

REVISTA

SABERES *da* AMAZÔNIA

CIÊNCIAS JURÍDICAS, HUMANAS E SOCIAIS

VOL. 7 | N. 13

JANEIRO - DEZEMBRO 2022 | ISSN: 2448-0576

PALEOPARASITOLOGIA BACTERIANA – LINHA DE PESQUISA COM BASE NO ESTUDO DE MICRORGANISMOS DO PASSADO – BREVE HISTÓRICO E PERSPECTIVAS DE ESTUDOS NA AMAZÔNIA

BACTERIAL PALEOPARASITOLOGY – LINE OF RESEARCH BASED ON THE STUDY OF MICROORGANISMS FROM THE PAST – BRIEF HISTORY AND PERSPECTIVES OF STUDIES IN THE AMAZON

Joseli Maria da Rocha Nogueira, Doutora em Ensino de Ciências FIOCRUZ RJ, E-mail: joselimaria@gmail.com

João Batista Lopes Coelho Júnior, Doutor em Ensino de Ciências FIOCRUZ RJ, E-mail: coelhobioj@gmail.com

Resumo

O presente trabalho traz um breve histórico e uma introdutória apresentação da Paleobacteriologia, ciência que deriva da Paleoparasitologia e as perspectivas desse estudo na Amazônia. O termo paleobacteriologia reflete a busca por uma melhor compreensão do processo saúde doença no passado, através da detecção de possíveis infecções bacterianas que ocorreram em nossos ancestrais. Esta ciência se utiliza também de relatos e documentos históricos, aliados a tecnologias antigas e atuais, almejando uma interdisciplinaridade em diferentes áreas de estudo e visualizando como um mesmo denominador: o ambiente, os hospedeiros, os organismos bacterianos e os aspectos éticos da utilização de material antigo, esse artigo também discute de forma sucinta a possibilidade desses estudos no ambiente amazônico.

Palavras-chave: Paleoparasitologia, bactérias, ética, Amazonia.

Abstract

The present paper brings a brief and introductory presentation of Paleobacteriology, a science that derives from Paleoparasitology, and the perspectives of this study in the Amazon. The term paleobacteriology reflects the search for a better understanding of the health-disease process in the past, through the detection of possible bacterial infections that occurred in our ancestors. This science also uses

historical reports and documents, combined with old and current technologies, aiming at an interdisciplinarity in different areas of study and viewing as the same denominator: the environment, the hosts, the bacterial organisms and the ethical aspects of the use of material this article also briefly discusses the possibility of these studies in the Amazonian environment.

Keywords: Paleoparasitology, bacteria, ethics, Amazonia.

Introdução

Paleobacteriologia, etimologicamente significa o estudo (logos) das antigas (paleo) bactérias. O termo Bacteria (Bacterium) foi introduzido como palavra científica em 1838 pelo naturalista alemão Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck (1795-1876). Esta palavra tem origem na palavra grega *Bakterion* (βακτηριον), (pequena vara) que é o diminutivo em grego de *baktron*, vara. A escolha do termo está associada às primeiras observações de bactérias no microscópio, pois os cientistas acharam-nas muito parecidas com bastões e resolveram batizá-las de acordo com sua morfologia.^{1,2}

O termo paleobacteriologia, procede de outra expressão, mais ampla: A paleoparasitologia, que está associada à pesquisa de uma grande diversidade de organismos simbiontes em material antigo. O étimo da palavra Paleoparasitologia, denota o estudo dos antigos parasitos (para) ao lado + (sitos) alimentos, esta última designação remonta aos tempos pré-homéricos e significa "aquele que come de, ou com outro".³ A expressão paleoparasitologia foi criada em 1979, pelo Dr. Luiz Fernando Ferreira, Médico parasitologista e pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz.

Também adaptado do termo original, a denominação "Paleomicrobiologia", tem sido amplamente citada na literatura internacional, principalmente em estudos forenses⁴, que também podem estar ligados a vários agentes microscópicos de doenças do passado. Segundo Vassalo e colaboradores⁵ um dos objetivos da paleomicrobiologia é a caracterização da comunidade microbiana presente em sítios arqueológicos. Essas análises geralmente podem fornecer informações valiosas

¹ OSÓRIO C. 2017. Nota histórica: Sobre el origen del término bacteria: una paradoja semântica. Rev Chilena Infectol; 34 (3): 265-269. 2017

² HARPER D. 2001. Online Etymology Dictionary. <http://www.etymonline.com/index.php?term=bacteria> acessado em: 10 de agosto de 2017.

³ REZENDE JK. 2004 Linguagem médica. AB Editora, 3ª. Ed. <http://usuários.cultura.com.br/jmrezende/parasito.htm> (acessado em 04/out/2005)

⁴ RIBAS TURON C, KÜSTNER CE, GARRIGA AMJ, RIBAS HÁ. Paleomicrobiología: Revisión Bibliográfica. Actas del XI Congreso Nacional de Paleopatología. p. 635-650. 2013.

sobre eventos passados, como ocorrência de doenças infecciosas humanas e animais, atividades humanas antigas e mudanças ambientais⁵.

