

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

MARCELA MORAES DOS SANTOS

PATRIMÔNIO DE SINOS EM PERIGO: ESTRATÉGIAS DE SALVAMENTO E
CONSERVAÇÃO

RIO DE JANEIRO

2024

MARCELA MORAES DOS SANTOS

PATRIMÔNIO DE SINOS EM PERIGO: ESTRATÉGIAS DE SALVAMENTO E
CONSERVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado a Graduação em Conservação
e Restauração da Universidade Federal do
Rio de Janeiro como requisito parcial para a
obtenção do grau.

ORIENTADORA: PROF^a. DRA. MARILENE CORRÊA MAIA

RIO DE JANEIRO

2024

CIP - Catalogação na Publicação

M314p Moraes dos Santos, Marcela
PATRIMÔNIO DE SINOS EM PERIGO: ESTRATÉGIAS DE
SALVAMENTO E CONSERVAÇÃO / Marcela Moraes dos
Santos. -- Rio de Janeiro, 2024.
100 f.

Orientadora: Marilene Corrêa Maia .
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Belas Artes, Bacharel em Conservação e Restauração,
2024.

1. sinos históricos . 2. materialidade . 3.
materialidade . 4. danos . 5. conservação. I. Corrêa
Maia , Marilene , orient. II. Título.

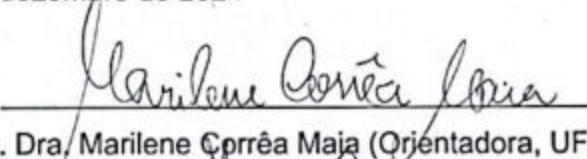
FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELA MORAES DOS SANTOS

PATRIMÔNIO DE SINOS EM PERIGO: ESTRATÉGIAS DE SALVAMENTO E CONSERVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de curso apresentado a Graduação em Conservação e Restauração da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para a obtenção do grau.

Aprovada em: 09 de dezembro de 2024


Prof. Dra. Marilene Corrêa Maia (Orientadora, UFRJ)


Prof. Dr. Marcus Tadeu Daniel Ribeiro (Avaliador interno, UFRJ)


Prof. Dra. Katia Correia Gorini (Avaliador interno, UFRJ)

Ao filho que nunca tive a chance de conhecer.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida e por tudo que conquistei, obrigada por ter me dado coragem para prosseguir. Sem você eu nada seria!

Aos meus pais Nilton e Maria do Carmo, me faltam palavras para agradecê-los, se hoje sou alguém, se cheguei até aqui é por conta de tudo que me ensinaram, pelo amor, carinho e incentivo que me deram em todos os momentos da minha vida. Dedico a vocês as minhas realizações e conquistas, enfim, dedico a minha vida a vocês! AMO VOCÊS!

As minhas irmãs Renata e Fernanda (in memoriam), obrigada pela amizade, compreensão, amor e apoio em todos os momentos e os muitos incentivos que recebi ao conviver com vocês . Vocês sempre serão muito especiais para mim. AMO VOCÊS além da ETERNIDADE!

Aos meus sobrinhos Laurinha, Eduardo e Ricardinho, que coloriram os meus dias e fizeram a minha vida ainda mais feliz. Obrigada por colocar o sorriso no meu rosto em cada dificuldade.

Aos meus amigos Eduardo Costa e Denise Macieira, vocês fizeram parte desta construção, mesmo sem possuir grandes conhecimentos nesta área, sempre tiveram contribuições importantes.

A minha avó Maria do Carmo de Moraes (in memoriam), mesmo não estando aqui, teve grande influência em minha pesquisa. Vó saudades, te amo sempre!

A minha orientadora contribuiu para a construção dessa pesquisa. Obrigada pela paciência e sabedoria para que entendesse a mim e ao meu tema de pesquisa.

Obrigada a todas as pessoas que direta ou indiretamente tiveram influência na minha conquista.

RESUMO

Este estudo procura analisar o processo de aquisição de conhecimento relevante na construção da importância dos sinos na sociedade, compreendendo o processo histórico de sua fabricação, materialidade, problemas e danos enfrentados pelos sinos históricos. O objetivo é identificar os danos e restauros, compilando o que já foi escrito no mundo acadêmico sobre a restauração de sinos históricos.

Palavra- chave: Sinos Históricos. Restauração. Processo Histórico. Materialidade. Danos. Conservação.

ABSTRACT

This study aims to analyze the process of acquiring relevant knowledge regarding the significance of bells in society, with a particular focus on their historical manufacturing processes, material characteristics, and the challenges and damages encountered by historical bells. The primary objective is to identify instances of damage and restoration, compiling existing scholarly literature on the restoration of historic bells. Through this analysis, the study will contribute to a deeper understanding of the cultural and historical value of bells, as well as the methodologies employed in their preservation and restoration.

