

**DINÂMICA ECOLÓGICA DA DOENÇA DE CHAGAS: REVISÃO DE LITERATURA SOBRE FATORES SOCIOAMBIENTAIS E ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS DE CONTROLE VETORIAL****ECOLOGICAL DYNAMICS OF CHAGAS DISEASE: A LITERATURE REVIEW ON SOCIO-ENVIRONMENTAL FACTORS AND SUSTAINABLE VECTOR CONTROL STRATEGIES****DINÁMICA ECOLÓGICA DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA SOBRE FACTORES SOCIOAMBIENTALES Y ESTRATEGIAS SOSTENIBLES DE CONTROL DE VECTORES****Tarcianne Maria de Lima Oliveira^{1*}, Carlos Eduardo Almeida², Elaine Folly Ramos³**

¹Mestre em Ecologia e Monitoramento Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutoranda na Pós-graduação em Ciências Biológicas/Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil; ²Doutor em Biologia Parásitaria pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Pesquisador Sênior do Centro de Ciências da Saúde/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; ³Doutora em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora no Departamento de Engenharia e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Rio Tinto, Paraíba, Brasil.

*Autor correspondente: tarsi_ecologia@hotmail.com.

Recebido: 15/09/2025 | **Aprovado:** 15/10/2025 | **Publicado:** 08/11/2025

Resumo: Este estudo analisa a dinâmica ecológica da doença de Chagas e os fatores socioambientais envolvidos na sua transmissão, compreendendo como a degradação ambiental influencia na dispersão desses vetores, e destacando a importância da conservação de ecossistemas naturais para minimizar a interação entre os vetores e as populações humanas, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas sustentáveis. Por meio de uma abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e análise de dados epidemiológicos entre 2000 e 2024, os autores investigaram como a degradação ambiental, as condições socioeconômicas e a interação entre vetores, hospedeiros e seres humanos impactam a incidência da doença. Os resultados revelam que o desmatamento (n = 7), a fragmentação de habitats (n = 6) e a precariedade das habitações (n = 9) favorecem a dispersão de triatomíneos para áreas domiciliares, ampliando o risco de infecção por *Trypanosoma cruzi*. A espécie *Triatoma petrocchiae*, pertencente ao complexo *Triatoma brasiliensis*, é abordada com ênfase por sua relevância epidemiológica e distribuição simpática com outros vetores no semiárido nordestino. Diante desse cenário, o estudo propõe estratégias integradas de controle baseadas na conservação ambiental, melhorias habitacionais, práticas agrícolas sustentáveis e educação ambiental com participação comunitária. Conclui-se que abordagens que integrem saúde pública e ecologia são essenciais para o enfrentamento eficaz e sustentável da doença de Chagas, especialmente em regiões vulneráveis, promovendo justiça socioambiental e prevenção a longo prazo.

Palavras-chave: Controle vetorial sustentável. Doença de Chagas. Ecologia da saúde. Fatores socioambientais. Triatomíneos.

Abstract: This study analyzes the ecological dynamics of Chagas disease and the socio-environmental factors involved in its transmission, understanding how environmental degradation influences the dispersal of these vectors, and highlighting the importance of conserving natural ecosystems to minimize the interaction between vectors and human populations, contributing to the development of sustainable public policies. Through a qualitative approach, based on a literature review and analysis of epidemiological data between 2000 and 2024, the authors investigated how environmental degradation, socioeconomic conditions, and the interaction between vectors, hosts, and humans impact the incidence of the disease. The results reveal that deforestation (n = 7), habitat fragmentation (n = 6), and precarious housing (n = 9) favor the dispersal of triatomine bugs to domestic areas, increasing the risk of infection by *Trypanosoma cruzi*. The species **Triatoma petrocchiae**, belonging to the **Triatoma brasiliensis** complex, is emphasized due to its epidemiological relevance and sympatric distribution with other vectors in the semi-arid Northeast of Brazil. Given this scenario, the study proposes integrated control strategies based on environmental conservation, housing improvements, sustainable agricultural practices, and environmental education with community participation. It concludes that approaches integrating public health and ecology are essential for the effective and sustainable control of Chagas disease, especially in vulnerable regions, promoting socio-environmental justice and long-term prevention.

Keywords: Sustainable vector control. Chagas disease. Health ecology. Socio-environmental factors. Triatomines.

Resumen: Este estudio analiza la dinámica ecológica de la enfermedad de Chagas y los factores socioambientales involucrados en su transmisión, entendiendo cómo la degradación ambiental influye en la dispersión de estos vectores y destacando la importancia de conservar los ecosistemas naturales para minimizar la interacción entre vectores y poblaciones humanas, contribuyendo al desarrollo de políticas públicas sostenibles. Mediante un enfoque cualitativo, basado en una revisión bibliográfica y un análisis de datos epidemiológicos entre 2000 y 2024, los autores investigaron cómo la degradación ambiental, las condiciones socioeconómicas y la interacción entre vectores, hospedadores y humanos impactan la incidencia de la enfermedad. Los resultados revelan que la deforestación (n = 7), la fragmentación del hábitat (n = 6) y la precariedad habitacional (n = 9) favorecen la dispersión de chinches triatomíneos a áreas domésticas, aumentando el riesgo de infección por *Trypanosoma cruzi*. La especie **Triatoma petrocchiae**, perteneciente al complejo **Triatoma brasiliensis**, se destaca por su relevancia epidemiológica y distribución simpátrica con otros vectores en el semiárido nordeste de Brasil. Ante este panorama, el estudio propone estrategias integradas de control basadas en la conservación ambiental, el mejoramiento de viviendas, prácticas agrícolas sostenibles y educación ambiental con participación comunitaria. Se concluye que los enfoques que integran la salud pública y la ecología son esenciales para el control eficaz y sostenible de la enfermedad de Chagas, especialmente en regiones vulnerables, promoviendo la justicia socioambiental y la prevención a largo plazo.

