ISBN: 978-65-986235-6-2

Aurum EDITORA

CAPÍTULO 7

TREINAMENTO E TRANSFERÊNCIA DE TÉCNICAS ARQUEOMÉTRICAS PARA O ESTUDO DA DIAGÊNESE ÓSSEA: EXPERIÊNCIA ENTRE UFPE E UFC

TRAINING AND TRANSFER OF ARCHAEOMETRIC TECHNIQUES FOR THE STUDY OF BONE DIAGENESIS: EXPERIENCE BETWEEN UFPE AND UFC

https://doi.org/10.63330/aurumpub.006-007

Islay Lima Magalhães
Licenciada e mestra em Química. Técnica do Laboratório de Química Medicinal (LQM), Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos. Pesquisadora colaboradora do LABBAT-NPDM/UFC.

Henry S. Lavalle Sullasi
Coordenador do Laboratório de Arqueometria (LEARQ), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Sebastião Lacerda de Lima Filho
Coordenador da Reserva Técnica Arqueológica do NPDM e Pesquisador do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT), NPDM – UFC.

Kimberly Eduarda Pimentel Nestor
Bacharelanda em Arqueologia pela UFPE. Bolsista voluntária do Laboratório de Arqueomoetria (LEARQ), UFPE.

Marcos Tadeu Ellery Frota
Pesquisador do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT), NPDM – UFC.

Pedro Henrique Santos Gaspar Melo
Pesquisador do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT), NPDM – UFC.

Allysson Allan de Farias
Coordenador do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT), NPDM – UFC.

Manoel Odorico de Moraes Filho
Coordenador do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM). Pesquisador fundador do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT), NPDM – UFC.

RESUMO
Este trabalho apresenta uma experiência de treinamento técnico e transferência de conhecimento entre o Laboratório de Estudos Arqueométricos (LEARQ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e o Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM) da Universidade Federal do Ceará (UFC), com foco no estudo da diagênese óssea em contextos bioarqueológicos. Aborda os processos diagenéticos que afetam a preservação de restos ósseos, ressaltando a importância da aplicação integrada de técnicas como espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), difração de raios X (DRX), escaneamento 3D e análise de pH de solos arqueológicos. Além disso, discute a adaptação dessas metodologias para outras áreas, como a farmacologia, e destaca perspectivas futuras, incluindo o uso de microtomografia computadorizada (Micro-CT) para reconstrução tridimensional de amostras biológicas. A cooperação interinstitucional demonstrada neste projeto abre caminhos para o avanço da arqueometria e suas aplicações multidisciplinares na região Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Diagênese; Bioarqueologia Translacional; Projetos de cooperação científica; Oportunidades de investigação.

ABSTRACT
This work presents a technical training and knowledge transfer experience between the Laboratory of Archaeometric Studies (LEARQ) at the Federal University of Pernambuco (UFPE) and the Research and Development Center for Pharmaceuticals (NPDM) at the Federal University of Ceará (UFC), focusing on the study of bone diagenesis in bioarchaeological contexts. It addresses diagenetic processes affecting bone preservation, emphasizing the integrated application of techniques such as Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), 3D scanning, and pH analysis of archaeological soils. Furthermore, it discusses the adaptation of these methodologies to other fields like pharmacology and highlights future perspectives, including the use of micro-computed tomography (Micro-CT) for three-dimensional reconstruction of biological samples. This interinstitutional cooperation opens new pathways for advancing archaeometry and its multidisciplinary applications in Brazil's Northeast region.

Keywords: Diagenesis; Translational bioarchaeology; Scientific cooperation projects; Research opportunities.