Keyword: Historical Bells. Restoration. Historical Process. Materiality. Damage. Conservation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Problematização.....	10
1.2 Justificativa	10
1.3 Objetivos.....	11
1.4 Metodologia	12
2. HISTÓRIA DOS SINOS.....	13
2.1 Origem	13
2.2 Sinos na Religião.....	13
2.3 Sinos e Campanários	16
2.4 Sinos na Música	18
2.5 Sinos na Comunicação	20
2.6 Sinos nas Guerras	22
2.7 Sinos no Mundo Moderno	26
3. TÉCNICA DE FUNDIÇÃO	27
3.1 Símbolos e Crenças na Fundição	27
3.2 Composição do Sino	31
3.3 Carrilhão.....	32
3.4 Fundição de Sinos Processo	33
3.5 Bronze.....	34
3.5.1 Características do Bronze.....	36
3.6 Confecção dos Moldes	37
3.6.1 Costela.....	37
3.6.2 Alma.....	38
3.6.3 Falso Sino.....	39
3.6.4 Capa	40
3.6.5 Asa.....	41
3.7 Vazamento do Bronze	41
3.8 Usinagem e a Afinação	43
3.9 Fundição no Brasil	44
4. CAUSAS DE DEGRADAÇÃO DOS SINOS	47

4.1 Degradação do Metal.....	47
4.2 Degradação das Peças.....	51
4.3 Falha no Processo de Fundição.....	53
4.4 Falha de Projeto.....	55
4.5 Falha na Estrutura de Madeira do Sino.....	55
4.6 Fratura por Fadiga.....	56
4.7 Falta de Manutenção Adequada.....	60
4.8 Danos Causados por Intempéries.....	62
5. SALVAGUARDA E CONSERVAÇÃO DOS SINOS.....	64
5.1 Suporte Teórico.....	64
5.2 Conservação Preventiva	67
5.3 Avaliação do Estado de Conservação e Documentação.....	67
5.4 Remoção Cautelosa.....	68
5.5 Exames Técnicos-científicos.....	69
5.5.1 Análises por Imagens e Visual.....	69
5.5.2 Análise Química	74
5.5.3 Análise Mecânica	75
5.6 Processo de Conservação e Restauração.....	76
5.6.1 Higienização Detalhada.....	78
5.6.2 Substituição de Partes Danificadas.....	82
5.6.3 Afinamento Preciso	82
5.7 Reinstalação e Acondicionamento.....	84
6. CONCLUSÃO.....	85
7.BIBLIOGRAFIA	87

1. INTRODUÇÃO

1.1 Problematização

A história da origem dos sinos permanece envolta em mistério, sem uma datação precisa ou a possibilidade de atribuir sua invenção a uma figura específica. No entanto, os relatos mais antigos que mencionam sinos podem ser rastreados até a Bíblia, especificamente no livro deÊxodo. Nesse contexto, a vestimenta dos sacerdotes israelitas é descrita incluindo campainhas de ouro, cujo propósito era perpetuar o som ao entrarem no santuário. Esse relato bíblico sugere que a presença e uso de sinos remontam a tempos antigos.

Embora a datação exata da invenção dos sinos seja incerta, segundo FRAGOSO (2017), há indícios que apontam para a possibilidade de sua origem no Oriente, datando aproximadamente 3000 anos a.C. Essa antiguidade ressalta a longevidade cultural e simbólica dos sinos, que ao longo dos séculos assumiram papéis significativos em diversas tradições religiosas e culturais ao redor do mundo.

O sino foi difundido como instrumento não somente religioso sagrado, mas também utilizado na vida cotidiana como instrumento musical, e com a função de comunicação com a sociedade, para marcar serviços públicos, como alerta de incêndio, aviso de tragédias, ritos fúnebres entre outros.

A importância de preservar os sinos históricos brasileiros, frequentemente expostos a diversos riscos de degradação e desaparecimento, é fundamental para a manutenção de nosso patrimônio cultural. Nesse contexto, torna-se essencial identificar e implementar estratégias eficazes que garantam sua salvaguarda e conservação a longo prazo, considerando tanto os aspectos técnicos quanto os culturais que influenciam diretamente essa preservação.

1.2 Justificativa

Sinos históricos desempenham um papel significativo na cultura de muitas comunidades, e sua preservação é essencial para manter essa herança viva. No entanto, muitos enfrentam ameaças reais devido à negligência, desgaste e fatores ambientais. Sem a intervenção adequada, esse patrimônio corre o risco de ser perdido para sempre.

A pesquisa neste campo contribui para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação, o que é relevante não apenas para sinos, mas também para outros elementos do patrimônio cultural em risco.