Palabras clave: Control sostenible de vectores. Enfermedad de Chagas. Ecología de la salud. Factores socioambientales. Triatominos.

1 INTRODUÇÃO

A doença de Chagas é uma antropozoonose causada pelo protozoário hemoflagelado *Trypanosoma cruzi* (Reis *et al.*, 2012) e transmitida principalmente por insetos vetores da Família Reduviidae, conhecidos popularmente como barbeiros, podendo ocorrer também a infecção por via transfusional, vertical e por acidentes de laboratórios (Ramos *et al.*, 2009). Além da transmissão oral, através da ingestão de alimentos contaminados com triatomíneos infectados (Dias, 1989; Bittencourt, 2000; Coura, 2003; Villela *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2012), onde esta última vem recebendo destaque nos últimos anos, a exemplo do exposto por Santos *et al.* (2018). A doença encontra-se distribuída em todo o continente americano, ocorrendo com maior frequência em países como Argentina, Chile, Venezuela e Brasil (Silva *et al.*, 2014).

Aproximadamente nove milhões de pessoas estão sob o risco de contrair *T. cruzi*, o que coloca a endemia chagásica entre as doenças parasitárias mais sérias do hemisfério sul (Dias, 2009). No Brasil, isso pode ser ilustrado pelo crescente achado de colonização domiciliar por vetores de doença de Chagas Silvestre (Almeida *et al.*, 2000, 2009), o que aumenta o risco de infecção chagásica humana devido à aproximação entre vetores e humanos, tanto para infecções accidentais, como para infecções orais.

Com isso, a abordagem ecológica é fundamental para analisar como fatores ambientais e sociais influenciam a prevalência da doença, incluindo o estudo das condições de habitat dos insetos transmissores, a proximidade de casas com ambientes naturais, além das condições socioeconômicas da população, que afetam o controle do vetor.

É importante entender como esses fatores ecológicos influenciam a dinâmica entre o vetor, o hospedeiro (o ser humano ou animais silvestres) e o agente patogênico (o *Trypanosoma cruzi*), porque estratégias de prevenção e controle baseadas nesse conhecimento podem ser muito mais eficazes, pois o controle da doença de Chagas deve envolver não só a biologia do parasita e do vetor, mas também as práticas humanas e o ambiente onde essa interação ocorre.

Dante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar a dinâmica ecológica e os fatores socioambientais envolvidos na transmissão da doença de Chagas, compreendendo como a degradação ambiental influencia na dispersão desses vetores, e destacando a importância da conservação de ecossistemas naturais para minimizar a interação entre os vetores e as populações humanas, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas sustentáveis.

2 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foi utilizada uma abordagem qualitativa, baseada na revisão bibliográfica de artigos científicos, relatórios institucionais e diretrizes de órgãos de saúde pública, bem como na análise de dados epidemiológicos disponíveis sobre a distribuição dos triatomíneos e a incidência da doença de Chagas.

O levantamento foi conduzido através de uma pesquisa exploratória nas bases de dados eletrônicas “PubMed”, “Scopus”, “Google Scholar” e “Web of Science”, utilizando as palavras-chave: “Chagas”, “Triatoma”, “Controle Vetorial”, abrangendo publicações entre os anos de 2000 e 2024.

Foram incluídos estudos que abordavam aspectos ecológicos e socioambientais da doença de Chagas, particularmente aqueles que discutiam estratégias sustentáveis de controle vetorial, impacto ambiental, dinâmica ecológica dos vetores e vulnerabilidades sociais associadas à doença.

Foram excluídos os trabalhos com enfoque exclusivamente clínico, molecular ou terapêutico, que não apresentavam discussão sobre fatores ecológicos ou socioambientais.

A busca inicial retornou 2.489 publicações, dos quais 56 foram selecionados para análise após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos Gerais da Doença de Chagas

Essa antropozoonose pertence ao grupo de doenças negligenciadas, atualmente denominadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) como “doenças infecciosas relacionadas à pobreza” ou “doenças infecciosas da pobreza”.

A distribuição geográfica da doença sempre esteve associada às regiões de pobreza e sua transmissão ocorre com grande frequência em populações que residem em casas precárias, comumente observadas em áreas rurais de países endêmicos da América Latina (Reis et al., 2012). No que diz respeito ao Brasil, tem-se que a região Nordeste teve importante papel na expansão da enfermidade, por apresentar muitas das características ambientais e socioeconômicas favoráveis ao aparecimento da doença associados à falta de aplicação periódica de inseticidas, ausência de política habitacional e inadequado controle entomológico (Costa et al., 2007; Lilioso et al., 2017).

Assim, a região Nordeste do Brasil apresenta uma grande importância no contexto epidemiológico da doença, por ser a segunda região com maior número de infectados, segundo o único inquérito nacional realizado entre os anos de 1975 a 1980. (Silveira *et al.*, 1984).