A paleobacteriologia, que pode ser considerada como um termo mais direcionado, tem como objetivo primário o reconhecimento de agentes bacterianos que provavelmente afetaram nossos ancestrais, permitindo uma melhor compreensão dos variados hábitos e costumes envolvidos nos processos saúde-doença ocorridos no passado, possibilitando desta forma, a detecção das raízes de diferentes infecções, bem como as rotas de dispersão destes agentes entre povos e ambientes.⁶

O diagnóstico de doenças em populações extintas pode ser baseado em diversos parâmetros, como anormalidades em registros ósseos, tecidos e marcadores biológicos detectados em Coprólitos.⁷

Os coprólitos (gr. copros = fezes; litos = pedra) que servem de vasta fonte para essas pesquisas, são fezes naturalmente conservadas pela dessecação ou mineralização, muitas vezes petrificadas, que podem manter vestígios físicos ou mesmo moleculares de organismos que estiveram presentes nos intestinos dos indivíduos ou animais que os originaram.⁸ Esse material, além de informações gerais sobre a saúde, também pode prover subsídios sobre a dieta e práticas de agricultura,^{9,10} possibilitando recuperar grande parte das informações sobre o paleoambiente, e permitindo o estabelecimento até mesmo de parte da cadeia alimentar entre os organismos.

⁵ VASSALLO A, MODI A, QUAGLIARIELLO A, BACCI G, FADDETTA T, GALLO M, PROVENZANO A, LA BARBERA A, LOMBARDO G, MAGGINI V, FIRENZUOLI F, ZACCARONI M, GALLO G, CAMELLI D, ALEO NERO C, BALDI F, FANI R, PALUMBO PICCIONELLO A, PUCCIARELLI S, PUGLIA AM, SINEO L. Novel Sources of Biodiversity and Biomolecules from Bacteria Isolated from a High Middle Ages Soil Sample in Palermo (Sicily, Italy). *Microbiol Spectr*. 2023 Jun 15;11(3):e0437422. doi: 10.1128/spectrum.04374-22. Epub 2023 Apr 18. PMID: 37071008; PMCID: PMC10269861.

⁶ PALHANO-SILVA CS, NOGUEIRA JMR. Novas Possibilidades em estudos paleoparasitológicos. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 38(supl I):253, 2005.

⁷ DUARTE NA, FERREIRA LF, ARAÚJO AJG Paleoepidemiologia e Paleoparasitologia. In: MEDRONHO, RA. *Epidemiologia*, São Paulo: Atheneu; 2002., p. 457-463.

⁸ ARAÚJO AJG, FERREIRA LF. Paleoparasitology and the Antiquity of Human Host-parasite Relationships. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 95:89-93, 2000.

⁹ DONOGHUE HD, SPIGELMAN M, GREENBLATT LC, LEV-MAOR G, BRA-GAL GK, MATHESON C, VERNON K, NERLICH AG, ZINK AR. Tuberculosis: from prehistory to Robert Koch, as revealed by ancient DNA. *Lancet*, 4: 584-592, 2004.

¹⁰ ROLLO F, UBALDI M, ERMINI L, MAROTA I. Ötzi's last meals: DNA analysis of the intestinal content of the neolithic glacier mummy from the Alps. *Proc Natl Acad Sci USA* 99(20):12594-12599, 2002.

Diversos trabalhos têm argumentado que estudos paleoparasitológicos na Amazônia não são viáveis, argumentando que essa região não seria adequada devido ao bioma florestal úmido que facilitaria a decomposição das amostras antigas bem como dificultaria a habitação de culturas robustas. Segundo Leles e Araújo¹¹ esses mitos são inconsistentes, já que dos mais de 20 mil sítios arqueológicos existentes no Brasil um percentual por volta de 14% está inserido em estados que possuem sub-regiões inseridas na Amazônia¹¹ e essa possibilidade será discutida nesse artigo.

1-Técnicas de análise iniciais

As técnicas clássicas de análises clínicas utilizadas pela paleoparasitologia, como a hidratação em solução aquosa de fosfato trissódico,¹² seguida de sedimentação espontânea¹³ para exame microscópico de ovos de parasitos, ou técnicas histológicas para preparação de tecidos por inclusão de parafina e congelamento,^{14, 15, 16} apesar de extremamente eficazes para detecção parasitológica, deixavam de lado um importante grupo de micro-organismos passível de estar associado a diferentes processos de adoecimento no passado: as bactérias. Com o incremento destes estudos pela biologia molecular e interações sorológicas, abriram-se novas possibilidades para essa pesquisa, possibilitando sustentar a afirmação de que a interdisciplinaridade científica é a opção mais viável para estudos mais atuais visando à detecção e caracterização destes agentes.^{17, 18}

¹¹ LELES D.; ARAÚJO A. Potencialidades da Amazônia para a Paleoparasitologia. *Rev Patol Trop* Vol. 44 (3): 229-244. jul.-set. 2015

¹² CALLEN EO, CAMERON TWM. A prehistoric diet as revealed in coprolites. *New Sci*, 8:35-40, 1960.

¹³ LUTZ A. O *Schistosomum mansoni* e a Schistosomatose segundo observações, feitas no Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*; 11(1):121-155, 1919.

¹⁴ RUFFER MA. *Studies in paleopathology of Egypt*. R Moodie, Ed.-University of Chicago Press, Nova York-Chicago. 1921.

¹⁵ REYMAN TA, DOWD AM. Processing of mummified tissue for histological examination. In: COCKBURN A, and E, eds. *Mummies, disease and ancient cultures*. Cambridge: Cambridge University Press. 1980.

