
Poisson principal	Construção vs. pré-construção	0,153	0,086-0,275	<0,001
Poisson principal	Pós-construção vs. pré-construção	0,112	0,060-0,209	<0,001
Poisson principal	Pós-construção vs. construção	0,731	0,332-1,606	0,435
Poisson com ano centralizado	Construção vs. pré-construção	0,455	0,199-1,044	0,063
Poisson com ano centralizado	Pós-construção vs. pré-construção	1,053	0,254-4,361	0,943
Poisson com ano centralizado	Ano centralizado	0,827	0,740-0,923	<0,001
Binomial negativa	Construção vs. pré-construção	0,107	0,053-0,217	<0,001
Binomial negativa	Pós-construção vs. pré-construção	0,014	0,007-0,029	<0,001
Binomial negativa	Pós-construção vs. construção	0,133	0,065-0,274	<0,001

Fonte: Damasceno OC, et al., 2026. Modelos ajustados no R. Nota: IRR = razão de taxa de incidência; IC95% = intervalo de confiança de 95%.

Figura 2 - Razões de incidência do modelo principal de Poisson com escala de Pearson.



Fonte: Damasceno OC, et al., 2026. Figura elaborada no R a partir do modelo principal.

As análises de sensibilidade não alteraram a conclusão de que a fase inicial concentrou a maior carga. O modelo com ano centralizado reduziu a separação entre períodos, mostrando correlação entre fase do empreendimento e tendência anual em uma série curta. A binomial negativa produziu estimativas mais extremas, compatíveis com forte heterogeneidade temporal e municipal. O modelo com interação período/município indicou aumento pontual de Altamira no pós-construção frente à construção (IRR=1,787; IC95% 0,700-4,559; p=0,224), sem suporte para generalização aos cinco municípios.

Como apoio descritivo, os testes não paramétricos também indicaram diferença entre períodos. O Kruskal-Wallis para IPA anual agregado da AID apresentou p=0,005, e a comparação por município-ano apresentou p<0,001. As medidas monotônicas sugeriram tendência temporal de queda no agregado da AID, com p=0,008 para Spearman e p=0,025 para Kendall.

DISCUSSÃO

O estudo identificou queda expressiva da malária na Área de Influência Direta (AID) Belo Monte após 2012, com redução de 31.634 casos no pré-construção para 5.692 na construção e 4.884 no pós-construção. O mesmo padrão apareceu no Índice Parasitário Anual (IPA), cuja mediana caiu de 33,10 para 1,39 e 4,13 por 1.000 habitantes nos três períodos, respectivamente (**Tabela 1**; **Tabela 2**).

No modelo principal, a incidência foi menor na construção e no pós-construção em comparação ao pré-construção, com IRR de 0,153 e 0,112 (**Tabela 4**). Esses achados são compatíveis com o contexto de intensificação das ações de controle previstas no Plano de Ação para o Controle da Malária (PACM), mas não autorizam afirmar causalidade exclusiva, pois o delineamento ecológico não mensura exposição individual ao empreendimento nem ao programa (NORTE ENERGIA SA, 2010; GRISOTTI M, 2016).

A queda observada dialoga com Ladislau JLB, et al. (2016), que descreveram a experiência de controle da malária em área de construção hidrelétrica na Amazônia e associaram o sucesso operacional à articulação entre vigilância, diagnóstico, tratamento, logística e organização dos serviços. Também se aproxima da política nacional, pois o Programa Nacional de Controle da Malária e o plano Elimina Malária Brasil definem diagnóstico oportuno, tratamento adequado, vigilância e controle vetorial como bases para reduzir incidência e avançar rumo à eliminação (BRASIL, 2021; BRASIL, 2022b; SOUZA BV, 2021). Portanto, o resultado sugere que medidas programáticas estruturadas, quando associadas a capacidade local de resposta, podem alterar a trajetória da transmissão em contextos de obras e mudanças territoriais.

O pós-construção exige outra leitura. A incidência permaneceu menor que no pré-construção, mas houve reelevação parcial após 2018, com pico de 1.521 casos e IPA de 8,10 por 1.000 habitantes em 2022 (**Tabela 1**). Além disso, a comparação entre pós-construção e construção não sustentou aumento generalizado da incidência no conjunto da AID, pois o IC95% atravessou a unidade (**Tabela 4**).

Esse resultado indica redução agregada com recrudescimento parcial, e não retorno amplo da malária. Para a política antimalárica, a implicação é direta. Controle durante uma fase de intervenção não equivale a sustentação automática depois da desmobilização, o que confirma o plano Elimina Malária Brasil, que depende de continuidade das ações, e com o alerta da Organização Mundial da Saúde sobre fragilidade de ganhos diante de barreiras de acesso, financiamento e resistência aos medicamentos (BRASIL, 2022b; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2025).