De acordo com Coura *et al.* (2015), não existem vacinas para a doença de Chagas nem tratamentos antiparasitários capazes de curar sua fase crônica. Assim, o controle de vetores domiciliados é a principal estratégia para prevenir a infecção humana.

Como ainda não há cura para a fase crônica da doença de Chagas, grande parte dos esforços no combate à endemia concentra-se na interrupção da transmissão vetorial, por meio do controle dos triatomíneos com inseticidas piretróides (Silveira & Vinhaes, 1999; WHO, 2014).

3.2 Dinâmica ecológica dos Triatomíneos

Os Triatomíneos são insetos da família Reduviidae, subfamília Triatominae, compreende 148 espécies de triatomíneos que estão descritas e que são agrupadas em cinco tribos e 18 gêneros (Juberg *et al.*, 2014) classificadas com base em critérios morfológicos e com a colaboração da biologia molecular para compreender a sua variabilidade genética, sendo os gêneros considerados de maior relevância epidemiológica os *Panstrongylus*, *Triatoma* e *Rhodnius* (Rebelo *et al.*, 1998).

No Brasil, foram registradas até o momento 64 espécies, epidemiologicamente. Destas, algumas se destacam devido às características comportamentais, *T. infestans*, *T. brasiliensis*, *T. pseudomaculata*, *Panstrongylus megistus* e *Rhodnius robustus* (Galvão *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2006; Costa & Felix, 2007; Jurberg *et al.*, 2009; Rosa *et al.*, 2012; Gonçalves *et al.*, 2013).

O gênero *Triatoma* inclui o maior número de espécies dentro dos Triatomíneos. Os subgêneros dentro do *Triatoma* sempre foram discutidos, mas nunca foram totalmente resolvidos (Carcavallo *et al.*, 2000); assim, para considerar espécies relacionadas, alguns autores propuseram o uso de “complexo de espécies”, “subcomplexo de espécies” e “grupo de espécies”. Seguindo a mesma linha, Dujardin *et al.* (2002) apresentaram uma classificação adaptada de Lent e Wygodzinsky (1979), com uma montagem hierárquica de grupos>subgrupos, o que foi adotado, modernizado e rearranjado por diversos autores (Almeida *et al.*, 2009a; Justi *et al.*, 2014, 2016; Justi & Galvão, 2017).

Nesse sentido, Schofield & Galvão (2009) criaram o “subcomplexo Brasiliensis”, que incluiu as quatro espécies do complexo de espécies *T. brasiliensis*, e outras, como *T. lenti*, *T. petrocchiae* e *T. melanocephala*, além de *T. vitticeps* e *T. tibiamaculata*. No entanto, Schofield & Galvão (2009) destacaram a posição incerta para as duas últimas espécies, baseada em sinais citogenéticos. Posteriormente Gardim *et al.* (2014) determinaram que *T. melanocephala* e *T. vitticeps* não estavam intimamente relacionados com as espécies do subcomplexo Brasiliensis, o que foi confirmado por meio de abordagens citogenéticas (Alevi *et al.*, 2012, 2013, 2014a,b).

Lucena (1970) tentou agrupar algumas espécies que deveriam compor o complexo de espécies de *T. brasiliensis*, considerando *T. lenti* e *T. petrocchiae* como membros. Os membros do complexo apresentam importância epidemiológica, conforme enfatizado por Costa *et al.* (2003) e Almeida *et al.* (2009b). O resultado

dos esforços do grupo liderado por Jane Costa foi uma exaustiva revisão taxonômica de populações de *T. brasiliensis*, das quais algumas foram elevadas à categoria específica, como *T. juazeirensis* (Costa & Felix, 2007) e *T. melanica* (Costa *et al.*, 2006).

Todos os métodos filogenéticos aplicados até o momento indicam *T. lenti* como uma espécie irmã de *T. melanica* e *T. petrocchiae* em um clado monofilético que igualmente conteve as espécies restantes do complexo de espécies *T. brasiliensis*, apoiando, assim, fortemente a inclusão de ambas as espécies neste complexo (Oliveira *et al.*, 2017).

Triatoma petrocchiae é a única espécie com distribuição simpátrica com dois membros do complexo de espécies *T. brasiliensis*: *T. brasiliensis* e *T. juazeirensis* (Costa *et al.*, 2014, Caranha *et al.*, 2011). Esta espécie foi a última a ser incluída no complexo *T. brasiliensis* por meio de informações morfométricas combinadas com filogenéticas (Oliveira *et al.*, 2017).

Figura 1 - Ninfas da espécie *Triatoma petrocchiae*.



Fotos: Anderson Alves.

Os triatomíneos possuem três fases de desenvolvimento: ovo, ninfas que vão do primeiro ao quinto estágios, e a fase adulta, vivem em média de 1 a 2 anos, possuem grande capacidade reprodutora e resistência ao jejum. Os ciclos de vida dos triatomíneos variam de acordo com as espécies, condições ambientais e disponibilidade de fontes adequadas de sangue (Moreira & Spata, 2002; Carbajal de la Fuente *et al.*, 2010). A quantidade de sangue ingerida depende do estágio e da espécie do vetor, influenciando diretamente no desempenho reprodutivo das fêmeas (Massaro *et al.*, 2008; Diotaiuti, 2007).

Figura 2 - Ciclo de Vida de um triatomíneo.



Esses insetos têm hábitos noturnos, e alguns vetores demonstram preferência por ambientes secos, áridos ou úmidos. Seus predadores naturais incluem aranhas, aves e mamíferos, como roedores, marsupiais e macacos. Além disso, insetos da família Scelionidae parasitam seus ovos, assim como algumas espécies de fungos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (Diotaíuti, 2000).