¹⁶ FERREIRA LF, ARAÚJO AJG, CONFALONIERI U. Paleoparasitologia no Brasil. PEC/ENSP, Rio de Janeiro, 1988.

¹⁷ ARAÚJO AJG, REINHARD K, BASTOS OM, CANTARINO L, PIRMEZ C, IÑIGUEZ A, VICENTE AC, MOREL CM, FERREIRA LF. Paleoparasitology: perspectives with new techniques. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*, 40: 371-376, 1998.

¹⁸ PÄÄBO S. Amplifying DNA from archaeological remains: a meeting report. *PCR Methods Appl* 1: 107-110, 1991.

A partir destas diferentes metodologias, uma série de estudos multidisciplinares passou a enfatizar a busca por esses organismos numa tentativa de além de padronizar esses métodos, correlacionar os achados com informações epidemiológicas antigas¹⁹.

2-Técnicas Imunológicas

A detecção de antígenos bacterianos em espécimes antigos pode ser alcançada usando várias técnicas, incluindo detecção imunocromatográfica, ensaio de imunoabsorção enzimática (ELISA) e análise imuno-histoquímica²⁰. O teste de ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay)²¹ com anticorpos monoclonais, já foi empregado de forma promissora em estudos de antígenos em amostras antigas no Brasil²². Todavia a pesquisa bacteriana, com essas metodologias neste tipo de material, apesar de parecer mais econômica que métodos moleculares, ainda precisa ser mais explorada em nosso país. Trabalhos de pesquisadores no exterior obtiveram resultados muito interessantes quando usaram a imuno-histoquímica em tecidos para detectar a bactéria *T. pallidum*, causadora da sífilis em uma múmia italiana do século 16²³, bem como a bactéria causadora da febre maculosa, *Rickettsia rickettsii* em diferentes tecidos coletados de um paciente que morreu em 1901 com um falso diagnóstico de tifo²⁴. A imunocromatografia foi aplicada em material ósseo e polpa dentária na detecção do antígeno específico da bactéria *Y. pestis*^{25, 26, 27} assim como o teste de ELISA

¹⁹ NOGUEIRA, J. M. R.; HOFER, E. Bacteria and Paleoparasitology. In: Ferreira, LF; Reinhard, KJ; Araújo, A. (Org.) Foundations of Paleoparasitology, p. 189-200. 2014.

²⁰ TRAN TN, ABOUDHARAM G, RAOULT D, DRANCOURT M. Beyond ancient microbial DNA: nonnucleotidic biomolecules for paleomicrobiology. Biotechniques. 50(6):370-80. 2011.

²¹ VOLLER A, BIDWELL DE, BARTLETT ANN. Enzyme immunoassays in diagnostic medicine. Theory and practice. Bull World Health Organ 53(1): 55-65. 1976.

²² GONÇALVES MLC. Helminths, protozoários e algumas idéias: novas perspectivas na paleoparasitologia. Tese de doutorado. Rio de Janeiro, Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz. 89p. 2002.

²³ FORNACIARI, G., M. CASTAGNA, A. TOGNETTI, D. TORNABONI, BRUNO J. Syphilis in a Renaissance Italian mummy. Lancet, 334:614. 1989.

²⁴ DUMLER, JS. Fatal Rocky Mountain spotted fever in Maryland--1901. JAMA 265(6):718. 1991.

²⁵ HAENSCH S, BIANUCCI R, SIGNOLI M, et al. Distinct Clones of *Yersinia pestis* Caused the Black Death. Besansky NJ, ed. PLoS Pathogens;6(10). 2010 disponível em: < <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1001134>>

²⁶ BIANUCCI R, RAHALISON L, MASSA E.R, PELUSO A, FERROGLIO E, SIGNOLI M. Technical note: a rapid diagnostic test detects plague in ancient human remains: an example of the interaction between archaeological and biological approaches (southeastern France, 16th-18th centuries). Am. J. Phys. Anthropol. 136:361-367. 2008.

²⁷ PUSCH CM, RAHALISON L, BLIN N, NICHOLSON GJ, CZARNETZKI A. Yersinia F1 antigen and the cause of Black Death. Lancet Infect Dis. Aug;4(8):484-5. 2004.

encontrada em vários locais da Europa, confirmando ter sido Peste a doença causadora de vários óbitos neste continente. Apesar do êxito obtido nestes trabalhos, alguns autores apontam para a dificuldade de padronização destes testes em alguns tipos de amostras antigas, já que outros espécimens como os coprólitos que contém muitas substâncias impiedentes, que antes dificultavam a extração de DNA²⁸, mas que atualmente com novas metodologias são passíveis de prover um rico arsenal de informações a serem pesquisadas²⁹.

3- Técnicas moleculares

Consideramos como um marco na história da paleobacteriologia, a detecção de ácido desoxirribonucléico (DNA) de *Mycobacterium tuberculosis* de um esqueleto ancestral.³⁰ Vários estudos já haviam sido feitos para detecção desta doença em múmias, mas a maioria se restringia à procura de evidências ósseas, o que poderia causar confusão com outras patologias que causam agravos semelhantes.

No Brasil, Iñiguez,³¹ demonstrou a possibilidade de recuperação de DNA bacteriano de fezes dessecadas através da técnica de PCR, conseguindo reaver após inoculação de *Vibrio cholerae* e *Bacillus sphaericus*, material genético identificável destes microorganismos. A mesma pesquisadora, posteriormente, através da técnica de RAPD-PCR, conseguiu recuperar seqüências intactas de DNA de *Shigella flexneri* de coprólitos ancestrais, caracterizando o primeiro achado bacteriano no país³².