Ao investigar e documentar as estratégias de conservação de sinos em risco, o conhecimento adquirido pode ser compartilhado com comunidades, instituições e especialistas, beneficiando um público mais amplo.

1.3 Objetivos

O objetivo deste estudo é compreender o processo de fabricação de sinos em metal (bronze), englobando as práticas das fundições europeias e as características distintivas dos sinos nacionais e europeus. Reconhecemos que há várias abordagens e materiais envolvidos nesse processo, embora estes não sejam objetos de estudo nesta pesquisa.

Investigar e propor estratégias abrangentes de conservação e salvaguarda para sinos históricos em risco, considerando fatores técnicos, culturais, econômicos e ambientais, com o propósito de assegurar a preservação desse patrimônio cultural para as gerações futuras.

Identificar e documentar os principais fatores de risco que ameaçam a preservação dos sinos, incluindo negligência, degradação física e ameaças ambientais.

Pesquisar e compilar as melhores práticas e técnicas de conservação de sinos históricos utilizadas em contextos nacionais e internacionais.

Desenvolver diretrizes específicas e estratégias de conservação adaptadas às condições e necessidades locais de comunidades que possuem sinos históricos.

Documentar e compartilhar as descobertas e estratégias desenvolvidas com a comunidade acadêmica e o público em geral.

1.4 Metodologia

A pesquisa se inicia com uma revisão ampla da literatura existente sobre a conservação de sinos históricos, abrangendo estudos de caso, técnicas de restauro e abordagens de salvaguarda. Essa etapa é fundamental para estabelecer uma base sólida de conhecimento existente no campo da conservação de sinos históricos.

Realizar uma análise na literatura com o intuito de identificar os principais agentes de degradação e conservação dos sinos, abrangendo aspectos como danos físicos, corrosão, desgaste e outros problemas. Além disso, é fundamental identificar os principais riscos que representam ameaças à integridade dos sinos.

Pesquisa de Técnicas de Conservação: Pesquisar e avaliar técnicas de conservação utilizadas em contextos nacionais e internacionais. Isso pode incluir abordagens de restauro, tratamentos de superfície e técnicas de preservação.

Esta pesquisa é organizada em quatro capítulos, que estão dispostos da seguinte maneira:

No primeiro capítulo, a pesquisa aborda a história e a importância dos sinos na sociedade, na religião e a relação civil do sino desde os tempos antigos até os dias atuais.

No segundo capítulo, o principal objetivo é aprofundar nosso entendimento do processo de fundição, explorando os rituais que envolvem a sociedade no passado, bem como conhecer as técnicas tradicionais e o desenvolvimento da fundição no Brasil.

No terceiro capítulo, abordaremos os principais fatores de degradação dos sinos, utilizando a literatura como guia para mapear os danos potenciais.

No quarto capítulo, proponho estratégias de salvaguarda e conservação dos sinos, com base nas informações coletadas nos capítulos anteriores e nas melhores práticas identificadas na pesquisa.

2. SINOS - HISTÓRIA, FUNÇÕES E SIGNIFICADOS

A história dos sinos é rica e multicultural, traçando sua trajetória desde os primórdios e difundido no período da descoberta dos metais até os dias atuais. Ao longo desse percurso, os sinos desempenharam papéis tanto práticos quanto simbólicos, enraizando-se em diversas culturas pelo mundo afora se tornaram símbolo até mesmo de um país. Eles representam uma forma de arte ancestral que continua a encantar, e possuem um profundo significado espiritual em muitas religiões. Além disso, serviram como instrumentos musicais, desempenharam um papel vital na comunicação em tempos antigos e foram amplamente empregados em cenários de guerra. Mesmo no mundo moderno, os sinos mantêm sua relevância e utilidade.

2.1 Origem

A teoria amplamente aceita por estudiosos é que a origem dos sinos remonta a mais de três mil anos na China, antes da era cristã. Inicialmente, esses sinos eram construídos em madeira, não em metal¹. Conforme destacado por FRAGOSO (2017), na Grécia Antiga, no século VIII a.C., os sinos eram moldados em cerâmica, enquanto em outras civilizações, eram produzidos em vidro.

A origem dos sinos como conhecemos em metal está intrinsecamente ligada ao que é conhecido na história como a "Era dos Metais" ou o "Período Calcolítico", onde os objetos de cobre surgiram a partir de 4.500 a. C. Foi nesse período que a humanidade começou a compreender e explorar o potencial dos metais, marcando o início da metalurgia primitiva. O período inicial do bronze (3500-3100 a. C)². Na região da antiga Canaã, que abrange o que hoje são Israel, Síria e Líbano, foram encontrados artefatos em bronze datados do período de 2.100/1.900 a 1.200 a.C., evidenciando o surgimento inicial do processo de difusão da técnica a outras civilizações.