O tamanho das populações de insetos em seu ambiente natural depende da presença de fonte alimentar. A destruição dos ecossistemas naturais geralmente ocasiona a fuga da fauna local, contribuindo para o processo de dispersão de espécies de triatomíneos silvestres para dentro de casas (Coura *et al.*, 2015).

A dispersão passiva ocorre quando os insetos são transportados para ambientes artificiais pelo homem, junto com lenha, ou por animais (Diotaíuti, 1997). Além disso, eles podem se dispersar ativamente por meio do voo, embora sua capacidade de voo varie conforme o habitat. Espécies silvestres, como *T. sordida*, apresentam maior habilidade de voo (Soares *et al.*, 1996).

As espécies de triatomíneos com maior importância epidemiológica são aquelas que estão adaptadas aos domicílios humanos e que possuem destacada capacidade de dispersão. Na Argentina, Bolívia, Brasil, alguns dos vetores mais importantes são *T. infestans* e *Panstrongylus megistus*; mais especificamente no nordeste brasileiro. Mas como mencionado anteriormente, *T. infestans* foi controlado no Brasil. No Paraguai e norte da Argentina, o principal vetor é o *T. sordida*. Na América Central, Colômbia e Venezuela, *T. dimidiata* e *Rhodnius prolixus* são considerados os mais importantes (Costa, 1999; Costa *et al.*, 2002; Juberg *et al.*, 2014).

A maioria das espécies conhecidas de triatomíneos são silvestres e associados com uma enorme variedade de habitats e hospedeiros vertebrados, podendo alguns adaptarem-se a habitats domiciliares e peridomiciliares.

3.3 Dinâmica da Transmissão e Fatores Socioambientais

A história natural da transmissão da infecção por Chagas pode ser resumida nas seguintes formas: (i) enzootia - infecção ou doença transmitida entre animais silvestres; (ii) antropozoonose - infecção ou doença transmitida de animais para humanos, seja quando invadem o ecótopo silvestre ou quando vetores ou animais

silvestres invadem áreas domésticas; iii) zoonose ou anfixenose - infecção ou doença interligada entre animais e seres humanos; (iv) zooantropose - infecção ou doença que é transmitida de humanos para animais, particularmente por vetores presentes em residências de animais domésticos (Coura, 2013).

A transmissão natural do *Trypanosoma cruzi* para humanos ocorre quando triatomíneos infectados liberam fezes e urina sobre a pele lesionada ou mucosa íntegra, durante o repasto sanguíneo (Brener *et al.*, 2000).

Com a adaptação dos triatomíneos ao homem como fonte de alimento, três ciclos se estabeleceram: o silvestre, o peridoméstico e o doméstico, que estão interligados. O ciclo silvestre se conecta aos demais quando triatomíneos silvestres e alguns animais silvestres (especialmente marsupiais) visitam áreas peridomiciliares em busca de alimento, comportamento ocasionado pela fragmentação e pela escassez de fontes alimentares naturais. Da mesma forma, os animais de áreas peridomiciliares, podem visitar ecótopos silvestres para pastar e, no caso de cães e gatos, para caçar, e se infectar pela ingestão de carne de animais selvagens (Coura, 2013). Esse fluxo bidirecional demonstra como alterações ecológicas impactam diretamente a epidemiologia da doença de Chagas.

A adaptação dos triatomíneos aos domicílios humanos, aliada à circulação do *Trypanosoma cruzi* entre esses insetos e animais silvestres ou domésticos, é um fator crucial para a infecção humana. A colonização de residências por triatomíneos pode ocorrer de forma accidental, quando são transportados passivamente junto a materiais de construção e combustíveis, ou por necessidade, devido ao desmatamento e à ocupação de áreas silvestres, que forçam esses vetores a buscar “níchos artificiais” em casas e áreas próximas (Monod, 1970).

A disseminação da doença de Chagas é, portanto, influenciada por fatores ecológicos, socioeconômicos e políticos. A tripanossomíase americana silvestre, onde o *Trypanosoma cruzi* circula entre insetos vetores e mamíferos reservatórios em ambientes naturais, reflete um equilíbrio ecológico de longa data. Em contrapartida, a forma doméstica da doença de Chagas é diretamente influenciada pela interação entre seres humanos e vetores adaptados a ecótopos artificiais, além de fatores socioeconômicos e políticos, como condições precárias de moradia e acesso limitado a serviços de saúde. Enquanto a tripanossomíase silvestre tem baixa morbimortalidade em mamíferos naturalmente infectados, a doença de Chagas humana pode ser fatal em sua fase aguda e, em 10% a 40% dos casos, levar a cardiopatia crônica grave (Dias & Coura, 1997).

Os mecanismos de transmissão da infecção chagásica para humanos podem ser classificados em principais e secundários. Os principais incluem transmissão vetorial, transfusão sanguínea, transmissão oral, via placentária ou congênita e pelo canal do parto. Já os mecanismos secundários, menos frequentes, envolvem acidentes laboratoriais, manipulação de animais infectados, ingestão de carne crua de animais contaminados, transplante de órgãos de doadores infectados, transmissão sexual e, excepcionalmente, infecção induzida ou criminosa (Coura *et al.*, 2007).