Nogueira²⁸ foi capaz de sequenciar a partir de esporos recuperados do interior de coprólitos, espécies de *Bacillus* e gêneros correlatos ainda não descritas. Erro: Origem da referência não encontrada.

²⁸ NOGUEIRA, JMR. Paleoparasitologia: Estudos Associados À Recuperação De Organismos Bacterianos De Esporos Viáveis Presentes Em Coprólitos Sul-Americanos [TESE] disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4578> acesso em 03/7/2023

²⁹ WITT, K.E., YARLAGADDA, K., ALLEN, J.M. et al. Integrative analysis of DNA, macroscopic remains and stable isotopes of dog coprolites to reconstruct community diet. *Sci Rep* 11, 3113 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82362-6>

³⁰ SALO WL, AUFDERHEIDE AC, BUIKSTRA J, HOLCOMB TA. Identification of *Mycobacterium tuberculosis* DNA in a pre-Columbian Peruvian mummy. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 91, 2091–2094, 1994.

³¹ IÑIGUEZ AM. *Análise do DNA Ancestral para o estudo de Infecções Parasitárias em populações pré-Históricas*. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz. 1998.

³² IÑIGUEZ AM, ARAÚJO AJG, FERREIRA LF, VICENTE ACP. Analysis of ancient DNA from coprolites: a perspective with random amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction approach. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 98 (Suppl I): 63-65, 2003.

Considerando então a possibilidade destes achados e a importância do desenvolvimento destas técnicas para futuros estudos, surge a ideia da paleobacteriologia epidemiológica, aliando a detecção à busca de evidências de infecção e prováveis manifestações clínicas destes agentes em restos humanos ou de animais.

Diversos trabalhos buscando bactérias nestes materiais já foram realizados fora do Brasil, principalmente, baseados em biologia molecular (Tabela 1). Todavia nem sempre os resultados expressam realmente a detecção do agente bacteriano antigo³³. Os estudos mais atuais, apontam para a importância de um trabalho extremamente cuidadoso aonde qualquer contaminação com material contemporâneo torna a pesquisa questionável³⁴.

TABELA 1 – exemplos de trabalhos abordando pesquisa de paleobacteriologia

³³ DRANCOURT M, RAOULT D. Palaeomicrobiology: Current issues and perspectives. *Nat Rev Microbiol* 3(1)23-35, 2005.

³⁴ CAPO, E., MONCHAMP, M.-E., COOLEN, M.J.L., DOMAIZON, I., ARMBRECHT, L., BERTILSSON, S. (2022), Environmental paleomicrobiology: using DNA preserved in aquatic sediments to its full potential. *Environ Microbiol*, 24: 2201-2209. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15913>

Table 1 | **Current data in palaeomicrobiology for bacteria**

Source	Specimen, body site	Conservation	Datation	Method	PCR target	Strength/ quality of evidence	Refs
Mycobacterium tuberculosis							
Bison	Metacarpal	Buried	17,000 yrs BP	Molecular biology, spoligotyping	S12-protein gene, IS6110, DR locus	A/I	19
Human	Lung, lymph node	Mummified	1,000 yrs BP	Molecular biology	IS6110	B/III	3
Human	Bone	Mummified	5,400 yrs BP	Molecular biology, spoligotyping	65-kDa-antigen gene, IS6110	A/III	51
Human	Metacarpal, lumbar vertebrae	Buried	Medieval	Molecular biology, spoligotyping	IS6110, <i>rpoB</i> gene, Mtp40 genome fragment, <i>oxyR</i> pseudogene	B/III	52
Human	Rib	Buried	Medieval	Molecular biology	IS6110, <i>oxyR</i> pseudogene	B/III	53
Human	Vertebrae	Buried	1,000 yrs BP	Molecular biology	IS6110	B/III	54
Human	Mandible	Buried	AD 1400–1800	Molecular biology	IS6110	B/III	55
Human	Vertebrae, femur, ankle, rib, pleura	Buried	7th–8th century, 17th century	Molecular biology	IS6110, <i>hsp65</i> gene	B/III	76
Human	Lung, pleura	Buried	AD 600	Chromatography, molecular biology	IS6110	B/III	31
Human	Bone	Buried	1,000 yrs BP	Chromatography, molecular biology	IS6110	B/III	12
Human	Vertebrae, rib	Buried	400–230 BC	Molecular biology	IS6110, <i>oxyR</i> pseudogene, RD7, <i>gyrA</i> , <i>katG</i>	B/II	56
Human	Bone, soft tissues	Mummified	2050–500 BC	Molecular biology, spoligotyping	IS6110	A/I	32
Human	Bone	Buried		Molecular biology		C/III	2
Human	Lungs, pleura, abdomen, ribs, hair, teeth	Mummified	18th–19th century	Molecular biology	IS6110, <i>gyrA</i> , <i>katG</i> , <i>dnaA-dnaN</i> , 19-kDa-antigen gene, MPB70-antigen gene	A/I	47
Human	Wrist, lumbar vertebrae	Buried	14th–16th century	Molecular biology	IS6110	C/III	117
Mycobacterium leprae							
Human	Foot bones	Buried	12th century	Molecular biology	RLEP	B/II	18
Human	Metacarpals	Buried	AD 300–600	Molecular biology	RLEP, 18-kDa gene	B/II	77
Human	Nasal bony tissue	Buried	1,100 yrs BP	Molecular biology	RLEP, 18-kDa gene	B/II	57
Human	Skulls	Buried	AD 1400–1800	Molecular biology	RLEP1, RLEP3	B/II	57
Human	Hard palate, skull	Buried	AD 1400–1800, 10th century	Molecular biology	RLEP1, RLEP3	B/II	55
Enteric bacteria							
Mastodon	Bowel	Frozen	12,000 yrs BP	Culture		C/II	94
Human	Metatarsal	Mummified	1400 BC	Molecular biology	16S rRNA gene	B/II	10
Human	Upper gut content	Bogged	300 BC	Molecular biology	<i>uidA</i> gene, <i>lacZ</i> gene	C/III	124
Treponema pallidum							
Human	Bone	Buried	240 yrs BP	Immunodetection, molecular biology	<i>TPP15</i> gene, <i>T. pallidum</i> whole antigen	B/II	30
Borrelia burgdorferi							
Ticks		Dry	AD 1884	Molecular biology	<i>ospA</i> gene	A/III	87
Rodents		Dry	19th century	Molecular biology	<i>ospA</i> gene	B/II	86
Other spirochaetes							
Termite	Intestinal tissue	Amber	Miocene	Microscopy		A/II	91
Bartonella quintana							
Human	Dental pulp	Buried	4,000 yrs BP	Molecular biology	<i>groEL</i> gene, <i>hbpE</i> gene	A/II	92
Bartonella henselae							
Cat	Dental pulp	Buried	13th–18th century	Molecular biology	<i>groEL</i> gene, <i>pap31</i> gene	A/II	93
Yersinia pestis							
Human	Dental pulp	Buried	5th–14th century	Molecular biology	Intergenic spacers	A/II	26
Human	Dental pulp	Buried	AD 1590–1722	Molecular biology	<i>pla</i> gene, <i>rpoB</i> gene	B/III	4
Human	Dental pulp	Buried	AD 1348	Molecular biology	<i>pla</i> gene	A/II	5