2.2 Sinos na Religião

¹ FRAGOSO, Mauro Maia. A Santificação das Horas Assinaladas pelo Reboar Dos Sinos Unido ao Ressoar do Órgão e do Cantar Dos Monges, (2017 p. 104).

² CARDOSO, Ciro Flamaron. Sociedades do Antigo Oriente Próximo, (1988 p.29).

Os sinos têm uma longa história de uso em rituais religiosos, encontrando-se registros de sua utilização em várias civilizações antigas, como o Egito Antigo, a Grécia Antiga, a China, o Vietnã e no culto dos Hebreus. Eles desempenharam um papel significativo em diversas religiões ao longo dos séculos, servindo como instrumentos de chamamento para a adoração, marcadores de tempo e símbolos de comunicação divina. A reverberação de seus sons muitas vezes transmitia mensagens espirituais e conexões com o divino em diferentes tradições religiosas. Portanto, os sinos desempenharam um papel central na expressão da fé, purificação, busca do espiritual e na experiência religiosa em todo o mundo. Para COSTA (2008) o sino é utilizado presença nos rituais por possuir um plano simbólico conforme o seguinte texto:

“Nos planos simbólico e do seu uso ritual, os sinos apresentam evidentes afinidades com outros idiófones, como as campainhas, os chocalhos e os guizos, designadamente enquanto instrumentos de proteção contra entidades nefastas e como emblemas distintivos de agentes ceremoniais...” (COSTA, Sons Do Tempo: Usos Sociais e Simbólicos do Sino Na Cultura Popular. 2008 p.79)

No Egito Antigo, os cultos aos deuses eram limitados nos templos, embora fosse restrito o acesso do público em geral. Antes de iniciar a cerimônia, os sacerdotisas desciam o rio Nilo, convocando a população com o som dos snujs, que eram como sinos. Esse gesto não apenas atraiam energias positivas, mas também abriu caminhos e invocou a benevolência dos deuses³.

No culto dos Hebreus os Sinos eram também utilizados e por sua vez a referência na Bíblia encontra-se algumas passagens no qual no livro deÊxodo 28:33-35 (Antigo Testamento): Estas passagens descrevem as vestes sacerdotais, que incluíam "uma orla de romãs azuis, roxas e escarlates em volta da bainha, e entre elas umas campainhas de ouro". Quando o sumo sacerdote entrava no Lugar Santo, o som das campainhas era ouvido, simbolizando a presença de Deus e a importância do sacerdote. O livro de Êxodo através de estudos arqueológicos possuía uma datação não precisa de 1445 a.C.

O hinduísmo, com uma história que remonta a cerca de 3 mil anos, é considerado uma filosofia religiosa que tem suas raízes no politeísmo. Em suas

³ PETRUSKI, Maura Regina para Além das Pirâmides e das Múmias: A Festa de Bubástis no Egito Antigo, (2015 p. 149).

práticas rituais, os sinos desempenham um papel significativo. Eles são usados de forma abrangente em todas as cerimônias, desempenhando vários papéis importantes. Primeiramente, os sinos são utilizados para purificar o ambiente. O som do sino precede a iluminação de velas e a queima de incensos, além de iniciar os mantras em sânscrito. O Budismo, semelhante ao Hinduísmo, é uma filosofia espiritual que teve sua origem em 528 a.C. Nesta tradição, os sinos desempenham um papel significativo em seus rituais sagrados.

Nas religiões de matriz africana, os sinos assumem o nome de ADJÁ, que são uma espécie de sineta manual empregada pelos sacerdotes para convocar os fiéis aos rituais. Além de sua função como chamamento, os sinos ADJÁ também desempenham um importante papel como instrumento musical nas práticas religiosas⁴.

No catolicismo, os sinos desempenharam um papel de destaque na difusão da cultura do sino. Por meio do catolicismo, esses instrumentos eram amplamente utilizados em suas torres para marcar o ritmo da cidade e convocar os fiéis.

O toque dos sinos no contexto católico abrange diversos significados. Eles ecoam para chamar os fiéis, anunciar procissões, marcar a saída do padroeiro para as procissões e sua chegada. Além disso, durante as liturgias, o som dos sinos é amplamente empregado para sinalizar momentos de reflexão e meditação durante as missas.

Dentro do Catolicismo, durante a Semana Santa, os sinos permanecem silenciosos no período em que Jesus é simbolicamente considerado morto, voltando a tocar com a celebração de Sua ressurreição. Além disso, os sinos têm sido historicamente empregados em ritos fúnebres para anunciar a passagem de um fiel, marcando o início das procissões que acompanham o corpo até seu local de sepultamento. Essa tradição ainda é preservada nos cemitérios, onde o toque fúnebre avisa que o cortejo está se preparando para partir.