A heterogeneidade municipal foi decisiva para interpretar a política. Anapu e Senador José Porfírio concentraram os maiores IPAs no pré-construção, enquanto Altamira apresentou a maior carga absoluta no pós-construção, com 4.648 casos. Brasil Novo e Vitória do Xingu tiveram poucos casos recentes, com quatro e cinco registros, respectivamente (**Tabela 3**). Logo, a média da AID não deve orientar sozinha o planejamento.

Essa percepção é apresentada também por Johansen IC, Rodrigues PT e Ferreira MU (2020), quando afirmam que a mobilidade humana contribui para o risco urbano de malária na Amazônia, ou mesmo Arisco NJ, et al. (2024) quando associa mudanças ecológicas ao aumento do risco de transmissão. Esses elementos ajudam a compreender por que municípios vizinhos podem seguir trajetórias distintas, sobretudo onde há circulação entre cidade, floresta, garimpos, assentamentos e territórios indígenas.

Os resultados também reforçam a importância do licenciamento ambiental como espaço de gestão sanitária. Fainguelernt MB (2016) descreveu o licenciamento de Belo Monte como processo complexo e disputado, enquanto Sánchez LE (2020) situa a avaliação de impacto ambiental como instrumento para antecipar, mitigar e monitorar efeitos de empreendimentos.

Lima AC e Marques AT (2021) discutiram limites das medidas compensatórias de saúde em Altamira, e Grisotti M (2016) alertou para a dificuldade de construir relações causais lineares em saúde no contexto de Belo Monte. A interpretação mais segura, portanto, é que a queda dos indicadores ocorreu em um ciclo de intervenção programática e licenciamento, mas a persistência pós-construção indica necessidade de mecanismos de transição e monitoramento após a obra.

A comparação com outros empreendimentos amazônicos impede generalizações simples. Couto RCS (2021) discutiu impactos da malária associados à Hidrelétrica de Tucuruí, mostrando que vulnerabilidades podem se prolongar no tempo. Mandai SS, et al. (2024) apontaram ameaças de desmatamento em áreas protegidas ao redor de grandes barragens amazônicas, inclusive Belo Monte, Jirau e Santo Antônio.

Nesse contexto, o padrão encontrado em Belo Monte, com queda agregada e recrudescimento parcial, mostra que hidrelétricas não produzem uma trajetória única de malária. O resultado depende da ecologia local, da mobilidade, da capacidade municipal e da continuidade das ações de vigilância e cuidado (JOHANSEN IC, et al., 2023).

As análises de sensibilidade também orientam a leitura das políticas. O modelo com ano centralizado reduziu a separação entre períodos, sugerindo que parte da queda está ligada à tendência temporal da série. A binomial negativa produziu estimativas mais extremas, compatíveis com forte variabilidade municipal, e a interação período*município não sustentou generalização do aumento de Altamira para os demais municípios (**Tabela 4**).

Por isso, o modelo de Poisson com offset populacional e correção por escala de Pearson foi a base interpretativa mais adequada. Essa decisão evitou transformar diferenças descritivas de IPA em inferência populacional sem denominador apropriado, em consonância com o relato transparente recomendado por STROBE e RECORD (VON ELM E, et al., 2007; BENCHIMOL EI, et al., 2015).

Em síntese, os achados apontam três implicações para a política antimalárica. Primeiro, programas vinculados a grandes empreendimentos devem começar com linha de base epidemiológica e metas municipais. Segundo, a fase de implantação precisa manter diagnóstico oportuno, tratamento, controle vetorial, logística e vigilância. Terceiro, o pós-obra deve prever transição institucional, financiamento, auditoria de indicadores e resposta rápida em municípios com persistência de casos (BRASIL, 2021; BRASIL, 2022b).

Esses pontos dialogam com as metas do Elimina Malária Brasil e com o papel do Sistema Único de Saúde na continuidade do cuidado (BRASIL, 2021; BRASIL, 2022b). Como limitação, o estudo usa dados secundários agregados e não estima efeito isolado do PACM, mas oferece evidência territorial e temporal útil para aperfeiçoar políticas de controle em áreas amazônicas impactadas por grandes empreendimentos (**Tabela 1**; **Tabela 3**; **Tabela 4**).

CONCLUSÃO

A malária na AID Belo Monte apresentou redução global da incidência nos períodos de construção e pós-construção em comparação ao pré-construção, com IRR de 0,153 e 0,112 no modelo principal, respectivamente. A comparação entre pós-construção e construção não sustentou aumento generalizado na AID, mas a heterogeneidade municipal e a reelevação parcial em anos recentes indicam necessidade de vigilância contínua, manutenção das ações de diagnóstico e tratamento oportunos e monitoramento específico dos municípios com maior persistência de casos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições e equipes técnicas envolvidas na consolidação e auditoria dos bancos de dados utilizados neste estudo.