1 INTRODUÇÃO

No campo da bioarqueologia e formação do registro arqueológico, o conceito de diagênese refere-se às transformações físico-químicas e biológicas que ocorrem em restos orgânicos, como ossos, dentes e tecidos, após serem enterrados no solo (Bell; Boyde; Jones, 1991; Bocherens *et al.*, 1997). Essas mudanças impactam a maneira como esses materiais são preservados, degradados ou fossilizados (Trueman *et al.*, 2004). Os processos diagenéticos podem alterar a composição original, afetando aspectos como a estrutura cristalina, o conteúdo mineral e a integridade de biomarcadores, como colágeno e DNA (Götherström *et al.*, 2002; Grupe, 1995). Essas alterações têm um efeito importante na interpretação de resultados relacionados à dieta, saúde, mobilidade e práticas culturais de populações humanas antigas (Nielsen-Marsh; Hedges, 2000; Santos; Farias, 2009). Por isso, entender os processos e fatores relacionados a diagênese possibilita distinguir entre elementos e modificações que acontecem após a deposição, e as características biológicas originalmente presentes, o que ajuda a prevenir interpretações equivocadas nas pesquisas bioarqueológicas.

A literatura sobre o tema tem demonstrado que a relação entre diagênese e interpretação bioarqueológica é complexa (Lee-Thorp; Sealy, 2008), pois os ossos podem ser afetados por uma série de fatores ambientais, como o pH do solo, umidade, temperatura, e também por atividades diversas de microorganismos, tanto durante, quanto após a deposição do material no contexto arqueológico, por exemplo, de remanescentes humanos em enterramentos (Carvalho; Vergne, 2001; Denys, 2002; Hedges, 2002).

Embora esses processos ambientais e microbiológicos sejam, em sua grande maioria, inerentes ao próprio ambiente e aos processos naturais (Grupe, 1995). Eles têm sido comuns também em diferentes contextos e nichos ecológicos de deposição, e podem, desta forma, promover a degradação do colágeno e da hidroxiapatita, que são moléculas relevantes para orientar a condução de análises isotópicas e de DNA antigo seja em ambientes temperados ou de semi-árido (Farias, 2013; Götherström *et al.*, 2002). Entender o processo diagenético, portanto, torna-se o primeiro passo para selecionar amostras apropriadas, prevenindo resultados imprecisos em estudos sobre dietas antigas ou paleopatologias, além de prevenir o desperdício de uso de recursos de pesquisa para escolha de amostras inviáveis para análises secundárias (Farias, 2013; Götherström *et al.*, 2002; Trueman *et al.*, 2004).

Um estudo pioneiro no Brasil em relação ao tema apresentou resultados diferentes sobre os diferentes processos de diagênese óssea nos cemitérios indígenas dos sertões da Paraíba, especialmente nos sítios: Pinturas I, na cidade São João do Tigre; sítio Furna dos Ossos, em São João do Cariri; e sítio Tanque do Capim, no Seridó (Santos; Farias, 2009). Todos esses locais de sepultamentos e rituais pós-morte encontram-se em ambiente semiárido, e os autores destacaram a importância da análise tafonômica utilizando a escala macroscópica de Behrensmeyer para compreender os processos pós-deposicionais que

afetam os restos esqueléticos humanos em ambiente semiárido (Behrensmeyer, 1978). As análises realizadas a partir dos conjuntos bioarqueológicos enfatizou a necessidade de abordagens interdisciplinares, integrando arqueologia, biologia, química e física, para reconstruir aspectos culturais e ambientais dos grupos indígenas que habitavam os sertões do Paraíba. Além disso, o estudo demonstrou, ainda, a relevância da educação patrimonial para conscientizar as comunidades locais sobre a preservação dos sítios arqueológicos, combatendo práticas clandestinas que comprometem o patrimônio histórico-arqueológico (Santos; Farias, 2009).

Um dos grandes desafios atuais da arqueologia tem sido transpor barreiras institucionais para colaboração técnico-científica e aprofundar as análises da escala macroscópica para a microscópica/nanoscópica. A compreensão metodológica dos estudos sobre a diagênese óssea precisa de uma transferência de conhecimento técnico, e, atualmente, a região Nordeste pode contar com colaborações entre diferentes centros de pesquisas. Um dos exemplos é a UFPE, que combina estrutura técnico-operacional para aplicação de protocolos de análise de remanescentes ósseos e tem vasta experiência em estudos sobre a diagênese óssea ao longo das duas últimas décadas (Dos SANTOS, 2016; dos Santos; Sullasi, 2016; Dos Santos; Sullasi; Da Silva, 2020; Farias, 2013; Mutzenberg *et al.*, 2015; Sullasi *et al.*, 2017; Sullasi; Santos; da Silva, 2018).