⁴Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Laboratório de Estudos Etnomusicológicos - LABEET-Adjá. Idiofone afro-brasileiro constituído de duas a quatro campânulas acopladas de metal. Tratam-se de recipientes com badalos internos. O instrumento é percutido indiretamente e chacoalhado, dessa forma, classificado como: 112.13. Também conhecido por campa ou sineta. Publicado em 23/05/2016, às 09h58. Última modificação em 15/04/2018, às 09h24. Disponível em: <http://plone.ufpb.br/labeet/contents/acervos/categorias/idiофones/adj%C3%A1#:~:text=Adj%C3%A1%20s.m.%20Idiofone%20afro%2Dbrasileiro,conhecido%20por%20campa%20ou%20sineta>.

2.3 Sinos e Campanários

Na Idade Média, os sinos já desempenhavam um papel fundamental na vida litúrgica monástica, seguindo os princípios estabelecidos por São Bento, que também regulamentou o toque dos sinos de acordo com as regras beneditinas. Os sinos determinavam as dedicações aos ofícios sagrados, marcando o ritmo do dia monástico com badaladas regulares, seguindo um padrão de tempo definido por São Bento e suas regras⁵.

Antes de qualquer coisa, os sinos nas torres tinham um simbolismo de comunicação direta com Deus, ou seja, antes de proclamarem mensagens para a população, eles estabeleciam essa comunicação divina. Com o passar do tempo, à medida que os sinos se tornaram instrumentos funcionais e passaram a ressoar nos campanários para marcar o tempo, permitindo que seu som fosse amplamente audível a grandes distâncias. Esse avanço representou uma transição significativa na história dos sinos, à medida que deixaram de ser estritamente rituais e se tornaram elementos públicos, um marco que teve início no século VII.

Os edifícios religiosos se destacaram pela construção de torres para abrigar os sinos, contribuindo para uma transformação marcante na paisagem urbana da época. De acordo com DANTAS (2017), nesse mesmo período, surgiram desafios nas fundições, uma vez que os sinos precisavam ser confeccionados em proporções maiores para serem acomodados nos campanários, garantindo que o som fosse audível por toda a cidade. Com a construção das torres sineiras, o desenvolvimento das fundições de sinos tornou-se significativo.

A presença de uma torre em uma igreja tornou-se um elemento arquitetônico indispensável, consolidando-se como um referencial na paisagem urbana. Com a construção de majestosas catedrais, especialmente durante o Renascimento, as fundições aprimoraram suas técnicas para produzir sinos de maior magnitude e peso. Uma das arquiteturas religiosa mais comum no Brasil é a estrutura com uma ou dois campanário como as imagens abaixo.

⁵ A regra do São Bento para os ofícios sagrados DAGELO (2013), era apenas a classificação matina (meia noite), laudes (3 da manhã) prima (6 da manhã), terça (9 horas), sexta (meio-dia), nona (15 horas), véspera (18 horas) e completa (21 horas).



Fonte: (a) Capela de Sant'anna Macaé - RJ. Arquivo pessoal da Autora.



Fonte: (b) Igreja São Francisco de Assis São João del Rei -MG. Arquivo pessoal da Autora.

A torre sineira nas igrejas surge no século X, ela passa ter a função religiosa e a função militar. Segundo DANTAS (2017), as torres sineiras nas igrejas começaram a surgir no século X, assumindo tanto uma função religiosa quanto uma função militar.