Fonte: Drancourt e Raoult, 2005 – Nature reviews – microbiology
 Erro: Origem da referência não encontrada

No Brasil, o grupo de pesquisa em Paleoparasitologia pertencente à Fundação Oswaldo Cruz, congrega hoje, diversos pesquisadores e alunos

interessados nos conhecimentos gerados por dados obtidos de material antigo e os estudos de paleobacteriologia se inserem nesse contexto de forma conjugada complementando na medida em que se desenvolvem, os achados das linhas afins.

Coprólitos provenientes da coleção da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, têm sido analisados através de pesquisa com anticorpos monoclonais e exames moleculares, visando não só a detecção bacteriana e padronização das técnicas para futuras pesquisas, mas a frequência e incidência destes agentes no material, a correlação com os sítios arqueológicos de onde foram retirados, a presença de co-infecção com outros agentes, hábitos alimentares e possíveis rotas de dispersão dos agentes a partir dos dados geográficos e das datações das amostras³⁵.

Segundo Saleem e colaboradores (2023) outros materiais como tecidos ósseos dentes, pele e até corpos mumificados servem de material de estudo dentro dessa linha de pesquisa, e o ideal dentro da análise é que possam ser associados a fontes indiretas disponíveis, como registros escritos contemporâneos (se houverem), imagens, inscrições, representações, estatuetas, fontes médicas e não médicas³⁶.

Através da complexidade e dinâmica da relação parasito-hospedeiro-ambiente na determinação de infecções e doença, a análise genômica destes microrganismos possibilita não só estudos para a melhor compreensão deste processo, como também da coevolução das espécies envolvidas.

4-Considerações éticas.

Outro fator que vem tomando vulto nesta nova empreitada científica está associado às reflexões de caráter ético pertinentes à utilização deste material ancestral. Ao apreciarmos os conceitos atuais de ética, e trabalhos de pesquisa em áreas biomédicas, percebemos que estas questões têm recebido cada vez mais atenção, principalmente quando essas pesquisas envolvem seres humanos ou seus

³⁵ NOGUEIRA, JMR, ARAÚJO AJ, FERREIRA LF, HOFER E. Paleobacteriologia: Novas possibilidades em estudos paleoparasitológicos. Anais da IX Jornada Científica de pós graduação da Fundação Oswaldo Cruz. Nov 7-10; Rio de Janeiro. 2005.

³⁶ SALEEM S, BIANUCCI R, GALASSI FM, NERLICH AG. Ancient Diseases and Medical Care: Paleopathological insights. *Frontiers in Medicine*, v. 10, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2023.1140974>

restos mortais, refletindo a preocupação e o interesse dos profissionais de pesquisa com o tema.^{37, 38, 39}

Diferentes pesquisadores têm discutido sobre materiais de estudo provenientes de povos antigos, incluindo debates não só sobre a atuação dos pesquisadores, mas também dos descendentes vivos, que muitas vezes exigem a devolução do material utilizado para estudo ou exposição em museus. Esse artigo questiona o que tem sido feito para proteger o que é desenterrado, mostrando que a informação que sobreviveu enterrada por milhares de anos muitas vezes, uma vez exposta, se perde rapidamente, e que o compromisso científico primordial deveria ser a sua preservação. Erro: Origem da referência não encontrada.⁴⁰

Uma ética voltada para a conservação da herança cultural dos nossos predecessores, entende que tanto quanto possível esses bens devem ser preservados, não só para as próximas gerações, bem como para futuras investigações e interpretações. Ênfase especial deve ser dada à documentação produzida, na medida em que é ela que dá sentido à coleção e permite a produção do conhecimento científico, devendo ficar disponível e em condições seguras em longo prazo.⁴¹

Estas são questões fundamentais que não devem ser negligenciadas, pois expõem a fundo o papel da ciência na vida moderna, assim como, as novas formas de produção do conhecimento científico (epistemologia)⁴².