A UFPE é uma instituição de ensino superior, referência em ciência e tecnologia na região Nordeste. A instituição abriu as portas para transferirmos conhecimento sobre técnicas analíticas que são rotineiras na UFPE para aplicá-las no Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM), especialmente nos laboratórios de Bioarqueologia Translacional (LABBAT) e Laboratório de Química Medicinal (LQM) da UFC por um estágio semanal no Laboratório de Arqueometria (LEARQ) da UFPE. Dentre outros interesses, a ideia foi verificar os equipamentos disponíveis e aplicados em protocolos de diagênese no LEARQ/UFPE e, ao mesmo tempo, verificar a existência dos mesmos no NPDM/UFC, ou em outros Centros Multiusuários e Departamentos parceiros, como nos cursos de Física e Química presentes no campus do Pici da UFC.

As atividades de treinamento técnico no LEARQ/UFPE ocorreram entre os dias 23 a 27 de setembro de 2024 sob a orientação de técnicos de laboratórios, estudantes de Iniciação Científica e Pós-graduação sob orientação do Prof. Dr. Henry Sócrates Lavalle Sullasi, líder do LEARQ e especialista em datação e técnicas moleculares aplicadas à arqueologia.

2 TREINAMENTO EM TÉCNICAS MOLECULARES PARA O ESTUDO DA DIAGÊNESE ÓSSEA

O treinamento na aplicação de metodologias experimentais no campo de diagênese óssea seguiu diferentes protocolos que partiram da seleção, documentação e preparo de amostras de remanescentes

ósseos; para o uso de espectroscopia de transformada de Fourier por infravermelho (FTIR) e difração de raio-x (DRX) para verificação de moléculas na estrutura óssea; escaneamento 3D para registro o aspecto externo de dentes e ossos; e medição de pH de solo extraído de contexto arqueológico.

O processo se inicia com a seleção das amostras com base em diferentes estados de conservação por escala macroscópica (Behrensmeyer, 1978), que permite entender por comparação qual a melhor amostra para seguir em análises secundárias. Após a escolha das amostras, um processo detalhado de documentação é realizado onde inclui as fotografias macro e microscópica. As amostras escolhidas segue então para a elaboração de modelos 3D utilizando o escaneamento, proporcionando uma visualização tridimensional das amostras (Fig. 1), permitindo uma análise detalhada da morfologia óssea e dentária sem a necessidade de manipulação física, o que ajuda a preservar a integridade dos fragmentos (Haleem *et al.*, 2022).

Figura 1: Scanner 3D. Laboratório de Arqueometria / Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFPE.

Fonte: Kimberly Nestor, 2024.

O segundo passo refere-se ao preparo de amostras. Os remanescentes ósseos são macerados utilizando almofariz com pistilo, e em seguida o pó e os fragmentos obtidos são peneirados usando uma peneira com granulometria adequada, e o material obtido no final é armazenado, identificado e embalado contra a luz solar / artificial (Fig. 2, 3, 4).

Figuras 2, 3 e 4: Preparo de amostras ósseas para posterior análise espectroscópica. LEARQ / UFPE.

Fonte: Edward, 2024.

As técnicas de FTIR e a DRX são empregadas para avaliar a composição química e mineral dos ossos (Beasley *et al.*, 2014; Carvalho, 2019). O FTIR possibilita a identificação dos componentes orgânicos e inorgânicos dos ossos por meio de parâmetros diagenéticos, como o Índice de Cristalinidade (IC), que indica o grau de degradação do colágeno; o Índice IR/SF, que reflete a organização da estrutura cristalina; e a relação Carbonato/Fosfato (C/P), que caracteriza as variações no componente inorgânico (Farias, 2013). A técnica permite identificar grupos funcionais nas amostras e no contexto farmacológico e pode ser utilizada para estudar as interações entre fármacos e suas formulações, ajudando a compreender a biocompatibilidade e a degradação de compostos, algo que pode ser comparado à análise óssea (Mendonça, 2024).