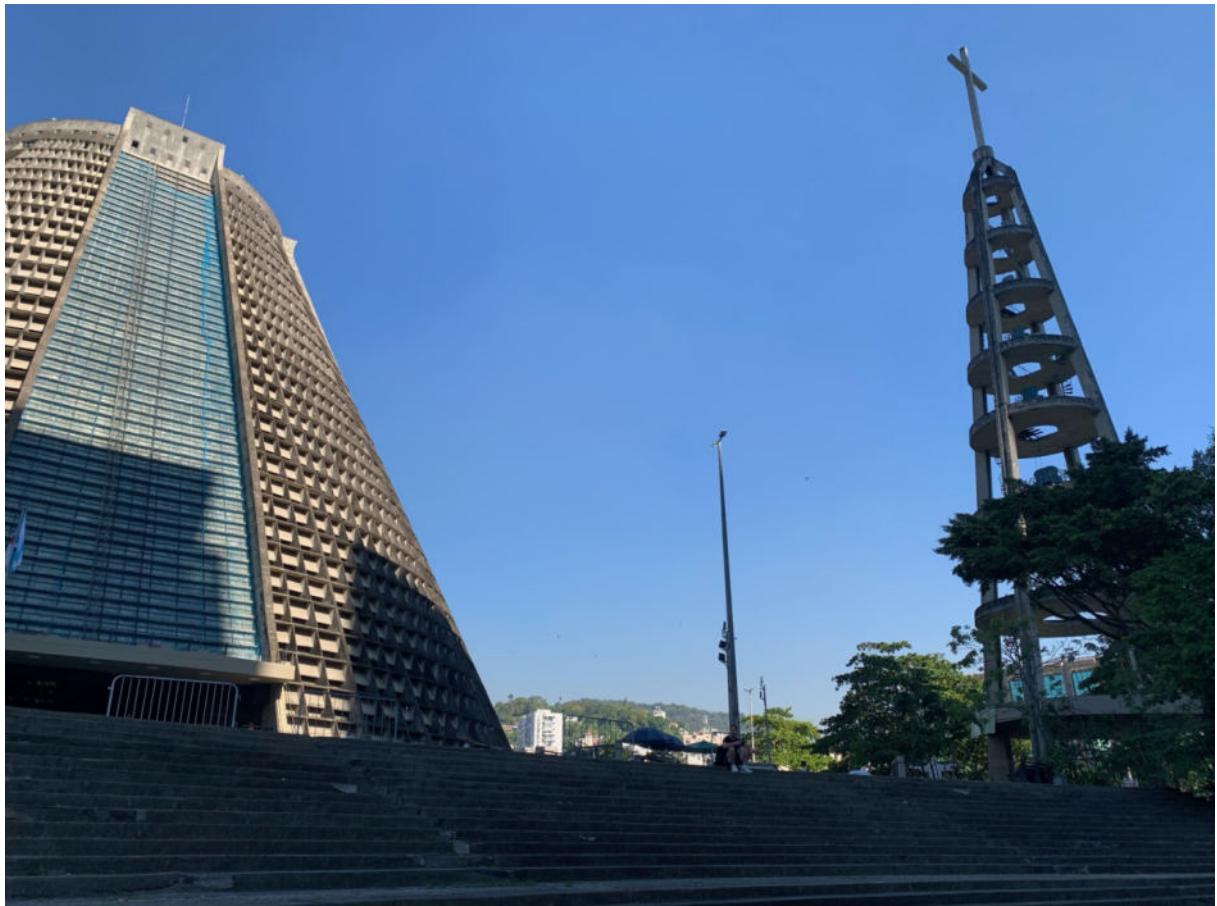
"As torres protegem a cidade e acentuam o poder da Virgem sobre a urbe. Algumas torres do séc. XII ainda eram de caráter militar, no entanto, mesmo essas, mantiveram a monumentalidade e ganharam um princípio de beleza. As torres são um dos elementos da vertente arquitetônica militar, mas não somente dela: dos donjons franceses do séc. XI às torres de catedrais do séc. XIII mudanças sociais e técnicas se perpetuaram e mudaram a funcionalidade e forma das torres. Seu uso se expandiu para outras construções onde antes não estavam presentes." (DANTAS, 2017, p.64)

As igrejas da Idade Média desempenharam um papel indispensável na santificação, devoção e defesa das cidades. Além de serem centros espirituais, suas torres, originalmente destinados a abrigar sinos para propósitos religiosos, evoluíram para se tornar pontos estratégicos de observação, desempenhando um papel vital na defesa contra possíveis invasões surgindo às igrejas-fortificações⁶.

A presença de uma torre sineira no século XIX era frequentemente vista como um símbolo de prosperidade. A ausência de tal torre poderia ser interpretada como um indicativo da falta de recursos na comunidade e, por consequência, de uma possível falta de prestígio.

⁶ DANTAS, Bárbara. "Santiago de Compostela e as igrejas-fortificações: uma análise da Cantiga 26 das *Cantigas de Santa Maria* de Afonso X." *Revista do Colóquio*, n. 13, v. 7, 2017.

Uma das torres de sino mais reconhecidas em todo o mundo é, sem dúvida, a Torre de Pisa. De acordo com VENIALE (2000), esta torre é um campanário independente que faz parte do complexo da Catedral de Pisa, na Itália. O que a torna especialmente famosa é a sua inclinação característica, que resultou de afundamentos do solo durante a sua construção. Na Torre de Pisa, encontramos um conjunto de sete sinos que desempenham um papel essencial na vida da cidade e da catedral. Estes sinos, juntamente com a icônica inclinação da torre, são uma parte fundamental da identidade cultural de Pisa e atrai visitantes de todo o mundo. Assim como na Itália, muitas igrejas foram projetadas com seus campanários afastados e no Brasil possuímos alguns exemplares como a Catedral Metropolitana de São Sebastião do Rio de Janeiro, inaugurada em 1976 com estilo moderno, possui seu campanário afastado da Catedral conforme imagem abaixo.



Fonte: Imagem Catedral Metropolitana de São Sebastião do Rio de Janeiro - Arquivo pessoal da Autora.