5-Perspectivas de estudos na Amazônia

Apesar das falácias criadas no passado, onde estudos afirmavam que as condições amazônicas não permitiriam um bom estudo paleoparasitológico, a região

³⁷ BLONG, J.C., SHILLITO, LM. Coprolite research: archaeological and paleoenvironmental potentials. *Archaeol Anthropol Sci* 13(15), 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01242-8> acesso em: 08/07/2023.

³⁸ COIMBRA Jr.CE, SANTOS RV. Ética e pesquisa biomédica em sociedades indígenas no Brasil. *Cad. Saúde Públ.* Rio de Janeiro, 12(3): 417-422, jul-set, 1996.

³⁹ SCHRAMM FR. A terceira margem da saúde: A ética “natural”. *Manguinhos*, 1:54-68. 1995.

⁴⁰ HOLLOWAY M. The Preservation of the Past. *Scientific American*, 272(5):78-81. 1995.

⁴¹ LIMA TA. A Ética que temos e a ética que queremos: (ou como falar de princípios neste conturbado fim de milênio) *Anais do IX Congresso da Sociedade Brasileira de Arqueologia*. 1997.

⁴² NOGUEIRA JMR, PALHANO-SILVA CS, GONÇALVES MLC, ARAÚJO AJ. The importance of ethical aspects in paleoparasitological research. *Proceedings of 1st Paleopathology Association Meeting in South America – human migrations and diseases*. July 27-29. Rio de Janeiro; Brasil. ENSP/FIOCR; 2005. p.38.

Amazônica apresenta grande potencial de pesquisas na área de paleobacteriologia, principalmente no que se refere aos estudos em vestígios ósseos. A análise deste tipo de material pode elucidar questões acerca da origem de infecções nas américas e suas rotas. A maioria das infecções que podem ser pesquisadas continua presente na região e acometem a população local constituindo, em alguns casos, importantes problemas na área da saúde coletiva a serem investigados¹¹.

Exemplos de estudos de paleobacteriologia já realizados na Amazônia legal apontam para um panorama de tuberculose decorrente, muito provavelmente, do contato europeu, integrando dados paleopatológicos e paleogenéticos para o estudo da Tuberculose no Brasil⁴³. Outra pesquisa indireta realizada nessa área, em população recente da Amazônia venezuelana na detecção de *Helicobacter Pylori*, agente de processos inflamatórios como gastrite, úlcera péptica e câncer gástrico, sugere que, quando os humanos se espalharam para fora do continente africano, já portariam esta bactéria, pois mostram que *H. pylori* estaria entre os ancestrais ameríndios há pelo menos 11 mil anos, uma vez que há similaridade entre o DNA da bactéria encontrada nesta população e o de linhagens asiáticas⁴⁴.

Em outras palavras, segundo Leles e AraújoErro: Origem da referência não encontrada, qualquer microrganismo que pode ser usado como sonda para migrações humanas poderá ser alvo desses estudos propiciando hipóteses interessantes sobre a forma como nossos ancestrais viviam e como se dispersaram pelo planeta, além disso, como já vimos, várias infecções e epidemias que assolaram nossos ancestrais podem ser desvendadas com esse tipo de estudo, bem como tipo de dieta e outras informações até o momento perdidasErro: Origem da referência não encontrada.

Considerações finais

⁴³ GUEDES L, JAEGER LH, LIRYO A, RODRIGUES-CARVALHO C, MENDONÇA DE SOUZA S, IÑIGUEZ AM Tuberculose em nativos americanos pós-contato do Brasil: evidências paleopatológicas e paleogenéticas do Tenetehara-Guajajara. 2018. PLoS ONE 13(9): e0202394. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202394>

⁴⁴ GHOSE C, PEREZ-PEREZ GI, DOMINGUEZ-BELLO MG, PRIDE DT, BRAVI CM, BLASER MJ. East Asian genotypes of *Helicobacter pylori* strains in Amerindians provide evidence for its ancient human carriage. Proc Natl Acad Sci USA 99: 15107-15111, 2002.

Baseado nestas evidências, e discussões, entendemos que a preservação do material ancestral, e sua utilização como fonte de estudo, podem se tornar aliadas se considerarmos a idéia de reconstrução da história de nossos antepassados.

Como já explicamos, a compreensão de parte da instalação de diferentes causas do processo saúde-doença poderá ser desvelada com base nos dados coletados nos estudos sobre bactérias em material antigo. Se o profissional que utiliza essas amostras como manancial de conhecimento se acautelar de destruí-lo ou utilizá-lo de maneira inadequada, este, beneficiará com certeza, diversas disciplinas afins de forma quase inesgotável e o pesquisador poderá fazer ciência preservando a “consciência” de nossos antecessores.

