

DOCUMENTAÇÃO E CONSERVAÇÃO CURATIVA DE ARTEFATOS METÁLICOS: ESTUDO DE CASO DA RESERVA TÉCNICA ARQUEOLÓGICA DO LACOR

Henry Sócrates Lavalle Sullasi

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE / Laboratório de Estudos Arqueométricos – LEARQ/UFPE
Doutor em Física pelo Instituto de Física da USP.
Telefone: (81) 98630-3666 / E-mail: henry.lavalle@ufpe.br

Ravena Barbosa Machado de Souza

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE / Laboratório de Estudos Arqueométricos – LEARQ/UFPE
Mestrado em Arqueologia pela UFPE.
Telefone: (87) 99905-6539 / E-mail: ravena.souza@ufpe.br

Ariel Venegas Carneiro

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE / Laboratório de Arqueologia para Conservação e Restauração – LACOR/UFPE
Bacharelado em Turismo - UFPE.
Telefone: (81) 99987-4937 / E-mail: ariel.carneiro@ufpe.br

Adriano Márcio dos Santos

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE / Laboratório de Estudos Arqueométricos – LEARQ/UFPE
Universidade do Estado do Amazonas – UEA.
Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela UFPE
Telefone: (92) 99201-3922 / E-mail: adriano.msantos@ufpe.br

Ana Catarina Peregrino Torres Ramos

Universidade Federal de Pernambuco
Doutora em Arqueologia da UFPE
Laboratório de Arqueologia para Conservação e Restauração – LACOR/UFPE
Telefone: (81) 98824-3968 / E-mail: adriano.msantos@ufpe.br

Aliane Pereira de Oliveira

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) / Laboratório de Arqueologia para Conservação e Restauração – LACOR/UFPE
Mestre em Antropologia pela UFPE
Telefone: (81) 996491668 / E-mail: aliane.oliveira@ufpe.br

Renata Libonati de Azevedo

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) / Laboratório de Estudos Arqueométricos - LEARQ/UFPE.
Doutora em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela UFPE.
Telefone: (81) 996061800 / E-mail: renata.libonati@ufpe.br

(Recebido em: 29/05/2023 * Revisado em: 07/06/2023)

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi documentar e aplicar tratamentos curativos em artefatos metálicos de ligas ferrosas presentes na reserva técnica do Laboratório de Arqueologia para Conservação e Restauração (LACOR), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com o intuito de criar protocolos de conservação curativa em busca de procedimentos mais adequados para a manutenção e/ou estabilização da integridade física das amostras de natureza ferrosa. Ao todo foram analisadas três amostras do sítio arqueológico Cruz do Patrão localizado na cidade de Recife, Pernambuco, Brasil. Os procedimentos associados com a documentação foram: registro fotográfico, radiografia digital e criação de modelos tridimensionais dos artefatos, e, no que concerne aos tratamentos de conservação curativa, foram realizados limpeza manual e mecânica, eletrólise, aplicação de camada inibidora de corrosão, com o uso de fosfatizante, e aplicação de camada protetora, com selador. Os produtos obtidos no processo de documentação foram: (1) imagens fotográficas que revelaram o estado atual das superfícies dos artefatos; (2) radiografias digitais aliados ao tratamento de imagem que possibilitaram a visualização

da estrutura interna das peças e; (3) modelos 3D que permitiram uma percepção volumétrica e detalhamento superficial das mesmas. A partir desses registros foi possível definir o estado de conservação dos artefatos, norteando assim os procedimentos de conservação curativa, os quais exibiram resultados satisfatórios em relação à retirada da camada de corrosão e recuperação da integridade das peças. Entretanto, foi observada a necessidade de aprimoramentos relacionados aos protocolos de aplicação da eletrólise para a recuperação da forma.

PALAVRAS-CHAVE: Documentação. Conservação curativa. Eletrólise. Ligas ferrosas. Acervo arqueológico.

DOCUMENTATION AND CURATIVE CONSERVATION OF METALLIC ARTIFACTS: LACOR ARCHAEOLOGICAL RESERVE COLLECTION CASE STUDY

ABSTRACT: *The objective of this work was to document and apply remedial treatments for metallic artifacts of ferrous alloys safeguarded in the storage room under the responsibility of the Laboratório de Arqueologia para Conservação e Restauração (LACOR), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), in order to create protocols for remedial conservation, seeking for more suitable procedures for the maintenance and/or stabilization of the physical integrity of iron samples. In total three samples from Cruz do Patrão archaeological site, located in the city of Recife, Pernambuco, Brazil, were analyzed. The procedures associated with the documentation were: photographic record, digital radiography and creation of three-dimensional models of the artifacts. Concerning to remedial treatments, the procedures were: manual and mechanical cleaning, electrolysis, application of corrosion inhibitor layer with phosphate coating, and protective layer with sealer. The products obtained from the process of documentation were: (1) photographic images that revealed the current state of the artifacts' surfaces; (2) digital radiographs, combined with image treatment, that enabled the visualization of the internal structure of the pieces and; (3) 3D models of the objects that allowed their volumetric perception and surface detailing. This documentation made able to define the conservation level of the artifacts, and gave guidance to curative conservation procedures. The results that were achieved are satisfactory regarding the removal of the corrosion layer and recovering the integrity of the pieces. However, improvements are needed for electrolysis application protocols, aiming to restore the artifacts' shapes.*

KEYWORDS: *Documentation. Remedial conservation. Electrolysis. Ferrous alloys. Archaeological collection.*

*

DOCUMENTAÇÃO E CONSERVAÇÃO CURATIVA DE ARTEFATOS METÁLICOS: ESTUDO DE CASO DA RESERVA TÉCNICA ARQUEOLÓGICA DO LACOR

INTRODUÇÃO

A descoberta dos metais é considerado um marco significativo para a história da humanidade, ao ponto da pré-história ter uma era chamada Idade dos Metais. Devido às características peculiares desses materiais, inúmeras vantagens em relação ao uso da pedra foram apresentadas aos primeiros seres humanos. Os metais podem ser vazados, deformados e endurecidos através de trabalho a frio ou abrandados através do calor, características que foram exploradas pela humanidade desde tempos remotos de tal forma que o uso dos metais e de suas ligas foi se expandindo, sendo utilizado na produção de ferramentas, armas e utensílios diversos para o dia a dia das antigas sociedades (COSTA, 2008).

O real início da chamada Era ou Idade dos Metais e da metalurgia tem sido motivo de controvérsias. Alguns autores, com base na análise traceológica das marcas em ossos realizadas com o uso de materiais metálicos, substancialmente diferentes das feitas com o uso de artefatos líticos, estimaram que os materiais metálicos começaram a ser utilizados em torno de 4500 a 4000 AC (GREENFIELD, 1999; OLSEN, 1988).

A utilização dos metais na história do mundo e no desenvolvimento das sociedades está diretamente associada à capacidade cognitiva do homem de perceber que as características físicas e mecânicas desses materiais eram mais adequadas para a produção de determinados tipos de ferramentas do que outros tipos de matéria-prima. Por essa razão, a produção de ligas metálicas com diferentes características se deu de forma contínua e sistemática, associada ao aperfeiçoamento das técnicas de elaboração (VASCONCELOS, 2014).