2.4 Sinos na Música

O sino apesar de ter muitos simbolismos também é considerado um instrumento musical da família idiófonos, ou seja instrumentos que o seu próprio corpo vibra e produzem som ao ser utilizado.

O sino, desde sua origem, teve uma ampla gama de usos, indo além de sua função ritual, sendo empregado também como um instrumento musical. Um exemplo notável disso é a ópera de Tchaikovsky (1840–1893), intitulada "1812 Overture", na qual o compositor utilizou os sons dos sinos da torre sineira, juntamente com o som de canhões, que se harmonizou com a orquestra.

A sineta de mão também ganhou ampla difusão no universo musical, tornando-se um instrumento de percussão muito popular na educação infantil, sendo amplamente utilizado para introduzir os pequenos à musicalização.

O sino, para além de ser um instrumento musical, tem servido de inspiração a compositores ao longo dos tempos. Não apenas em músicas relacionadas ao Natal, como o icônico "Jingle Bell" do compositor James Lord Pierpont (1822–1893), conhecido globalmente, mas também em nosso repertório nacional, encontramos inúmeras referências aos sinos. Um exemplo notável é a canção "Sino, Claro Sino" de Raphael Rabello & Milton Nascimento. Além disso, na música de Alceu Valença, em sua canção "Anunciação", ele evoca os sinos das catedrais como mensageiros da chegada de sua amada, um tema explorado por muitos outros compositores em todo o mundo.

O sino dos campanários, além de servir como marcação para orações e convocações para a missa, nunca deixou de ser considerado um instrumento musical. Ele entoa as horas para a população local, conforme destaca HENRIQUES (2017), integrando-se à paisagem sonora da cidade. O sino incorpora a música ao cotidiano urbano, e a maneira como é tocado e utilizado em diversas cerimônias reflete a diversidade de toques, ressaltando a musicalidade intrínseca desse instrumento.

No cenário musical contemporâneo, a poesia dos sinos encontra um novo eco no single "Sinógeno", onde samplers digitais e batidas, criados por Rabay e tocados pela musicista e luthier Maria Anália, unem o sagrado e o profano. Eles incorporam os sons dos sinos das históricas igrejas de São João del Rey, em Minas Gerais, misturando toques de maracatu, influências da música africana e elementos da música eletrônica para criar uma identidade musical única. É importante mencionar

que o toque dos sinos da cidade de São João del Rey é considerado patrimônio cultural pelo Iphan, tornando essa fusão musical ainda mais significativa.

2.5 Sinos na Comunicação

A utilização dos sinos, no âmbito civil, abrange uma variedade de funções importantes. Eles servem como marcadores de horas, sinais de alerta para situações de incêndio, alagamento, situação de invasões de cidades e, por muito tempo, foram empregados como meios de indicar horários de entrada e saída nas escolas, bem como pausas ou trocas de turnos. Além disso, ao longo dos anos, os sinos foram cruciais para as embarcações em diversas aplicações, assim como nas ferrovias como sinalização da passagem dos trens e nos bondes que circulavam as cidades no século XIX. Abaixo identificamos sinos fundidos em bronze usados na estação e no vagão para sinalizar.



Fonte: Imagem de sinos ferroviários do Museu Ferroviário de São João del Rei, sinos utilizados nas estações e nos trens. Arquivo pessoal da autora.

Na Idade Média, os sinos desempenharam um papel importante na regulação do ritmo das cidades. Seu repicar marcava não apenas a passagem das horas, mas também influenciava a vida dos burgueses. Como LE GOFF (1992) destacou os sinos não eram mais exclusivamente símbolos do tempo eclesiástico; eles se tornaram um meio de convocação dos cidadãos. Inicialmente associados à marcação do tempo para atividades agrícolas, os sinos passaram a ser uma ferramenta essencial nas cidades têxteis, onde os burgueses passaram a ter interesse em possuir seus próprios sinos para regular o trabalho.

Os sinos das igrejas não somente marcaram as horas nas cidades ou convocaram os fiéis para as missas, em caso de incêndios os sinos eram tocados em ritmos de alertas convocando a princípio os cidadãos da cidade a correr com para apagar os incêndios, posteriormente com a criação da corporação de bombeiros os sinos continuam sendo presente nos quartéis na sinalização de incêndios.

O sino Big Ben de Londres, conhecido como um cartão postal da cidade, o que poucas pessoas conhecem é que o nome Big Ben é referente ao sino e não a torre e relógio que fica situada no prédio do Parlamento Inglês que foi construído em 1850⁷. O sino do Big Ben permanece fiel à sua missão de anunciar as horas, agora também abraçando uma função turística.