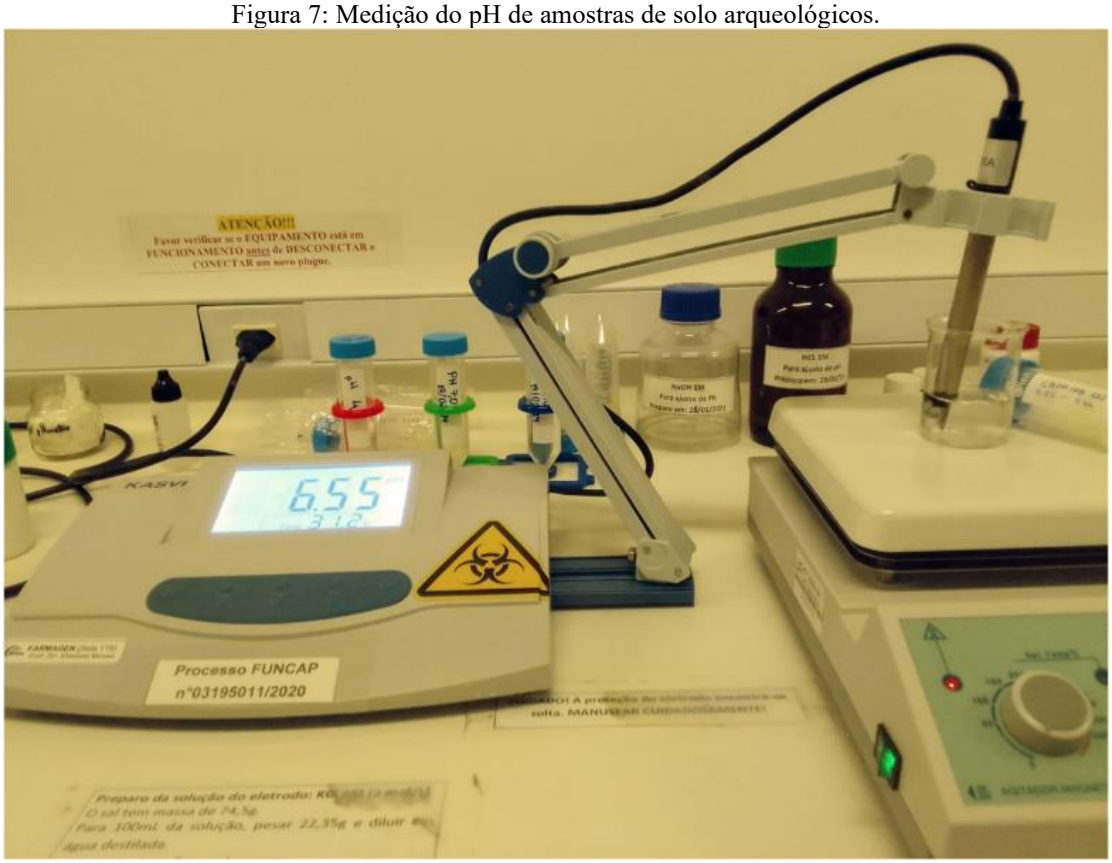
O DRX é uma técnica molecular aplicada em análises qualitativas e quantitativas da estrutura cristalina diversos tipos de materiais, pode também ser empregada para estimar o Índice de Cristalinidade (IC), permitindo determinar a presença de minerais como a hidroxiapatita, fornecendo informações sobre o grau de recristalização e a alteração mineral dos ossos ao longo do tempo (Reiche; Vignaud; Menu, 2002; Stathopoulou *et al.*, 2008) (Fig. 4, 5).

Figura 5 e 6: Equipamentos para realização das técnicas de FTIR E DRX. Departamento de Engenharia de Minas.

Fonte: Kimberly Nestor, 2024.

Após a caracterização óssea, o treinamento abordou a análise de solo do contexto arqueológico associado. A medição do pH foi a técnica escolhida para distinguir diferentes níveis de ocupação. A análise do potencial hidrogeniônico (pH) permite diferenciar pacotes sedimentares de diferentes camadas estratigráficas (Fig. 7 e 8) (Baxter, 2004; Oghenemavwe; Orupabo; Horsfall, 2022; Seccatto *et al.*, 2022; Sullasi; Santos; da Silva, 2018).