Com a descoberta do fogo e seu poder de modificar minerais, como o cobre, dá-se início à metalurgia. Posteriormente, na Mesopotâmia, foi descoberta a liga de bronze, cobre misturado com arsênico ou estanho. Nesse período o processo de fundição era artesanal, a fornalha continha carvão vegetal e minério de ferro o qual podia ser forjado ou derretido e moldado. O aproveitamento desse material “ferro” ocorreu tardiamente, pois o processo técnico necessário para a obtenção do ferro a partir da sua forma natural é mais complexo do que em outros metais (Troncoso, 2013, p. 35). Desde então a utilização dessa matéria-prima começa a se popularizar e aos poucos as técnicas vão se aperfeiçoando para se produzir os mais variados tipos de ligas ferrosas e de diferentes peças (NOLDIN JUNIOR, 2002).

No Brasil, após a chegada dos colonizadores, houve uma crescente importação de diferentes ligas metálicas, empregadas nas mais diversas esferas do cotidiano. Sua utilização pode ser constatada em objetos pessoais, utensílios domésticos, ferramentas, construções, armamentos e nos mais diversos meios de transporte. Grande parte desses objetos, a exemplo dos encontrados em escavações arqueológicas, era de procedência europeia, que exportava grande parte da sua produção para as Américas. No que se refere às peças produzidas no Brasil Colônia, destaca-se o uso predominante de metais ferrosos, trabalhados com técnicas rústicas e em pequenas forjas, de forte influência europeia e africana (CAMPOS; GRANATO, 2015).

O aumento exponencial da quantidade de projetos de arqueologia preventiva ou de contrato tem sido, na atualidade, o principal determinante da ampliação do conhecimento acerca dos sítios arqueológicos distribuídos ao longo de todo o território brasileiro, gerando também recursos financeiros para a manutenção básica dos acervos através dos acordos de endosso institucional. Contudo, por outro lado, também é responsável pelo aumento desordenado dos acervos das instituições de guarda

brasileiras, causando uma massiva incorporação de materiais arqueológicos a esses acervos, que vão se acumulando nas reservas técnicas das instituições de guarda (OLIVEIRA et al., 2020).

Essa ampliação contínua e veloz dos acervos não é acompanhada pelo aumento da infraestrutura das reservas técnicas nem dos membros que compõem equipes especializadas ou mesmo de todos recursos materiais necessários para as atividades de conservação preventiva e curativa. Dessa forma, isso torna-se um obstáculo na implantação de estratégias permanentes para preservação do acervo. Isso se reflete sobretudo nos materiais mais suscetíveis à ação da mudança de temperatura e umidade, o que é o caso dos objetos compostos por ligas ferrosas, por exemplo. Embora passem a ideia de serem resistentes, estes materiais são frágeis, sendo o processo de corrosão, no qual parte destes materiais passam do estado metálico para um estado não-metálico, conhecido como óxido, um dos mais comuns e desafiadores do ponto de vista da conservação, pois provocam uma mudança na morfologia do artefato arqueológico até a sua completa destruição (CAMPOS; GRANATO, 2015).

A preservação destes objetos se configura como um modo de protegê-los dos diversos agentes de risco como degradação, dissociação, vandalismo, roubo, entre outros. No caso dos museus e laboratórios de arqueologia, a preservação se faz necessária e envolve diversos procedimentos, entre eles: a documentação e a conservação, seja ela preventiva ou curativa, através do que chamamos de gestão de acervos (VASCONCELOS; ALCÂNTARA, 2017).

Sabemos que o processo de degradação dos metais é inevitável, no entanto é possível reduzir a velocidade em que este acontece. A desestabilização dos artefatos ocorre a partir do momento da sua descoberta no sítio arqueológico, quando os objetos são retirados do ambiente estável no qual se encontravam e são submetidos a novas condições de temperatura e umidade, radiação luminosa, entre outros fatores que impactam diretamente o seu estado físico. Portanto, se faz necessário que o arqueólogo de campo também assuma a responsabilidade sobre a aplicação de procedimentos de conservação preventiva e curativa desses materiais ainda *in situ* (MUJICA et al; 2017; MUJICA et al 2016; GUIMARÃES, 2016).

A curadoria de coleções arqueológicas, sejam eles de ligas ferrosas ou outro tipo de material, é um termo vindo da Museologia e está associado ao processo que integra profissionais de diversas áreas e procedimentos técnicos e científicos relacionados à aquisição, interpretação, conservação, documentação e divulgação do acervo institucional (DIAS, 2018). A seguir serão descritas as duas etapas associadas aos procedimentos utilizados neste trabalho, que estão sendo integrados também às atividades das nossas reservas técnicas: a documentação e a conservação.

A documentação é o procedimento fundamental no qual são registradas todas as informações dos artefatos arqueológicos de forma detalhada e minuciosa. Atualmente são utilizadas diversas formas de documentação que variam desde o tradicional registro em fichas individuais (manuais ou digitais),

desenhos, registro fotográfico e topográfico, etiquetas, planilhas de inventário, como pelas técnicas mais modernas de captação de imagens: como a digitalização em 3D; a radiografia; tomografia computadorizada. Através da tomografia é possível realizar a reconstrução matemática do volume de um objeto, o que permite a observação interna e externa dos artefatos; já o escaneamento a laser, permite, a partir de uma varredura por laser, que seja gerada uma imagem tridimensional superficial com detalhes dos objetos escaneados, que a depender da resolução do equipamento pode chegar a micrômetros (CAMPOS; GRANATO, 2015). Com o avanço das tecnologias, novas abordagens estão sendo utilizadas nesta etapa.

Um outro procedimento, associado a este trabalho, é a conservação que visa preservar as informações contidas nos objetos arqueológicos como documentos vivos (DODE, 2016). A definição do ICOM – International Council of Museums para conservação é: “todas as ações destinadas a salvaguardar os bens culturais tangíveis assegurando sua acessibilidade para as futuras gerações”.

A conservação é um termo abrangente que engloba ações de natureza preventiva, curativa e de restauração, sendo imperativo para todas estas respeitar o significado e as propriedades físicas do patrimônio cultural (ICOM, 2008). A conservação preventiva consiste nas atividades que devem ser tomadas para aumentar a vida útil do objeto com o intuito de retardar seu envelhecimento. São ações indiretas que não interferem diretamente nos materiais, em suas estruturas e aparência, como por exemplo: o controle das condições ambientais e de armazenamento (SOUZA, 2017; DIAS, 2016; DODE, 2016).

Já quando o artefato arqueológico tem um alto risco de degradação, como é o caso das ligas ferrosas, se faz necessário um trabalho de conservação curativa que compreende todas as ações aplicadas diretamente no objeto, destinadas a deter e/ou retardar os processos danosos e reforçar suas propriedades originais. Estas ações são aplicadas unicamente quando os artefatos estão em processo ativo de deterioração, a um ritmo acelerado, podendo ser perdidos em um curto tempo (ICOM, 2008).