Outra forma de transmissão ocorre diretamente a partir de reservatórios de *Trypanosoma cruzi*, especialmente marsupiais, que eliminam o parasita por meio de glândulas odoríferas, possibilitando sua transmissão direta para outros animais e humanos (Deane *et al.*, 1984; Lenzi *et al.*, 1984).

Dentre os estudos analisados na revisão, identificou-se que 7 deles apontam o desmatamento, 6 discutem a fragmentação de habitats e 9 destacam a precariedade das habitações como fatores que favorecem a dispersão dos triatomíneos para ambientes domiciliares e peridomiciliares. Esses dados reforçam a importância

de considerar tais elementos socioambientais como determinantes ecológicos da transmissão da doença de Chagas, evidenciando a necessidade de estratégias de controle que integrem saúde, habitação e conservação ambiental.

3.4 Estratégias ecológicas de Controle da doença de Chagas

A doença de Chagas continua sendo um grande desafio para a saúde pública. Embora as estratégias tradicionais de controle, baseadas em medidas químicas e sanitárias, tenham reduzido a transmissão, elas não são suficientes para eliminar novas infecções por *Trypanosoma cruzi*. Isso se torna ainda mais evidente ao reconhecer que o mal de Chagas não é apenas uma doença associada à pobreza e à desigualdade, mas também uma enfermidade com raízes no desequilíbrio ambiental (Siqueira-Batista *et al.*, 2011).

Assim, considerar alternativas para o controle da doença de Chagas dentro dos princípios da ecologia profunda (Naess, 1973) que defende a interconexão entre os elementos do ecossistema e a necessidade de uma mudança profunda na relação da humanidade com o meio ambiente, pode indicar caminhos promissores para o futuro.

Estudos indicam que a redução de habitats naturais, resultando na diminuição de predadores naturais dos triatomíneos, pode levar ao aumento da população desses insetos e, consequentemente, à maior transmissão do *Trypanosoma cruzi*. Por exemplo, o desmatamento da Floresta Amazônica tem sido associado à redução de habitats de predadores naturais dos vetores, resultando no aumento da população de triatomíneos (Siqueira-Batista *et al.*, 2011).

Além disso, a presença de animais silvestres no peridomicílio foi associada ao aumento da presença de triatomíneos, sugerindo que a interação entre esses animais e os vetores pode influenciar na dinâmica de transmissão do *T. cruzi* (Sousa *et al.*, 2024).

Esses estudos reforçam que a fragmentação de habitats naturais tem levado à maior interação entre triatomíneos silvestres e populações humanas, enfatizando que a conservação de ecossistemas naturais pode desempenhar um papel crucial na redução do contato entre vetores e humanos, limitando a transmissão da doença.

Medidas como a melhoria das condições habitacionais, e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis também podem ser utilizadas como estratégias de redução da presença de vetores em áreas endêmicas.

A Fundação Nacional de Saúde (Funasa) implementou o Programa de Melhorias Habitacionais para Controle da Doença de Chagas (MHCDC), que visa reformar ou reconstruir domicílios em áreas endêmicas, melhorando as condições das habitações e seus arredores para prevenir a colonização por vetores transmissores da doença (Funasa, 2022).

Além disso, a adoção de práticas agrícolas sustentáveis também possui uma forte contribuição para a redução da presença de vetores em áreas endêmicas. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) destaca a importância de sistemas agrícolas mais sustentáveis, como a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e o manejo integrado de pragas e doenças (MIPD), que promovem a biodiversidade e reduzem a

necessidade de desmatamento, preservando habitats naturais e controlando populações de vetores (Teixeira, 2022).

Essas ações que combinam melhorias habitacionais e práticas agrícolas sustentáveis, são fundamentais para o controle efetivo da doença de Chagas em regiões afetadas.

A participação ativa da comunidade é essencial para o sucesso das estratégias de controle. Programas de educação ambiental que promovem boas práticas de manejo ambiental e mobilizam a população têm mostrado impactos positivos na prevenção da doença de Chagas. Por exemplo, o Projeto de Extensão "Vigilância Ambiental em Saúde: ações de controle da Doença de Chagas" no município de Santa Cruz/RN realizou ações educativas que aumentaram a conscientização da população sobre a importância do monitoramento e controle dos vetores (Oliveira *et al.*, 2017).

Outro exemplo é o Projeto Integra Chagas Brasil que enfatiza processos formativos e de mobilização social como estratégias para ampliar o acesso ao diagnóstico e ao cuidado, a partir da Atenção Primária à Saúde.

Além disso, iniciativas como o Projeto CUIDA Chagas que apoia ações locais de educação em saúde, reforçando a importância da participação comunitária na vigilância e prevenção da doença.

Essas abordagens de educação ambiental, mobilização social e participação comunitária, são essenciais para a efetividade das estratégias de controle e prevenção da doença de Chagas.

A implementação dessas estratégias ecológicas, aliada ao envolvimento comunitário e ao uso de tecnologias inovadoras, representam uma abordagem sustentável e integrada, que alia a conservação ambiental à saúde pública, podem contribuir significativamente para a redução da incidência da doença.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A doença de Chagas é influenciada por uma complexa interação de fatores ambientais e a compreensão deles é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de controle e prevenção, adaptadas às especificidades regionais e ecológicas de cada área. Dessa forma é essencial uma abordagem ampla, tendo o ecossistema como referência central, pois assim como outras enfermidades transmissíveis, a doença de Chagas demonstra capacidade de adaptação a novas condições ecológicas.