Figura 7: Medição do pH de amostras de solo arqueológicos.



Laboratório de Farmacogenética / NPDM. Fonte: Islay Magalhães, 2024.

Figura 8: Tiras de pH. Medição do pH de amostras de solo arqueológicos.

Laboratório de Química Medicinal / NPDM. Fonte: Islay Magalhães, 2024.

3 TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO SOBRE TÉCNICAS DE ARQUEOMETRIA PARA OUTRAS ÁREAS

O treinamento realizado no LEARQ possibilitou transferir o conhecimento sobre os protocolos de análise de diagênese óssea para o contexto do NPDM e Departamentos de Física e Química da UFC. Embora o estudo da diagênese óssea tenha se concentrado principalmente em remanescentes ósseos, as técnicas de FTIR e DRX podem ser aplicadas ao estudo farmacológico, especialmente em pesquisas de estabilidade e degradação de medicamentos. O FTIR pode ajudar a entender como os fármacos interagem com materiais de embalagem ou veículos farmacológicos, enquanto a DRX é útil para compreender a estrutura cristalina dos compostos ativos e suas mudanças durante a formulação. Essas análises são frequentemente empregadas no desenvolvimento de medicamentos mais eficazes e seguros, além de auxiliar na compreensão das propriedades dos fármacos durante o armazenamento e administração.

Visando perspectivas futuras de inovação no protocolo de estudos da diagênese óssea, o NPDM conta com um *MICRO-CT SCAN* para reconstrução e reconstituição de material bioarqueológico. É um tipo de scanner que utiliza tomografia computadorizada (CT) de alta resolução para obter imagens detalhadas em 3D de amostras biológicas ou pré-clínicas, permitindo uma análise não invasiva e tridimensional das amostras (Fig. 9, 10, 11). O processo de reconstrução digital envolve a obtenção de múltiplas imagens em fatias finas, que são processadas para formar uma reconstrução tridimensional. Esse tipo de scanner é capaz de capturar dados que podem ser usados para reconstruir a anatomia interna de amostras biológicas, como tecidos, órgãos ou outros modelos biológicos, com alta resolução espacial e sensibilidade (LACERDA et al., 2024).

Figura 9, 10, 11: Procedimentos iniciais de utilização do de *MICRO-CT SCAN* para investigação de amostras osteológicas e paleontológicas no NPDM/UFC.

Fonte: Lima Filho, 2024).

4 PERSPECTIVAS FUTURAS

Projetos de cooperação interinstitucional e de mobilidade entre centros de pesquisa parceiros podem fornecer suporte para estudos de diferentes áreas do conhecimento, como é o caso de pesquisas no âmbito de diagênese óssea e da arqueometria. A visita técnica ao LEARQ e o treinamento realizado com professores, pesquisadores e estudantes da UFPE, permitiu transferir conhecimento técnico do LEARQ/UFPE para o NPDM/UFC. As aplicações que, de início, seriam voltadas para arqueometria, podem ser empregadas na área de farmacologia. O conhecimento teórico e metodológico adquirido no LEARQ trouxe novas perspectivas de aplicações técnicas para o LABBAT, para o LQM, e para os diversos laboratórios de pesquisa do NPDM/UFC.

O uso de novas técnicas moleculares dentro da arqueologia são aplicadas em uma nova área chamada Microarqueologia (Weiner, 2012). Esta área em franca expansão permite a análise de microfragmentos e vestígios não visíveis a olho nu. Precisaremos de mais cooperações institucionais para estudar outros materiais de interesse arqueológico como fitólitos, pólens, pigmentos, coprólitos, fogueiras, desvendando, de forma detalhada, a origem e o contexto desses achados arqueológicos.

REFERÊNCIAS

BAXTER, Kyle. EXTRINSIC FACTORS THAT EFFECT THE PRESERVATION OF BONE. [*s. l.*], Nebraska Anthropologist, 2004. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/nebanthro/62/. Acesso em: 24 maio 2025.

BEASLEY, Melanie M *et al.* Comparison of transmission FTIR, ATR, and DRIFT spectra: implications for assessment of bone bioapatite diagenesis. Journal of archaeological science, [*s. l.*], v. 46, p. 16–22, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.008.