Na conservação curativa estes procedimentos são realizados após um diagnóstico, de modo a orientar a escolha de um método efetivo, mas menos agressivo para o material. É importante frisar que toda ação de conservação curativa, precisa ser documentada, antes, durante e após cada procedimento realizado, incluindo-se nestes registros as medidas dimensionais dos objetos (DIAS, 2018).

Entre as ações que podem ser realizadas temos: a dessalinização, a consolidação, a reconstituição, a desinfestação de vestígios orgânicos, a desacidificação, a desidratação de materiais arqueológicos úmidos, a estabilização de metais corroídos, o preenchimento de lacunas e a reintegração cromática (DIAS, 2018) e, no caso de materiais a base de ferro, a eletrólise.

A degradação do ferro arqueológico ocorre principalmente pela corrosão, que está intimamente ligada às condições ambientais, tais como: oxidação (oxigênio presente no ar), água (infiltrações, chuva),

umidade, altas temperaturas (calor) e a presença de poluentes atmosféricos (dióxido de enxofre, dióxido de carbono) e sais, como os sais de cloreto. Quando o metal é exposto a essas condições, ele tende a se transformar em óxidos, ou seja, tende a retornar ao seu estado original (SELWYN, 2004).

Dentre os métodos eletroquímicos, estão o tratamento galvânico e a eletrólise. Os dois tipos estão baseados no princípio da corrosão eletroquímica, fazendo com que o íon cloreto atue como ânodo e migre para fora do artefato (GARCIA, 1995).

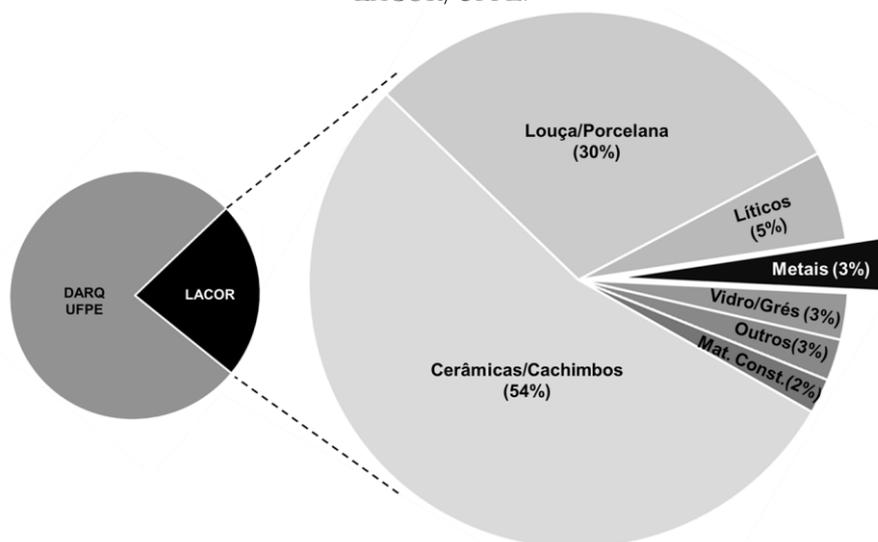
O tratamento galvânico consiste na imersão dos artefatos metálicos envoltos em papel alumínio em uma solução de carbonato de cálcio ou bicarbonato de sódio, que tem como função atuar como meio condutor e reduzir a oxidação do ferro. A limpeza do artefato se dará até que o eletrólito se esgote ou que a atividade do alumínio se estabilize, continuando o processo até que todos os produtos da corrosão tenham sido eliminados (FAJARDO, 2008).

A eletrólise, através da redução eletrolítica dos compostos corrosivos, é um dos procedimentos existentes que permitem a remoção dos produtos da corrosão (SILVA, 2018). Consiste em passar uma corrente elétrica contínua controlada entre um artefato metálico e um ânodo de sacrifício em um meio condutor, o eletrólito. O artefato, a ser tratado, deverá ser fixado ao lado negativo da fonte para ser o cátodo do sistema, enquanto o metal de sacrifício, ânodo, estará ligado ao polo positivo. Embora a eletrólise não consiga converter os produtos de corrosão no ferro original, ela o reduz à magnetita, a forma mais estável de ferro mineralizado (HAMILTON, 1999).

Diante da praticidade e eficiência deste procedimento, optou-se por realizar a conservação curativa por eletrólise, em adição aos procedimentos de documentação que estão sendo paulatinamente estabelecidos nas reservas técnicas do Departamento de Arqueologia da UFPE, para as amostras compostas por ligas ferrosas que estavam em avançado estado de corrosão, localizadas na reserva técnica sob salvaguarda do Laboratório de Arqueologia para Conservação e Restauração (LACOR).

Esse laboratório, que está vinculado ao Departamento de Arqueologia da UFPE, é responsável pela gestão da RETEC-ARQ, reserva técnica de materiais inorgânicos, onde estão salvaguardados cerca de 30% do acervo do Departamento, como pode ser observado na Figura 1. O acervo da RETEC-ARQ foi proveniente de diferentes pesquisas acadêmicas e de arqueologia preventiva, principalmente do âmbito da Arqueologia Urbana, o que se reflete no universo do acervo existente. Como pode ser observado na Figura 1 esse acervo consiste, em sua grande maioria, em materiais históricos do tipo: cerâmico (54%), louças/porcelanas (30%), materiais construtivos (2%), vidros/grés (3%) e metais (3%), sendo estes últimos sobretudo utilizados para fins construtivos (ex.: pregos) e como utensílios domésticos (ex: colheres). Ainda há uma considerável quantidade de materiais Líticos (5%) e de outros tipos (3%).

Figura 1: Distribuição percentual dos tipos de materiais que compõem o acervo arqueológico do LACOR/UFPE.



Onde: *DARQ* é Departamento de Arqueologia da UFPE; e *Outros* refere-se a: carvões, coprólitos, dentes, fibras vegetais, madeiras, malacológicos, ossos, sedimentos, seixos e sementes. Elaborado pelos autores (2023).

Na cidade do Recife, trabalhos de arqueologia urbana realizados sobretudo no Bairro do Recife, núcleo histórico inicial da cidade, vem resgatando vestígios do passado colonial que remontam ao século XVI, tais como: dobradiças, ferrolhos, pregos, bandeiras de portas, apoios de beirais e prateleiras, em detalhes e apoios de estruturas maiores como balcões, dentre tantos outros. Grande parte destes materiais são constituídos por metais, que sempre estiveram presentes na arquitetura colonial, fornecendo os indícios para se entender a evolução tecnológica de sua produção local, assim como das técnicas construtivas e de execução das edificações (RAMOS, 2008; 2013).

Nos últimos anos, todos os profissionais do corpo técnico e científico do LACOR, estagiários e pesquisadores de graduação e pós-graduação têm realizado trabalhos cujo foco tem sido principalmente a gestão, conservação preventiva e curativa e a extroversão de acervos arqueológicos, numa tentativa de monitorar a situação existente e enfrentar de forma mais eficiente alguns dos desafios cotidianos, como controle da degradação, que ocorre naturalmente nos materiais, ocorrendo de forma mais acelerada sobretudo nos de natureza metálica.