Além disso, é preciso alertar os pesquisadores e moradores da região Amazônica, que têm conhecimento da existência de material arqueológico em algum sítio local, sobre o fato de que, com as técnicas atuais, o menor fragmento ou quantidade de material poderá vir possibilitar estudos nessa área.

Referências das Fontes Citadas

ARAÚJO AJ, REINHARD K, BASTOS OM, CANTARINO L, PIRMEZ C, IÑIGUEZ A, VICENTE AC, MOREL CM, FERREIRA LF. Paleoparasitology: perspectives with new techniques. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*, 40: 371-376, 1998.

ARAÚJO AJG, FERREIRA LF. Paleoparasitology and the Antiquity of Human Host-parasite Relationships. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 95:89-93, 2000.

BIANUCCI R, RAHALISON L, MASSA E.R, PELUSO A, FERROGLIO E, SIGNOLI M. Technical note: a rapid diagnostic test detects plague in ancient human remains: an example of the interaction between archaeological and biological approaches (southeastern France, 16th-18th centuries). *Am. J. Phys. Anthropol.* 136:361-367. 2008.

BLONG, J.C., SHILLITO, LM. Coprolite research: archaeological and paleoenvironmental potentials. *Archaeol Anthropol Sci* 13(15), 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01242-8> acesso em: 08/07/2023.

CAPO, E., MONCHAMP, M.-E., COOLEN, M.J.L., DOMAIZON, I., ARMBRECHT, L., BERTILSSON, S. (2022), Environmental paleomicrobiology: using DNA preserved in aquatic sediments to its full potential. *Environ Microbiol*, 24: 2201-2209. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15913>

CALLEN EO, CAMERON TWM. A prehistoric diet as revealed in coprolites. *New Sci*, 8:35-40, 1960.

COIMBRA Jr.CE, SANTOS RV. Ética e pesquisa biomédica em sociedades indígenas no Brasil. *Cad. Saúde Públ. Rio de Janeiro*, 12(3): 417-422, jul-set, 1996.

DONOGHUE HD, SPIGELMAN M, GREENBLATT LC, LEV-MAOR G, BRA-GAL GK, MATHESON C. VERNON K, NERLICH AG, ZINK AR. Tuberculosis: from prehistory to Robert Koch, as revealed by ancient DNA. *Lancet*, 4: 584-592, 2004.

DRANCOURT M, RAOULT D. Palaeomicrobiology: Current issues and perspectives. *Nat Rev Microbiol* 3(1)23-35, 2005.

DUARTE NA, FERREIRA LF, ARAÚJO AJG Paleoepidemiologia e Paleoparasitologia. In: MEDRONHO, RA. *Epidemiologia*, São Paulo: Atheneu; 2002., p. 457-463.

DUMLER, JS. Fatal Rocky Mountain spotted fever in Maryland--1901. *JAMA* 265(6):718. 1991.

FERREIRA LF, ARAÚJO AJG, CONFALONIERI U. Paleoparasitologia no Brasil. PEC/ENSP, Rio de Janeiro, 1988.

FORNACIARI, G., M . CASTAGNA, A .TOGNETTI, D. TORNABONI, BRUNO J. Syphilis in a Renaissance Italian mummy. *Lancet*, 334:614.1989.

GHOSE C, PEREZ-PEREZ GI, DOMINGUEZ-BELLO MG, PRIDE DT, BRAVI CM, BLASER MJ. East Asian genotypes of *Helicobacter pylori* strains in Amerindians provide evidence for its ancient human carriage. *Proc Natl Acad Sci USA* 99: 15107-15111, 2002.

GONÇALVES MLC. Helminths, protozoários e algumas idéias: novas perspectivas na paleoparasitologia. Tese de doutorado. Rio de Janeiro, Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz. 89p. 2002.

GUEDES L, JAEGER LH, LIRYO A, RODRIGUES-CARVALHO C, MENDONÇA DE SOUZA S, IÑIGUEZ AM Tuberculose em nativos americanos pós-contato do Brasil: evidências paleopatológicas e paleogenéticas do Tenetehara-Guajajara. 2018. PLoS ONE 13(9): e0202394. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.020>

NOGUEIRA, JMR. Paleoparasitologia: Estudos Associados À Recuperação De Organismos Bacterianos De Esporos Viáveis Presentes Em Coprólitos Sul-Americanos [TESE] disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4578> acesso em 03/7/2023.

NOGUEIRA, J. M. R; HOFER, E. Bacteria and Paleoparasitology. In: Ferreira, LF; Reinhard, KJ; Araújo, A. (Org.). Foundations of Paleoparasitology, p. 189-200. 2014.

NOGUEIRA, JMR, ARAÚJO AJ, FERREIRA LF, HOFER E. Paleobacteriologia: Novas possibilidades em estudos paleoparasitológicos. Anais da IX Jornada Científica de pós graduação da Fundação Oswaldo Cruz. Nov 7-10; Rio de Janeiro. 2005.

OSÓRIO C. 2017. Nota histórica: Sobre el origen del término bacteria: una paradoja semântica. Rev Chilena Infectol; 34 (3): 265-269. 2017.

PÄÄBO S. Amplifying DNA from archaeological remains: a meeting report. PCR Methods Appl 1: 107-110, 1991.

PALHANO-SILVA CS, NOGUEIRA JMR. Novas Possibilidades em estudos paleoparasitológicos. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 38(supl I):253, 2005.