A abordagem ecológica na compreensão da doença de Chagas é fundamental, pois permite analisar as interações entre o vetor, o hospedeiro e o ambiente, contribuindo para estratégias mais eficazes de controle, compreendendo como essas variáveis influenciam a distribuição dos triatomíneos e a transmissão do *Trypanosoma cruzi*.

Além disso, essa perspectiva reforça a necessidade da conservação ambiental como medida preventiva, uma vez que o equilíbrio dos ecossistemas pode reduzir o contato entre vetores e humanos.

Dessa forma, integrar a ecologia às políticas de saúde pública é essencial para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de controle da doença de Chagas, promovendo a conservação ambiental e a proteção da saúde humana.

Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores estão cientes da submissão do artigo.

Contribuições dos autores

Tarcianne Maria de Lima Oliveira: Concepção do estudo, levantamento bibliográfico, redação do manuscrito e organização da versão final.

Carlos Eduardo Almeida e Elaine Folly Ramos: Revisão crítica do conteúdo, contribuições técnicas, orientação metodológica e revisão final do texto.

REFERÊNCIAS

- Alevi, K. C. et al. (2012). Karyotype of *Triatoma melanocephala* Neiva and Pinto (1923). Does this species fit in the *Brasiliensis* subcomplex? *Infection, Genetics and Evolution*, 12, 1652–1653.
- Alevi, K. C. et al. (2013). Distribution of constitutive heterochromatin in two species of triatomines: *Triatoma lenti* Sherlock and Serafim (1967) and *Triatoma sherlocki* Papa, Jurberg, Carcavallo, Cerqueira & Barata (2002). *Infection, Genetics and Evolution*, 13, 301–303.
- Alevi, K. C., Rosa, J. A. & Azeredo-Oliveira, M. T. (2014a). Cytotaxonomy of the *Brasiliensis* subcomplex and the *Triatoma brasiliensis* complex (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Zootaxa*, 3838, 583–589.
- Alevi, K. C., Rosa, J. A. & Azeredo-Oliveira, M. T. (2014b). Distribution of constitutive heterochromatin in *Triatoma melanocephala* (Hemiptera, Triatominae). *Genetics and Molecular Research*, 2, 7899–7903.
- Almeida, C. E., Vinhaes, M. C., Almeida, J. R., Silveira, A. C. & Costa, J. (2000). Monitoring the domiciliary and peridomiciliary invasion process of *Triatoma rubrovaria* in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 95, 761-768.
- Almeida, C. E., Marcket, P. L., Gumieli, M., Takiya, D. M., Cardozo-De-Almeida, M., Pacheco, R. S., Lopes, C. M., Dotson, E. M. & Costa, J. (2009a). Phylogenetic and phenotypic relationships among *Triatoma carcavalloi* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) and related species collected in domiciles in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Journal of Vector Ecology*, 34, 164-173.
- Almeida, C. E., Folly-Ramos, E., Peterson, A. T., Lima-Neiva, V., Gumieli, M., Duarte, R., Lima, M. M., Locks, M., Beltrão, M. & Costa, J. (2009b). Could the bug *Triatoma sherlocki* be vectoring Chagas disease in small mining communities in Bahia, Brazil? *Medical and Veterinary Entomology*, 23, 410-417.
- Bittencourt, A. L. (2000). Transmissão vertical da doença de Chagas. In: Brener, Z.; Andrade, Z.; Barral-Netto, M. (Org.). *Trypanosoma cruzi e doença de Chagas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Brasil. (2022). Fundação Nacional de Saúde. *Elaboração e apresentação de propostas e projetos de melhorias habitacionais para controle da doença de Chagas: orientações técnicas*. 2. ed. Brasília: Funasa, 32 p.
- Brener, Z., Andrade, Z. A. & Barral-Netto, M. (2000). (Org.). *Trypanosoma cruzi e doença de Chagas*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Caranha, L., Gurgel-Gonçalves, R., Ramalho, R. D. & Galvão, C. (2011). New records and geographic distribution map of *Triatoma petrocchiae* Pinto and Barreto, 1925 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Check List*, 7, 508-509.
- Carbajal De La Fonte, A. L., Cunha, V., Rocha, N. L., Lopes, C. M. & Noireau, F. (2010). Comparative biology of the two sister species of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae). *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 43, 15-18.

Diotaiuti, L. (2000). Triatomíneos e seu controle no Brasil: perspectivas e desafios. *Cadernos de Saúde Pública*, 1-126.

Carcavallo, R. U., Jurberg, J., Lent, H., Noireau, F. & Galvão, C. (2000). Phylogeny of the Triatominae (Hemiptera: Reduviidae): proposals for taxonomic arrangements. *Entomology and Vectors*, 7, 1-99.

Costa, J. (1999). The synanthropic process of Chagas' disease vectors in Brazil, with special attention to *Triatoma brasiliensis* Neiva (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) population: genetical, ecological, and epidemiological aspects. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 94, 1, 239-241.

Costa, J., Peterson, A. T. & Beard, C. B. (2002). Ecological niche modeling and differentiation of populations of *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911, the most important Chagas disease vector in northeastern Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 67, 516-520.

Costa, J., Almeida, C. E., Dotson, E. M., Lins, A., Vinhaes, M., Silveira, A. C. & Beard, C. B. (2003). The epidemiologic importance of *Triatoma brasiliensis* as a Chagas disease vector in Brazil: a revision of domiciliary captures during 1993-1999. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98, 443-449.