BEHRENSMEYER, Anna K. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. Paleobiology, [*s. l.*], v. 4, n. 2, p. 150–162, 1978. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&citation_for_view=YaZ0SAEAAAAJ:u5HHmVD_uO8C.

BELL, LS; BOYDE, A; JONES, SJ. Diagenetic alteration to teeth in situ illustrated by backscattered electron imaging: Diagenetic alteration to teeth by BSE. Scanning, [*s. l.*], v. 13, n. 2, p. 173–183, 1991. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1002/sca.4950130204.

BOCHERENS, H *et al.* Diagenetic evolution of mammal bones in two French Neolithic sites. Bulletin-Societe Geologique de France, [*s. l.*], v. 168, p. 555–564, 1997. Disponível em: https://www.academia.edu/download/33450602/Bocherens97_BSPF_.pdf.

CARVALHO, PR. Pottery and Archaeometry. Bacabal phase: a study about the occupation in the southwest Amazonia. [*s. l.*], 2019. Disponível em: https://inis.iaea.org/records/57whe-hcb32.

CARVALHO, OD; VERGNE, C. Estudo paleodemográfico e tafonômico na população pré-histórica da necrópole de São José II (Delmiro Gouveia, Alagoas, Brasil). Revista Canindé, [*s. l.*], v. 1, n. 1, p. 101–116, 2001.

DENYS, C. Taphonomy and experimentation. Archaeometry, [*s. l.*], v. 44, n. 3, p. 469–484, 2002. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/1475-4754.00079.

DOS SANTOS, André Luiz Campelo. Estudo da diagênese óssea e experimento de datação direta dos sepultamentos do Sítio Arqueológico Pedra do Alexandre–RN. [*s. l.*], 2016. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&citation_for_view=rhw0GVwAAAAJ:UeHWp8X0CEIC.

DOS SANTOS, André Luiz Campelo; SULLASI, Henry Socrates Lavalle. Implicações microscópicas da Tafonomia ao emprego de métodos e técnicas forenses em Arqueologia. Fumdhamentos, [*s. l.*], v. 13, p. 108–130, 2016. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&citation_for_view=rhw0GVwAAAAJ:9yKSN-GCB0IC.

DOS SANTOS, André Luiz Campelo; SULLASI, Henry Socrates Lavalle; DA SILVA, Sergio Francisco Serafim Monteiro. Estudo da diagênese óssea e experimento de datação direta dos sepultamentos do sítio arqueológico Pedra do Alexandre–RN: bone diagenesis study and direct dating experiment of …. Clio Arqueológica, [*s. l.*], v. 35, n. 1, p. 143–189, 2020. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&citation_for_view=7J2KeVkAAAAJ:YFjsv_pBGBYC.

FARIAS, Allysson Allan de. Diagênese óssea em ambiente semiárido brasileiro: modelagem e experimentações com sedimentos do sítio Pedra do Alexandre. [*s. l.*], 2013. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPE_83cc9cf8b25b1fa02e329ebc78970191.

GÖTHERSTRÖM, A *et al.* Bone preservation and DNA amplification. Archaeometry, [*s. l.*], v. 44, n. 3, p. 395–404, 2002. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/1475-4754.00072.

GRUPE, Gisela. Preservation of collagen in bone from dry, sandy soil. Journal of archaeological science, [*s. l.*], v. 22, n. 2, p. 193–199, 1995. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1006/jasc.1995.0021.

HALEEM, Abid *et al.* Exploring the potential of 3D scanning in Industry 4.0: An overview. International Journal of Cognitive Computing in Engineering, [*s. l.*], v. 3, p. 161–171, 2022. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcce.2022.08.003.

HEDGES, REM. Bone diagenesis: an overview of processes. Archaeometry, [*s. l.*], v. 44, n. 3, p. 319–328, 2002. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/1475-4754.00064.

LIMA FILHO, S. L.; ALVES, A. P. N. N. ; MORAES FILHO, M. O. ; FROTA, M. T. E. ; FARIAS, A. A. Considerações sobre a viabilidade do uso do MILABS U-CT in vivo diagnostic preclinical x-ray scanner (microtomografia computadorizada) no âmbito da pesquisa bioarqueológica, paleontológica, pesquisa pré-clínica e clínica e no campo das ciências forenses. Revista *Tarairiú. Revista Eletrônica do Laboratório de Arqueologia e Paleontologia da UEPB*, v. 1, n.25, p. https://revista, 2024.