Dentre os trabalhos realizados pelo LACOR/UFPE, podemos citar a proposta de Ghetti (2015) para a elaboração de um plano de gestão integrada para a conservação dos acervos arqueológicos; os trabalhos de conclusão de curso de Santos (2017), Huther (2018), Marques (2019) e Souza (2019); a dissertação de mestrado de Souza (2022), e os últimos trabalhos de pesquisa desenvolvidos pela equipe do LACOR (OLIVEIRA et al, 2020; AZEVEDO et al, 2020; CAMPELO et al, 2020).

Esses trabalhos abordaram temas como o desafio das instituições de guarda na gestão do material arqueológico, o uso e aplicação de um protocolo específico para avaliar as condições de conservação do material arqueológico da RETEC-ARQ e permitir a elaboração de estratégias mais efetivas de gestão,

por exemplo. Entre as pesquisas desenvolvidas por alunos da graduação e pós-graduação foram abordados temas como boas práticas de acondicionamento de remanescentes ósseos, os processos de degradação dos artefatos de natureza férica presentes nas reservas técnicas de Departamento de Arqueologia/UFPE, mostrar o potencial do acervo para a elaboração de coleções de referência e, os mais recentes realizados pela pesquisadora Ravena Souza, que tiveram o foco tanto na arqueometalurgia quanto no diagnóstico de conservação e documentação dos materiais metálicos do sítio Cruz do Patrão.

Diante do exposto, este trabalho pretende desenvolver um protocolo baseado na documentação e conservação curativa por meio da técnica da Eletrólise, visando o tratamento do acervo arqueológico metálico do tipo ferroso, que se encontra na reserva do LACOR/UFPE, contendo vários exemplares que se encontram em avançado processo de degradação.

O SÍTIO ARQUEOLÓGICO CRUZ DO PATRÃO

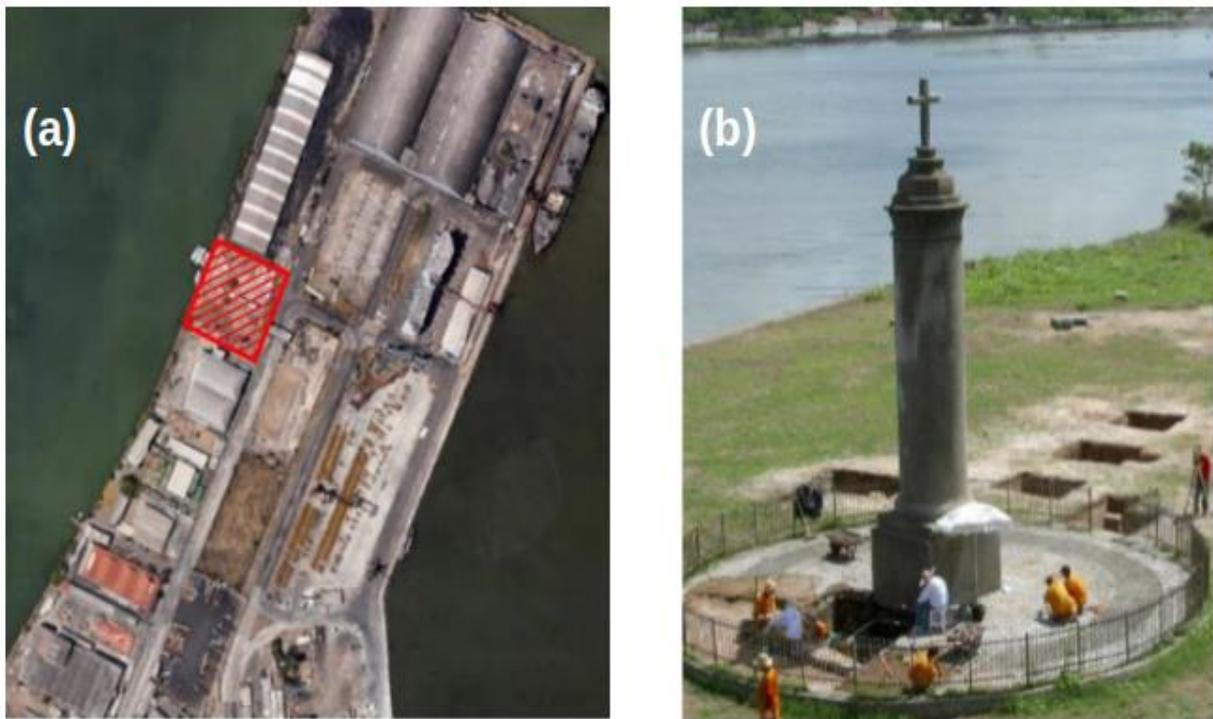
Construída em meados do século XVIII no istmo que ligava o Recife à Olinda, próximo ao Porto do Recife, a Cruz do Patrão é um pesado e alto monumento em formato de coluna dórica, em alvenaria, com seis metros de altura e dois de diâmetro, tendo em cima uma cruz de pedra (GASPAR, 2019). Atualmente esta área encontra-se próximo ao cais na margem do Rio Beberibe (Figura 2a), no extremo norte do Bairro do Recife.

No volume 7 da obra *Anais Pernambucanos*, Pereira da Costa relata que foi possivelmente em 1815 que “foi construído um modesto monumento vulgarmente conhecido por Cruz do Patrão” (RAMOS, 2008, p. 3). Ainda de acordo com Ramos (2008), a pesquisa historiográfica indicou que a ordem para a construção foi dada pelo Patrão-Mor do Porto de Recife para servir de marco aos navios que ali atracavam, facilitando a orientação segura dos que queriam chegar ao local de acesso.

Este monumento possui um enorme significado para a comunidade negra do Recife, pois acredita-se que no local houve um antigo cemitério de escravos. A área que compõe o sítio Cruz do Patrão foi escavada no ano de 2005, durante cinco meses. Nas áreas escavadas, foram identificados aterros da década de 80, com camadas estratigráficas de 2m de profundidade, tendo a escavação avançado até os 5 m, atingindo plenamente o solo colonial (Figura 2b).

A escavação expôs “um muro erguido a dois metros da base da cruz, cercando-o em seus quatro lados, com uma espessura de sessenta centímetros e dois metros de altura” (RAMOS, 2008, p. 5).

Figura 2: Sítio Arqueológico Cruz do Patrão, Recife, Pernambuco, Brasil.



a) Localização da área onde se localiza o monumento Cruz do Patrão; b) Registro fotográfico da campanha arqueológica de 2005. Elaborado pelos Autores (2023)

Essa área se encontrava protegida por um muro, que foi construído em 1848 e guardava uma grande quantidade de vestígios, tais como: ossos humanos e faunísticos, vidros, louças, cerâmicas, fragmentos de cachimbos e metais – que foram trazidos ao local juntamente com o sedimento utilizado para o aterramento da área interna dos muros de contenção.