REFERÊNCIAS

1. ARISCO NJ, et al. Ecological change increases malaria risk in the Brazilian Amazon. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2024; 121(44): e2409583121.
2. BENCHIMOL EI, et al. The REporting of studies Conducted using Observational Routinely-collected health Data (RECORD) statement. PLoS Medicine, 2015; 12(10): e1001885.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Informações de Saúde (TABNET). Brasília: Ministério da Saúde, 2026. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/. Acesso em: 15 mar. 2026.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico de Malária 2022. Brasília: Ministério da Saúde, 2022a. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/m/malaria/situacao-epidemiologica-da-malaria/boletins-epidemiologicos-de-malaria/boletim-epidemiologico-vol-53-no17-2022-panorama-epidemiologico-da-malaria-em-2021-buscando-o-caminho-para-a-eliminacao-da-malaria-no-brasil. Acesso em: 12 set. 2026.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de tratamento da malária no Brasil. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_tratamento_malaria_brasil.pdf. Acesso em: 12 set. 2025.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Elimina Malária Brasil: Plano Nacional de Eliminação da Malária. Brasília: Ministério da Saúde, 2022b; 60p. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/malaria/politicas-de-saude/elimina-malaria-brasil-plano-nacional-de-eliminacao-da-malaria. Acesso em: 15 mar. 2026.
7. COUTO RCS. Belo Monte: impactos socioambientais, econômicos e à saúde. In: ALARCON DF, MILLIKAN B e TORRES M, organizadores. Ocekadi: hidrelétricas, conflitos socioambientais e resistência na Bacia do Tapajós. Brasília: International Rivers Brasil, 2018; p145-168.
8. COUTO RCS. Hidrelétrica de Tucuruí: impactos da malária na saúde da população atingida. Revista de Estudos e Pesquisas sobre as Américas, 2021; 15(3): 79-92.
9. FAINGUELERNT MB. A trajetória histórica do processo de licenciamento ambiental da usina hidrelétrica de Belo Monte. Ambiente & Sociedade, 2016; 19(2): 247-266.
10. GBD 2021 DISEASES AND INJURIES COLLABORATORS. Global burden of 288 causes of death and life expectancy in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. The Lancet, 2024; 403(10436): 1989-2056.
11. GRISOTTI M. A construção de relações de causalidade em saúde no contexto da hidrelétrica de Belo Monte. Ambiente & Sociedade, 2016; 19(2): 287-310.
12. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br. Acesso em: 10 set. 2025.
13. JOHANSEN IC, et al. Human mobility and urban malaria risk in the main transmission hotspot of Amazonian Brazil. PLoS One, 2020; 15(11): e0242357.
14. JOHANSEN IC, et al. The impact of hydropower dam construction on malaria incidence: space-time analysis in the Brazilian Amazon. PLOS Global Public Health, 2023; 3(3): e0001683.
15. LADISLAU JLB, et al. Malaria control in area of hydroelectric construction on the Amazonian ecosystem can succeed? Revista Pan-Amazônica de Saúde, 2016; 7(esp): 115-122.
16. LIMA AC, MARQUES AT. Avaliação das medidas compensatórias da hidrelétrica de Belo Monte relacionadas à saúde do município de Altamira-PA. International Journal of Development Research, 2021; 11(6): 48241-48244.
17. MAGALHÃES SB, CUNHA MC. A expulsão de ribeirinhos em Belo Monte: relatório da SBPC. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2017; p448.
18. MANDAI SS, et al. Two decades of clear-cutting threats in the Brazilian Amazonian protected areas around the Jirau, Santo Antônio, and Belo Monte large dams. Journal of Environmental Management, 2024; 361: 121175.
19. NORTE ENERGIA SA. Plano Básico Ambiental: Projeto Básico Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, Plano de Saúde Pública. Brasília: Norte Energia, 2010; p1-300.
20. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Malária. Washington, D.C.: OPAS, 2025. Disponível em: https://www.paho.org/pt/topicos/malaria. Acesso em: 15 mar. 2026.
21. SÁNCHEZ LE. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020; p1-520.
22. SOUZA BV. Histórico dos aspectos epidemiológicos e análise de intervenções de saúde pública efetivas no controle da malária no Brasil. Brazilian Journal of Health Review, 2021; 4(1): 1521-1535.
23. VON ELM E, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. PLoS Medicine, 2007; 4(10): e296.
24. WORLD HEALTH ORGANIZATION. World malaria report 2025. Geneva: World Health Organization, 2025. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240117822. Acesso em: 15 jan. 2026.