Costa, J., Argôlo, A. M. & Félix, M. (2006). Redescription of *Triatoma melanica* Neiva & Lent, 1941, new status (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Zootaxa*, 1385, 47-52.

Costa, J. & Félix, M. (2007). *Triatoma juazeirensis* sp. nov. from the state of Bahia, Northeastern Brazil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 102, 87-90.

Costa, J., Dornak, L. L., Almeida, C. E. & Peterson, A. T. (2014). Distributional potential of the *Triatoma brasiliensis* species complex at present and under scenarios of future climate conditions. *Parasites & Vectors*, 7, 238.

Coura, J. R. (2003). Tripanosomose, doença de Chagas. *Ciência e Cultura*, 5, 1, 30-33.

Coura, J. R., Junqueira, A. C. V., Carvalho-Moreira, C. J., Borges-Pereira, J. & Albajar, P. V. (2007). Uma visão sistêmica da endemia chagásica. In: Silveira, A. C. (Org.). *La enfermedad de Chagas a la puerta de los 100 años del conocimiento de una endemia americana ancestral*. Buenos Aires: Organización Panamericana de la Salud e Fundación Mundo Sano, 25-35.

Coura, J. R. (2013). Chagas disease: control, elimination and eradication. Is it possible? *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 108, 962-967.

Coura, J. R. (2015). The main sceneries of Chagas disease transmission. The vectors, blood and oral transmissions—a comprehensive review. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 110, 3, 277-282. DOI: 10.1590/0074-0276140362.

Cuida Chagas. (2025). Disponível em: <https://cuidachagas.org/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

Deane, M. P., Lenzi, H. L. & Jansen, A. (1984). *Trypanosoma cruzi*: vertebrate and invertebrate cycles in the same mammal host, the opossum *Didelphis marsupialis*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 79, 513-515.

Dias, A. C. P. (1989). The indeterminate form of human chronic Chagas' disease. A clinical epidemiological study. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 22, 3, 147-156.

Dias, J. C. P. & Coura, J. R. (1997). Epidemiologia. In: Dias, J. C. P. & Coura, J. R. (Org.). *Clínica e Terapêutica da Doença de Chagas: uma abordagem prática para o clínico geral*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 33-66.

Dias, A. C. P. (2009). Elimination of Chagas disease transmission: perspectives. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104, 1, 41-45.

- Diotaiuti, L. (1997). A situação epidemiológica do *Triatoma sordida* após o controle do *Triatoma infestans*. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 30, I, 54-56.
- Diotaiuti, L. (2007). Triatomíneos. In: Teixeira, A. *Doença de Chagas e evolução*. Brasília: Finatec, 205-231.
- Dujardin, J. P.; Schofield, C. J.; Panzera, F. (2002). Los vectores de la Enfermedad de Chagas. *Intercriencia*, 8, 348-395.
- Galvão, C., Carcavallo, R. U., Rocha, D. S. & Jurberg, J. (2003). A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. *Zootaxa*, 202, 1-36.
- Gardim, S., Almeida, C. E., Takiya, D. M., Oliveira, J., Araújo, R. F., Cicarelli, R. M. B. & Rosa, J. A. (2014). Multiple mitochondrial genes of some sylvatic Brazilian *Triatoma*: non-monophyly of the *T. brasiliensis* subcomplex and the need for a generic revision in the Triatomini. *Infectious Genetics and Evolution*, 23, 74-79.
- Gonçalves, R. G., Galvão, C., Mendonça, J. & Costa-Neto, E. M. (2012). *Guia de Triatomíneos da Bahia*. Feira de Santana: UEFS Editora, 112 p.
- Gonçalves, T. C. M., Teves-Neves, S. C., Santos-Mallet, J. R., Carbajal-De-Lafuente, A. L. & Lopes, C. M. (2013). *Triatoma jatai* sp. nov. in the state of Tocantins, Brazil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 108, 429-437.
- Integra Chagas Brasil. (2025). O projeto. Disponível em: <https://integrachagasbrasil.org/o-projeto/>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- Jurberg, J., Rocha, D. S. & Galvão, C. (2009). *Rhodnius zeledoni* sp. nov. afim de *Rhodnius paraensis* Sherlock, Guitton & Miles, 1977 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Biota Neotropica*, 9, 123-128.
- Jurberg, J., Rodrigues, J. M. S., Moreira, F. F. F., Dale, C., Cordeiro, I. R. S., Lamas Jr., V. D., Galvão, C. & Rocha, D. S. *Atlas Iconográfico dos Triatomíneos do Brasil (Vetores da Doença de Chagas)*. Disponível em: http://www.fiocruz.br/ioc/media/Atlas_triatominio_jurberg.pdf.
- Justi, S. A., Russo, C. A. M., Mallet, J. R. S., Obara, M. T. & Galvão, C. (2014). Molecular phylogeny of Triatomini (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Parasites & Vectors*, 7, 149. DOI: 10.1186/s1756-3305-7-149.
- Justi, S. A., Galvão, C. & Schrago, C. G. (2016). Geological changes of the Americas and their influence on the diversification of the Neotropical kissing bugs (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10, e0004527. DOI: 10.1371/journal.pntd.0004527.
- Justi, S. A. & Galvão, C. (2017). The evolutionary origin of diversity in Chagas disease vectors. *Trends in Parasitology*, 33, 42–52. DOI: 10.1016/j.pt.2016.10.008.
- Lent, H. & Wygodzinsky, P. (1979). Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas disease. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, v. 163, p. 123–520.
- Lenzi, H. L., Jansen, A. M. & Deane, M. P. (1984). The recent discovery of what might be a primordial escape mechanism for *Trypanosoma cruzi*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 79, 13-18.
- Lilioso, M., Folly-Ramos, E., Rocha, F. L., Rabinovich, J., Capdevielle-Dulac, C., Harry, M., Marcet, P. L., Costa, J. & Almeida, C. E. (2017). High *Triatoma brasiliensis* densities and *Trypanosoma cruzi* prevalence in domestic and peridomestic habitats in the State of Rio Grande do Norte, Brazil: The source for Chagas disease outbreaks? *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 96, 1456–1459. DOI: 10.4269/ajtmh.16-0823.
- Lucena, D. T. (1970). Estudo sobre a doença de Chagas no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*, 22, 3–174.