Os materiais arqueológicos compostos em liga metálica, quando identificáveis, consistem em sua maioria elementos construtivos (dobradiças, pregos e fechaduras), vestígios domésticos (pratos, talheres e utensílios), armas brancas (facas e espadas), objetos decorativos (esculturas e vasos), adornos (broches, botões), peças utilizadas no manejo animal (ferraduras), balas de canhão e fragmentos de tubulações antigas. Todo este material encontra-se sob a responsabilidade do Departamento de Arqueologia da UFPE, cabendo a esta instituição salvaguardar esses bens arqueológicos.

METODOLOGIA

Objetos de estudo

Para este estudo foram selecionados três artefatos metálicos de liga ferrosa encontrados no Sítio Cruz do Patrão que possuem o mesmo contexto de uso – peças utilizadas na construção da linha férrea que chegava ao Porto do Recife, mas que estão associados a diferentes épocas de ocupação da região.

Com o objetivo de identificar cada uma das amostras selecionadas, estes artefatos receberam as seguintes numerações: (a) Material 01: Peça 1134; (b) Material 02: Peça 1431.1 e (c) Material 03: Peça 2247.26.

Na Tabela 1 são apresentadas as principais características e diferenças destas peças e, na Figura 3 pode-se observar o estado de conservação das mesmas antes da realização dos procedimentos experimentais adotados para a sua limpeza e estabilização.

Tabela 1. Descrição do material selecionado

Peça	Descrição
1134	Objeto de metal ferroso identificado como prego (ou grampo) utilizado para fixar trilhos ferroviários nos dormentes, com corpo cilíndrico e cabeça sextavada.
1431.1	Objeto de metal ferroso identificado como prego (ou grampo) utilizado para fixar trilhos ferroviários nos dormentes, com corpo cilíndrico e cabeça em formato de meia esfera.
2247.26	Objeto de metal ferroso identificado como prego (ou grampo) utilizado para fixar trilhos ferroviários nos dormentes, com corpo quadrado e cabeça oval.

Figura 3: Imagens das amostras



Vistas (a) frontal e (b) lateral. Elaborado pelos Autores (2023)

Documentação

A documentação adotada para esse estudo utilizou os seguintes recursos:

1. Fotografia dos objetos selecionados, antes e depois da realização dos processos mecânicos e químicos, com auxílio de uma máquina fotográfica Nikon, modelo D5200;
2. Radiografia digital utilizando um aparelho Emissor radiográfico RADVET 500 e reveladora CR Carestream VitaFlex, ajustado com os parâmetros de tensão, corrente elétrica e tempo de 100 KV; 15,0 mAs e 0,05 s, respectivamente. Este recurso foi utilizado para permitir a visualização das regiões compostas pelos núcleos metálicos dos objetos selecionados e também pelas camadas de corrosão presentes no material metálico, observando suas espessuras e agregação à peça. Com estas informações foi possível utilizar processos de limpeza mecânica para fazer o primeiro tratamento do material, bem como estimar o tempo necessário em que as peças ficariam imersas em solução durante o processo de eletrólise;
3. Escaneamento 3D, recurso utilizado para auxiliar na documentação dos objetos estudados a partir do qual foram elaborados modelos tridimensionais dos materiais antes e após a aplicação dos tratamentos de limpeza mecânica e eletrólise. Para isto, utilizamos o aparelho Scanner Shining 3D, modelo EinScan SE. Os modelos tridimensionais possibilitam a visualização das formas iniciais dos objetos, permitindo comparações com as obtidas após a finalização dos tratamentos, bem como as estimativas dos volumes finais de cada peça, auxiliando na quantificação das quantidades perdidas ao longo do processo de limpeza destes materiais.

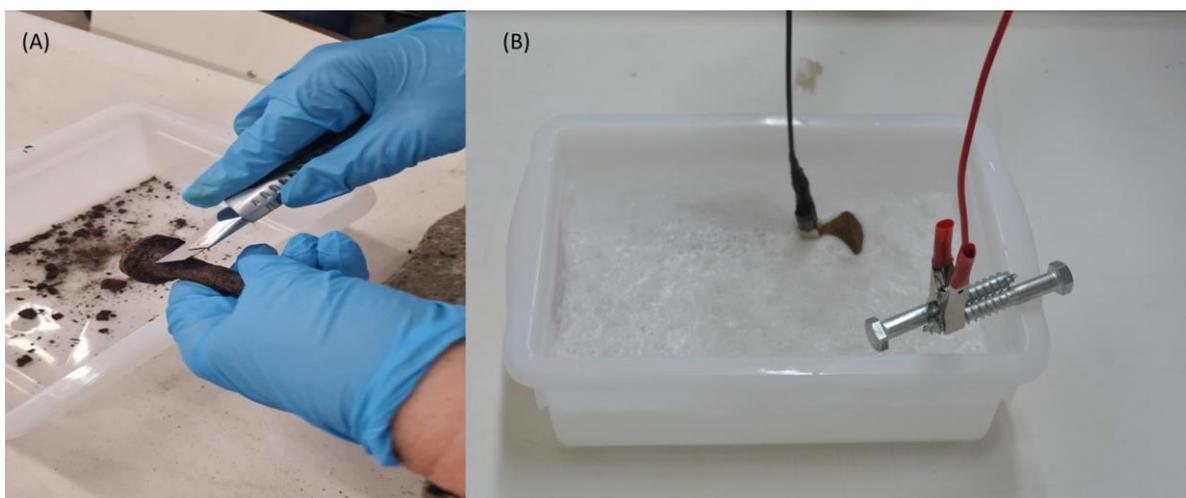
Procedimentos da conservação curativa

Nesta etapa foram realizados os seguintes procedimentos: limpeza manual e mecânica, eletrólise, aplicação de inibidor de corrosão e de camada protetiva. Antes, durante e depois das etapas de limpeza e eletrólise foram coletadas as medidas e peso das peças, para se ter o controle da intensidade e resultado da intervenção.

A limpeza manual e mecânica, tratamento que antecede o procedimento de eletrólise, teve como objetivo retirar as sujidades e partes já destacadas das peças decorrentes dos diversos processos corrosivos atuantes. Esta etapa foi realizada com a ajuda de estilete, pincel, escova de cerdas macias e de latão (Figura 4).

Para o procedimento de eletrólise foram utilizados os seguintes materiais: uma fonte de computador (12 volts), um recipiente plástico, garras jacaré, cabos e parafusos de aço galvanizado. Para o eletrólito, preparou-se uma solução mista de vinagre, sal e bicarbonato de sódio, na proporção 4-1-1. O tempo do procedimento foi na ordem de horas, variando sua duração conforme o tamanho e o grau de conservação da peça (Figura 4).