PUSCH CM, RAHALISON L, BLIN N, NICHOLSON GJ, CZARNETZKI A. Yersinia F1 antigen and the cause of Black Death. Lancet Infect Dis. Aug;4(8):484-5. 2004.

REYMAN TA, DOWD AM. Processing of mummified tissue for histological examination. In: COCKBURN A, and E, eds. Mummies, disease and ancient cultures. Cambridge: Cambridge University Press. 1980.

REZENDE JK. 2004 Linguagem médica. AB Editora, 3a. Ed. <http://usuários.cultura.com.br/jmrezende/parasito.htm> (acessado em 04/out/2005).

RIBAS TURON C, KÜSTNER CE, GARRIGA AMJ, RIBAS HÁ. Paleomicrobiología: Revisión Bibliográfica. Actas del XI Congreso Nacional de Paleopatología. p. 635-650. 2013.

ROLLO F, UBALDI M, ERMINI L, MAROTA I. Ötzi's last meals: DNA analysis of the intestinal content of the neolithic glacier mummy from the Alps. *Proc Natl Acad Sci USA* 99(20):12594-12599, 2002.

RUFFER MA. *Studies in paleopathology of Egypt*. R Moodie, Ed.-University of Chicago Press, Nova York-Chicago. 1921.

SALEEM S, BIANUCCI R, GALASSI FM, NERLICH AG. Ancient Diseases and Medical Care: Paleopathological insights. *Frontiers in Medicine*, v. 10, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2023.1140974>.

SALO WL, AUFDERHEIDE AC, BUIKSTRA J, HOLCOMB TA. Identification of *Mycobacterium tuberculosis* DNA in a pre-Columbian Peruvian mummy. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 91, 2091–2094, 1994.

SCHRAMM FR. A terceira margem da saúde: A ética “natural”. *Manguinhos*, 1:54-68. 1995.

TRAN TN, ABOUDHARAM G, RAOULT D, DRANCOURT M. Beyond ancient microbial DNA: nonnucleotidic biomolecules for paleomicrobiology. *Biotechniques*. 50(6):370-80. 2011.

Sequência de referências ordenadas em ordem alfabética (continuação):

VASSALLO A, MODI A, QUAGLIARIELLO A, BACCI G, FADDETTA T, GALLO M, PROVENZANO A, LA BARBERA A, LOMBARDO G, MAGGINI V, FIRENZUOLI F, ZACCARONI M, GALLO G, CARAMELLI D, ALEO NERO C, BALDI F, FANI R, PALUMBO PICCIONELLO A, PUCCIARELLI S, PUGLIA AM, SINEO L. Novel Sources of Biodiversity and Biomolecules from Bacteria Isolated from a High Altitude Archaeological Site in The Andes. *Microorganisms*, v. 8, n. 6, p. 851, 2020.

VEJDOVSKY, F. Ueber die feinere Structur der Bacterien. *Zbl. Bakt. I. Abt. Orig.* 36, 401–408, 1904.

VIEIRA, M. *Manual de Metodologia da Pesquisa em Ciências Sociais*. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

VIEIRA, M. F. Bactérias na História das Doenças Infecciosas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 27, 2013, Natal. Anais... Natal: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2013.

VIEIRA, M. F.; FERREIRA, L. F.; HOFER, E.; CONFALONIERI, U. E. C. Paleoparasitologia: aplicações e potencialidades na pesquisa médica. Revista Brasileira de Epidemiologia, 6(1), p. 44-58, 2003.

VIEIRA, M. F.; FERREIRA, L. F.; HOFER, E.; RIBEIRO, G. M. O. A. Paleoparasitologia e Paleomicrobiologia: potencialidades na pesquisa arqueológica. Revista Arqueologia, 16(1), p. 83-99, 2009.

WELLER, C. & BEGUN, D. (Eds.) (1991). The Evolution and History of Human Populations in South Asia. Springer Netherlands.

WOOD, B. & COLLARD, M. (1999). The Human Genus. Science, Vol. 284, Issue 5411, pp. 65-71.

YOUNES-IBRAHIM M, BURTH P, FRIEDE J, ROSA-OLIVEIRA L, OSÓRIO M, MERCADANTE LA, LOPES GC, TERSARIOL IL, PINHEIRO AA, ARAUJO MS. Experimental strategies in the study of the metabolism and function of angiotensin I converting enzyme. In: Mares-Guia, M.; Garcia, C. (Ed.). Frontiers in Biomembranes. Brazilian Society of Biochemistry and Molecular Biology. 1995.

ZELMANOVITZ, T. Ensinando com a resolução de problemas: uma alternativa de mudança. In: BICUDO, M. A. V. (Org.). Pesquisa em educação matemática: concepções & perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

ZIMMER C. A Short History of Nearly Everything Living. Science 301: 1484, 2003.

ZUMOFF, CH. Avicenna's Tract on cardiac drugs and essays on Arab cardiotherapy. In: Proceedings of the symposium on the history of Arabic science. Institute for the History of Arabic Science, Aleppo (Syria). 1978.

ZUMOFF, CH. The heart and the vascular system in ancient Greek medicine, from Alcmaeon to Galen. Oxford University Press. 1975.

ZUMOFF, CH. The pulsology and cardiotherapy of Avicenna (980-1037): a translation of parts of the Canon of Medicine (kitāb al-qānūn fī al-ṭibb). *History of Science*, 18: 27–50, 1980.