- Massaro, D. C., Rezende, D. S. & Camargo, L. M. A. (2008). Estudo da fauna de triatomíneos e da ocorrência de Doença de Chagas em Monte Negro, Rondônia, Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 11, 2, 228-240.
- Monod, J. (1970). *Le Hasard et la Nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*. Paris: Ed. du Seuil, 1970.
- Moreira, C. J. C. & Spata, M. C. D. (2002). Dynamics of evolution and resistance to starvation of *Triatoma vitticeps* (Stål, 1859) (Reduviidae: Triatominae), submitted to two different regimens of food deprivation. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97, 7, 1049-1055.
- Naess, A. (1973). The shallow and the deep, long-range ecology movement. *Inquiry*, 16, 1-4, 95-100.
- Oliveira, F. L. B. *et al.* (2017). Extensão universitária e as ações educativas para o controle dos vetores da doença de Chagas em Santa Cruz - RN. *Revista de Ciências Extensionistas*, 13, 1, 128-136.
- Oliveira, J., Marcet, P. L., Takiya, D. M., Mendonça, V. J., Belintan, T., Bargues, M. D., Mateo, L., Chagas, V., Folly-Ramos, E., Cordeiro-Estrela, P., Gurgel-Gonçalves, R., Costa, J., Rosa, J. A. & Almeida, C. E. (2025). Combined phylogenetic and morphometric information to delimit and unify the *Triatoma brasiliensis* species complex and the *Brasiliensis* subcomplex. *Acta Tropica*. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.02.020>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- Ramos, A. N. *et al.* (2009). Guia para vigilância, prevenção, controle e manejo clínico da doença de Chagas aguda transmitida por alimentos. Rio de Janeiro: PANAFTOSA-VP/OPAS/OMS. 92 p. il. (Série de Manuais Técnicos, 12) PAHO/HSD/CD/539.09.
- Rebelo, J. M. M. *et al.* (1998). Espécies de Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) do Estado do Maranhão, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 14, 1.
- Reis, D. *et al.* (2012). Biological behaviour in mice of *Trypanosoma cruzi* isolates from Amazonas and Paraná, Brazil. *Experimental Parasitology*, 130, 3, 321-329.
- Rosa, J. A. (2012). *et al.* Description of *Rhodnius montenegrensis* n. sp. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) from the State of Rondônia, Brazil. *Zootaxa*, 3478, 62-76.
- Santos, V. R. C. D. *et al.* (2018). Acute Chagas disease in the state of Pará, Amazon Region: is it increasing? *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 113, 5, e170298. doi: 10.1590/0074-02760170298.
- Schofield, C. J. & Galvão, C. (2009). Classification, evolution and species groups within the Triatominae. *Acta Tropica*, 110, 2-3, 88-100.
- Siqueira-Batista, R. *et al.* (2011). Moléstia de Chagas e ecologia profunda: a “luta antivetorial” em questão. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16, 2, 677-687.
- Silva, R. A., Barbosa, G. L. & Rodrigues, V. L. C. C. (2014). Vigilância epidemiológica da doença de Chagas no estado de São Paulo no período de 2010 a 2012. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 23, 2, 259-267.
- Silveira, A. C., Feitosa, V. R. & Borges, R. (1984). Distribuição de triatomíneos domiciliados no período 1975/1983 no Brasil. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*, 36, 15-312.
- Silveira, A. C. & Vinhaes, M. C. (1999). Elimination of vector-borne transmission of Chagas Disease. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 94, 405-411.
- Soares, R. P. P., Pires, H. H. R. & Diotaiuti, L. (1996). Estudos sobre a capacidade de voo do *Triatoma sordida* sob condições de laboratório. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 29, 3, 84-85.

Sousa, M. L. R. de *et al.* (2024). Indicadores ambientais e captura de triatomíneos em área rural com histórico recente de captura do vetor. *Brazilian Journal of Health Review*, 7, 1, 2369-2388. DOI: 10.34119/bjhrv7n1-190.

Teixeira, A. L. (2025). Sistemas agrícolas mais sustentáveis. In: *Plataforma Visão de futuro do Agro*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-defuturo/sustentabilidade/sinal-etendencia/sistemas-agricola-mais-sustentaveis>. Acesso em: 27 fev. 2025.

Villela, M. M., Catalá, S., Jurburg, J., Silva, I. G. & Dias, J. C. P. (2005). Patterns of antennal sensilla of *Panstrongylus megistus* from three Brazilian states. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 100, 7, 699-702.

World Health Organization (WHO). (2025). Health topics: Chagas disease. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.02.020>. Acesso em: 27 fev. 2025.