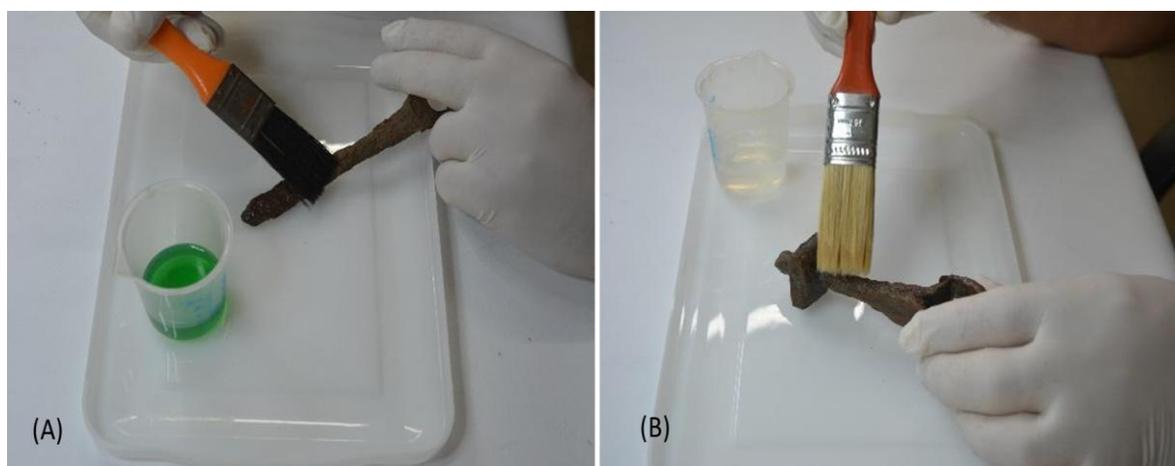
Figura 4: Etapas realizadas ao longo do procedimento de eletrólise - peça de código 1134.



(a) Limpeza mecânica; e (b) limpeza por eletrólise. Elaborado pelos Autores (2023)

Depois do tratamento de eletrólise, realizou-se uma limpeza com pano, para retirar o excesso de sujeira decorrente deste tratamento e na sequência aplicou-se uma camada de solução fosfatizante inibidora de corrosão (Figura 5). Passado o período de 24 horas, fez-se a limpeza do excesso de fosfato concentrado na superfície da peça, com a própria solução e o uso de escova de cerdas macias.

Figura 5: Etapa após realização da eletrólise



Etapa de aplicação do inibidor de corrosão (a) e da camada de proteção (b).
Elaborado pelos Autores (2023)

Após 4 horas, tempo necessário para secagem da peça e certificação da ausência de locais com concentração de fosfato, deu-se prosseguimento ao tratamento com a aplicação de uma demão de selante para madeira da marca Suvinil (Figura 5). Todas as amostras foram documentadas antes e depois dos procedimentos relatados.

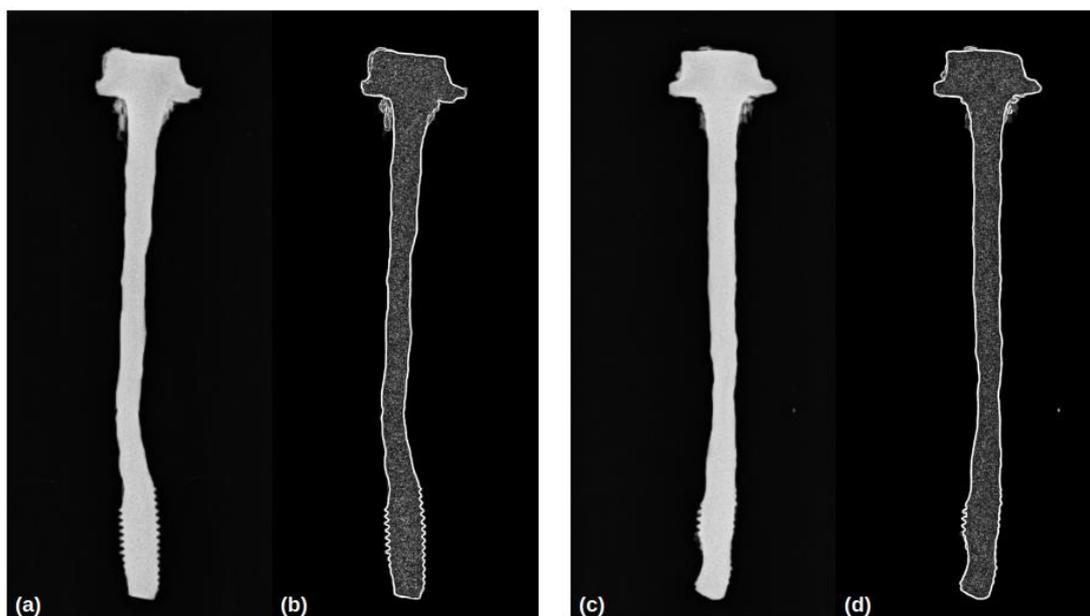
RESULTADOS

O processo de documentação do nosso objeto de estudo consistiu no registro fotográfico, radiografia digital, escaneamento e produção do modelo 3D de cada peça. Estas imagens foram utilizadas para realizar o diagnóstico das peças (ver tabela 2), com atenção especial na radiografia digital já que ela possibilita a visualização do núcleo da liga ferrosa. Já as fotografias dos objetos antes e depois dos procedimentos de limpeza mecânica e eletrólise nos permitiu uma avaliação dos resultados dos tratamentos.

Em relação às imagens radiográficas digitais das peças selecionadas (Figuras 6a e 6c), ainda foram usadas técnicas matemáticas, também conhecidas como filtros digitais (GONZALEZ; WOODS, 2010, p. 94), com o intuito de visualizar a região intermediária entre o núcleo de ferro de cada peça e suas áreas de oxidação.

As imagens mostradas na Figura 6 passaram por dois processos de melhoramento. Primeiramente aplicou-se uma transformação de potência, conhecida por transformação gamma (GONZALEZ; WOODS, 2010, p. 71), para melhorar o contraste das imagens. Na sequência, aplicou-se um filtro de derivada – Sobel 2D (GONZALEZ; WOODS, 2010, p. 109), para realçar as bordas dos núcleos ferrosos de cada peça.

Figura 6: Vistas da peça 1134



(a) frontal - radiografia; (b) frontal - filtros; (c) lateral - radiografia; (d) lateral - filtros.

Elaborado pelos Autores (2023)

Estas imagens radiográficas junto ao tratamento matemático através de filtros nos permitiram observar, com precisão, as regiões limítrofes entre os pontos de corrosão e os núcleos metálicos,

contribuindo para deixar os procedimentos mais precisos ao longo dos tratamentos destas peças. Os mesmos procedimentos foram realizados no restante das amostras selecionadas.

Na Tabela 2 estão descritos os diagnósticos observados após análise visual de cada uma das peças selecionadas para este trabalho, bem como os tratamentos adotados para a conservação curativa das mesmas e sua posterior avaliação.