LEE-THORP, Julia; SEALY, Judith. Beyond documenting diagenesis: The fifth international bone diagenesis workshop. Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, [*s. l.*], v. 266, n. 3-4, p. 129–133, 2008. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.03.025.

MENDONÇA, Ápfde. [CITAÇÃO] QUALIFICAÇÃO DE FORNECEDORES DE INSUMOS FARMACÊUTICOS: Aplicação de Técnicas de Análise Térmica e Espectroscopia de Infravermelho …. [*s. l.*], 2024.

MUTZENBERG, Daniela Cisneiros Silva *et al.* Fundamentos da diagenesse óssea e suas formas de avaliação usando as técnicas espectroscopicas de FTIR-ATR e DRX. CLIO–Arqueológica, [*s. l.*], v. 30, n. 2, p. 156–188, 2015. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&citation_for_view=rhw0GVwAAAAJ:u5HHmVD_uO8C.

NIELSEN-MARSH, Christina M; HEDGES, Robert EM. Patterns of diagenesis in bone I: The effects of site environments. Journal of archaeological science, [*s. l.*], v. 27, n. 12, p. 1139–1150, 2000. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1006/jasc.1999.0537.

OGHENEMAVWE, Loveday Ese; ORUPABO, Clinton David; HORSFALL, Teke Jemina. Soil pH effect on bone degradation. Advances in Biomedical and Health Sciences, [*s. l.*], v. 1, n. 3, p. 156–161, 2022. Disponível em: http://dx.doi.org/10.4103/abhs.abhs_10_22.

REICHE, I; VIGNAUD, C; MENU, M. The crystallinity of ancient bone and dentine: new insights by transmission electron microscopy. Archaeometry, [*s. l.*], v. 44, n. 3, p. 447–459, 2002. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/1475-4754.00077.

SANTOS, JS; FARIAS, AA. Diagênese óssea nos cemitérios indígenas dos Sertões da Paraíba. CLIO-Arqueológica, [*s. l.*], v. 24, n. 2, p. 111–125, 2009. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&citation_for_view=g6XFkd4AAAAJ:dfsIfKJdRG4C.

SECCATTO, Cássia Patrícia *et al.* Caracterização do pH do solo no sítio arqueológico Templo dos Pilares (MS): algumas análises. ACENO - Revista de Antropologia do Centro-Oeste, [*s. l.*], v. 9, n. 20, p. 109–120, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.48074/aceno.v9i20.13074.

STATHOPOULOU, Elizabeth T *et al.* Bone diagenesis: New data from infrared spectroscopy and X-ray diffraction. Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, [*s. l.*], v. 266, n. 3-4, p. 168–174, 2008. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.03.022.

SULLASI, Henry Socrates Lavalle *et al.* A note on diagenetic parameters for bone remains from Pedra do Alexandre site without sample destruction. Fumdhamentos, [*s. l.*], v. 19, p. 74–85, 2017. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&citation_for_view=g6XFkd4AAAAJ:RGFaLdJalmkC.

SULLASI, Henry Socrates Lavalle; SANTOS, André Luiz Campelo; DA SILVA, Sérgio Francisco Serafim Monteiro. Bone diagenesis study of the burials from the Pedra do Alexandre archaeological site, Carnaúba dos Dantas, RN. Cadernos do LEPAARQ (UFPEL), [*s. l.*], v. 15, n. 30, p. 162–178, 2018. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&citation_for_view=rhw0GVwAAAAJ:2osOgNQ5qMEC.

TRUEMAN, Clive NG *et al.* Mineralogical and compositional changes in bones exposed on soil surfaces in Amboseli National Park, Kenya: diagenetic mechanisms and the role of sediment pore fluids. Journal of archaeological science, [*s. l.*], v. 31, n. 6, p. 721–739, 2004. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2003.11.003.

WEINER, Stephen. Microarchaeology. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511811210.