Tabela 2. Síntese do Diagnóstico e dos tratamentos curativos nas peças arqueológicas

<p>Amostra 1134</p>	<p><u>Diagnóstico:</u> peça íntegra, em estado de conservação ruim, com degradação ativa e presença de danos como óxidos, manchas, fissuras, deformações, destacamento e sais.</p> <p><u>Tratamento:</u> limpeza mecânica, eletrólise com duração de 6 horas; aplicação de 1 camada de solução ácida metálica com fosfato e posterior limpeza do fosfatizante saturado na superfície da peça com intervalo de 24 horas; aplicação de uma camada de selador para madeira.</p> <p><u>Avaliação pós-tratamento:</u> melhora na integridade e forma da peça, todavia, não foi possível revelar o rosqueado observado na radiografia, sendo necessário aprimorar a eletrólise para obter o deslocamento de toda a camada de corrosão que encobre a área; controle dos processos de oxidação; mudança na tonalidade; a aplicação de uma camada de selador não produziu efeito brilhante.</p>
<p>Amostra 1431.1</p>	<p><u>Diagnóstico:</u> peça íntegra, em estado de conservação ruim, com degradação ativa e presença de danos como óxidos, manchas, fissuras, fraturas, destacamento e sais.</p> <p><u>Tratamento:</u> limpeza mecânica; eletrólise com duração de 6 horas; aplicação de 2 camadas de solução ácida metálica com fosfato, com intervalos de 24 horas e posterior limpeza do fosfatizante saturado na superfície da peça; aplicação de duas camadas de selador para madeira com intervalos de 4 horas entre demãos.</p> <p><u>Avaliação pós-tratamento:</u> destacamento de camadas corroídas, ficando apenas uma pequena parte ainda incrustada na cabeça da peça, que talvez pudesse ser removida com o refinamento da eletrólise; controle dos processos de oxidação; mudança na tonalidade; a aplicação de duas camadas de selador produziu relativo efeito brilhante.</p>
<p>Amostra 2247.26</p>	<p><u>Diagnóstico:</u> peça íntegra, em estado de conservação ruim, com degradação ativa e presença de danos como óxidos, manchas, fissuras, destacamento e sais.</p> <p><u>Tratamento:</u> limpeza mecânica, com duração de 3 horas; aplicação de 1 camada de solução ácida metálica com fosfato e posterior limpeza do fosfatizante saturado na superfície da peça com intervalo de 24 horas; aplicação de uma camada de selador para madeira.</p> <p><u>Avaliação pós-tratamento:</u> controle dos processos de oxidação; mudança na tonalidade; a aplicação de uma camada de selador produziu efeito brilhante.</p>

Consonante ao exposto, nota-se que a utilização da limpeza manual e mecânica associada à eletrólise produz resultado satisfatório, uma vez que a primeira otimiza o resultado da segunda, pois há menos camadas corroídas a serem desprendidas da peça. Com isso, a eletrólise produz maior efeito na recuperação da liga metálica e na atenuação dos processos de oxidação.

O resultado dos procedimentos curativos aplicados nas amostras encontra-se exemplificado no registro fotográfico (Figura 7) e modelo 3D (Figura 8) da amostra 1134.

Figura 7: Registro fotográfico da amostra 1134 antes e depois da aplicação do protocolo de conservação curativo proposto



Elaborado pelos Autores (2023)

Figura 8: Modelo 3D da amostra 1134 antes e depois da aplicação do protocolo de conservação curativo proposto.



Elaborado pelos Autores (2023)

A partir de uma inspeção visual, usando lupas, e fazendo uso das imagens do processo de documentação (fotográfica e os modelos 3D), podemos concluir que o experimento realizado conseguiu cumprir satisfatoriamente com a finalidade pretendida, que foi a de inibir e desacelerar os processos de oxidação a que estes materiais arqueológicos estão sendo submetidos devido à ação de diferentes agentes degradantes. Isso demonstra que a partir do uso de equipamentos já existentes e utilizando materiais reciclados, como é o caso da fonte de computador, e alguns insumos de custo acessível é possível contribuir para a longevidade desse tipo de remanescente arqueológico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetos metálicos depositados na RETEC-ARQ, que estão salvaguardados na reserva técnica do LACOR, encontram-se em diferentes estados de degradação. Alguns exemplares estão em estado crítico, fazendo-se, portanto, urgente as ações de conservação curativa aqui propostas.

Os protocolos adotados nesta experiência foram aplicados com sucesso, tendo em vista que os processos de degradação foram atenuados conforme se observa nas imagens de antes e depois dos procedimentos curativos. Todavia, se recomenda que estas peças ainda sejam monitoradas continuamente para mensurar o real alcance dos protocolos aqui propostos, observando o tempo e as condições que podem produzir efeitos nocivos ao acervo.

Os protocolos utilizados são totalmente acessíveis no que se refere aos custos e acessibilidade dos insumos e equipamentos utilizados, alguns deles já adquiridos como as câmeras fotográficas, lupas e microscópios estereoscópicos e scanner 3D e outros que foram reciclados, como por exemplo as fontes de computadores que estavam em desuso.

Os protocolos de documentação e conservação curativa já estão sendo replicados na coleção didática proveniente da doação de materiais encontrados por locais no bairro de Apipucos, Recife, e pretendemos ampliar seu uso para toda a coleção metálica da reserva do LACOR.

Embora o protocolo tenha alcançado os nossos objetivos nesta experiência, a avaliação das peças deste trabalho a longo prazo irá nortear a adaptação ou criação de novos protocolos, sempre visando a melhor forma de preservar a informação dos objetos arqueológicos e a sua posterior socialização. Um dos pontos positivos dessa experiência foi a demonstração de que é possível realizar procedimentos de conservação curativa com baixo aporte financeiro. No entanto, a possibilidade de obter maiores recursos pode, sem dúvida, ajudar no refinamento destes protocolos.

O entendimento das interações químicas que aceleram o processo de degradação dos materiais metálicos, associados aos seus comportamentos às condições de temperatura e umidade relativa do ar existentes em nossa reserva, além das práticas de conservação aqui demonstradas, irão contribuir na preservação do acervo metálico do LACOR não apenas em sua dimensão material como documental e

simbólica. Assegurar a integridade física dos suportes garante a preservação das informações e a qualidade de acesso a essas informações. Os protocolos de documentação e conservação curativa do LACOR aqui detalhados, reforçam a importância da utilização de metodologias de gestão estruturadas de forma apropriada para proporcionar a preservação do grande potencial informativo desses remanescentes.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, R. L.; RAMOS, A. C. P. T.; OLIVEIRA, A. P.; LIMA, A.C.P.; SULLASI, H. L.; SILVA, M. A. Proposta de diagnóstico de conservação para acervos arqueológicos – um protocolo para a reserva técnica do LACOR/UFPE. *Vestígios - Revista Latino-Americana de Arqueologia Histórica*, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 101–120, 2020.
- CAMPELO DOS SANTOS, A. L.; MARANHÃO, A. P. B.; LAVALLE SULLASI, H. S.; TORRES RAMOS, A. C. P. NUVIS-UFPE: uma proposta inovadora de extroversão da reserva técnica associada ao laboratório LACOR-UFPE. *Revista de Arqueologia*, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 330–351, 2020.
- CAMPOS, G. N.; GRANATO, M. Cartilha de Orientações Gerais para Preservação de Artefatos Arqueológicos Metálicos. Rio de Janeiro: MAST, 2015b.
- COSTA, V. Ligas Metálicas: Estrutura, propriedades e conservação de objetos culturais. In: SILVA, A. C. F.; HOMEM, P. M. (Org.). *Ligas Metálicas: Investigação e Conservação*. 1. Ed. Porto: Universidade do Porto, 2008.
- DIAS, M. P. Diagnóstico dos Métodos de Curadoria e Conservação Arqueológica Aplicados no LEPA-UFSM (DE 1995 A 2014). Monografia (graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Sociais e Humanas, Departamento de História, Santa Maria, 2016.
- DIAS, M. P., Curadoria e Conservação Arqueológica no Rio Grande do Sul: um Levantamento dos Métodos. Dissertação, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Museologia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- DODE, S. S. A preservação de vestígios metálicos arqueológicos do Século XIX provenientes de campos de batalha do sul do Brasil e Uruguai. 2016. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Programa de Pós-Graduação em Antropologia/Arqueologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.
- FAJARDO, M. Técnicas electroquímicas aplicadas a la conservación del patrimonio cultural. European Chemistry Thematic Network, Working Group in Cultural Heritage, Ciencias Experimentales para la Conservación del Patrimonio. Universidad Rey Juan Carlos, Burgos 18-21 de Noviembre 2008.
- GASPAR, L. Cruz do Patrão. Pesquisa Escolar Online, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>. Acesso em: 20 set. 2019.

GARCÍA, José María Alonso. Metodología y técnicas de conservación de objetos arqueológicos de hierro: Estudio cuantitativo y comparado de la estabilización de ocho objetos del yacimiento medieval de Medina Elvira (Granada). Universidad de Granada. Facultad de Bellas Artes. Departamento de Pintura. Tese de doutorado. Granada. 1995. 224p.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Processamento Digital de Imagens. 3 Ed. São Paulo: Pearson, 2010.

GREENFELD, H J.; The Origins of Metallurgy: Distinguishing Stone from Metal Cut-marks on Bones from Archaeological Sites of Archaeological Science, 26, 797-808 (1999).

GHETTI, N. C. (2015). Saber cuidar: a conservação arqueológica na perspectiva da preservação, salvaguarda e valorização do acervo arqueológico. Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano - Series Especiales, 2(3). p. 54-70.

GUIMARÃES, R. S. Patrimônio Cultural Subaquático: a importância das práticas de preservação em campo. In: Anais IV Seminário de Preservação do Patrimônio Arqueológico.

HAMILTON, Donny L. (1999), Methods of Conserving Archaeological Material from Underwater Sites. Conservation Research Laboratory Center for Maritime Archaeology and Conservation. Nautical Archaeology Program Department of Anthropology Texas A&M University College Station, Texas Revision Number 1 January, 1999.

HUTHER, A. F. M. (2018). Conservação de artefatos ferrosos em acervo técnico: O caso do laboratório de arqueologia da UFPE. (Trabalho de conclusão de curso de Arqueologia). Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

ICOM-CC. Terminology to characterise the conservation of tangible cultural heritage, Nova Délhi, 2008. Disponível em: ICOM-CC Resolution on Terminology English.pdf.

MARQUES, C. M. (2019). Proposta de extroversão da reserva técnica do Departamento de Arqueologia da UFPE: A difusão das louças para as instituições de ensino. (Trabalho de conclusão de curso em Arqueologia). Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

MUJICA, J. S.; RIBEIRO, D. L.; OLIVEIRA, L. D. de.; ALFONSO, L. P.; DODE, S. dos S.; SOUZA, T. S.; DUTRA, M.; BARRETO, F.; DALL'OGGIO, M.; BERTSI, R. Artefatos Metálicos das Missões Jesuíticas no Sul do Brasil: conservação e apropriação. In: Anais do IV Seminário de Preservação de Patrimônio Arqueológico. GRANATO, M.; CAMPOS, G. do N. (Orgs). Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2016.

MUJICA, J. S.; TOCCHETTO, F. B.; DODE, S. dos S.; SOUZA, T. S.; SILVA, F. B.; DUTRA, M. R. R.; ALVES, C. da S.; DOMINGUES, B. S. Protocolo de Ingresso de Acervos Arqueológicos em Instituições de Guarda e Pesquisa: uma proposta do LÂMINA/UFPE e do Museu de Porto Alegre Joaquim Felizardo – RS. In: Revista de Arqueologia Pública. Campinas, v.11, n.2, 2017.

NOLDIN JÚNIOR, J. H. Contribuição ao estudo da cinética de redução de briquetes auto-redutores. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

OLIVEIRA, A. P.; RAMOS, A.C.P.T.; AZEVEDO, R.L; PESTANA, A.deL.C. Para Além das Quatro Paredes: Uma Reflexão Sobre os Desafios das Instituições de Guarda de Material Arqueológico. FUMDHAMENTOS (2020), vol. XVII, n. 1. pp. 99-100.

OLSEN, S L. Shipman P. Surface modification on bone: Trampling versus butchery J. of Archaeological Science, 15, 535-553 (1988).

RAMOS, A. C.P. T. Além dos mortos da Cruz do Patrão - simbolismo e tradição no uso do espaço no Recife. Revista Clio Arqueológica, Recife, v. 23, n. 2, p. 1-12, 2008.

RAMOS, A.C.P.T.; PESSIS, A.M.;MEDEIROS, E.G.M.; MARTIN, M.G.; MATOS, M.G.;KAUFMAN,T. A evolução urbana e dos sistemas construtivos na comunidade do Pilar, Bairro do Recife - PE. CLIO Série Arqueológica (2013) v.28, p. 1-33.

SANTOS, C. R. B. (2017). Conservação preventiva e gestão de vestígios arqueológicos de natureza orgânica da Reserva Técnica de materiais de natureza orgânica (RETEC-ORG). Estudo de caso: coleção de remanescentes humanos do sítio Alcobaça – Buíque – PE. (Trabalho de conclusão de curso em Arqueologia). Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

SELWYN, Lyndsie. Metals and Corrosion: a handbook for the conservation professional. Canada: Canadian Conservation Institute, 2004.

SILVA F. B. A eletrólise na conservação do patrimônio arqueológico ferroso das Missões Jesuíticas/RS, Monografia apresentada no Curso de Pós-graduação em Artes, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

SOUZA, T. S. Preservação do Patrimônio Arqueológico de Fronteira: Museo del Patrimonio Regional de Rivera - Uruguai. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Antropologia, Instituto de Ciências Humanas, Pelotas, 2017.

SOUZA, R. M. B. (2019). Arqueometalurgia na Região Metropolitana do Recife: Estudos preliminares de vestígios metálicos dos séculos XVII, XVIII e XIX. (Trabalho de conclusão de curso em Arqueologia). Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

SOUZA, R. M. B. (2022). SALVAGUARDANDO UM ACERVO: Diagnóstico de Conservação e Documentação de Vestígios Metálicos do Sítio Cruz do Patrão, Recife-PE. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

VASCONCELOS, M. L. C. Artefatos em ferro de origem terrestre: um estudo de caso sobre a interface entre pesquisa arqueológica e conservação no sítio Charqueada Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. 2014. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Programa de Pós-Graduação em Arqueologia. Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras, 2014.

VASCONCELOS, M. L. C. & ALCÂNTARA, T. M. Com quantas caixas se faz uma Reserva Técnica? Um relato de experiência sobre a Gestão dos Acervos Arqueológicos no MAE/ UFBA. Revista de Arqueologia Pública, 11(2). p. 153-165, 2017.