Um marco vital na história do sino, destacando sua função de comunicação, é o "State House Bell". Este sino desempenhou um papel fundamental na história dos Estados Unidos, sendo utilizado em 8 de julho de 1776 para convocar a população a ouvir a primeira leitura da proclamação de independência. Tendo adquirido grande importância, foi posteriormente nomeado "Liberty Bell". Seu som tornou-se tão significativo que os abolicionistas o usaram para proclamar a abolição da escravatura no país. Com a inscrição "Proclamar a liberdade em toda a terra a todos os seus habitantes", o sino é agora um símbolo duradouro da liberdade nos Estados Unidos, exibido em um museu como testemunho da liberdade conquistada⁸.

Outra expressão de comunicação através dos sinos ocorria nos navios, onde eram extensamente utilizados para diversos propósitos. Esses sinos eram

⁷ FERNANDES, Cláudio. Big Ben – Origem do nome. História do Mundo - <https://www.historiadomundo.com.br/curiosidades/big-ben-origem-nome.htm>

⁸ LIBERTY Bell Passes Stress Test. *In:* Liberty Bell Passes Stress Test. News Release 03-037. ed. National Science Foundation, 2003. Disponível em: https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=108290. Acesso em: 23 abr. 2023.

empregados para sinalizar a partida da embarcação, facilitar a comunicação entre navios, anunciar a chegada a um porto e, em situações emergenciais envolvendo neblina, indicar a localização da embarcação. Conhecidos a bordo como "Sinos de Bordo", desempenhavam um papel essencial na comunicação entre a tripulação, contribuindo para a segurança e coordenação das atividades marítimas. Eles desempenham um papel crucial na marcação do tempo e na divisão de turnos da tripulação, sendo projetados de maneira que os toques sejam distintos, permitindo que a equipe compreenda as chamadas específicas⁹. Atualmente, existem programas automatizados que podem reproduzir esses toques de sino, eliminando a necessidade de uma pessoa física tocar o sino manualmente.

As Batidas do Sino:

1 ^a meia-hora do quarto	Uma batida singela
2 ^a meia-hora do quarto	Uma batida dobrada
3 ^a meia-hora do quarto	Uma batida dobrada e uma singela
4 ^a meia-hora do quarto	Duas batidas dobradas
5 ^a meia-hora do quarto	Duas batidas dobradas e uma singela
6 ^a meia-hora do quarto	Três batidas dobradas
7 ^a meia-hora do quarto	Três batidas dobradas e uma singela
8 ^a meia-hora do quarto	Quatro batidas dobradas

Fonte: disponível em: <https://eam-cemike1976-77.comunidades.net/sino-de-bordo2> acesso:01/11/23

Os sinos usados nas ferrovias tinham a importante função de emitir sinais sonoros para indicar a partida dos trens e para alertar que pessoas, animais, pedestres e veículos deveriam se afastar da linha férrea. Um exemplo marcante dessa preservação da memória auditiva coletiva são os modernos Veículos Leves sobre Trilhos (VLTs) na cidade do Rio de Janeiro, substituindo os antigos bondes. Apesar da avançada tecnologia, esses VLTs mantêm a tradição do ressoar do som dos sinos, ainda que de forma eletrônica. Esse toque, mesmo modernizado, permanece, contribuindo para preservar a rica herança da memória sonora coletiva da cidade.

2.6 Sinos nas Guerras

⁹ Lyra, Márcio de Faria Neves Pereira de. Tradições do mar: usos, costumes e linguagem/organizado pelo Capitão-de-Fragata Márcio Lyra.- 7.ed., rev. e aum.- Brasília : Serviço de Relações Públicas da Marinha, 1999. p.18

Os sinos desempenharam um papel essencial em contextos de guerra, desempenhando várias funções vitais. Primeiramente, eram usados para alertar a população sobre a iminência de invasões inimigas, servindo como um aviso sonoro que estimulava a preparação para a defesa. O som dos sinos também era empregado para comunicar a proximidade de combates e conflitos nas proximidades das regiões, permitindo que as pessoas se resguardassem e se mantivessem informadas sobre a situação.

Além disso, os sinos eram um componente fundamental dos sistemas de defesa das cidades, tanto como meio de alerta quanto como uma maneira de organizar a população para a resistência. A sua ressonância ecoando pelas ruas era um lembrete constante da necessidade de estar preparado para defender a cidade e seus habitantes. Durante a invasão dos franceses na cidade do Rio de Janeiro em 1710, os sinos da Igreja de Santo Antônio, situada no atual Largo da Carioca, soaram em sinal de vitória para anunciar à população que os invasores haviam sido derrotados. Conforme Santos (2006) relata, pouco antes do toque da Ave Maria, os sinos de todas as igrejas ecoavam festivamente, celebrando a conquista. Neste contexto, os sinos desempenharam um papel de suma importância ao proporcionar alívio à população carioca, que vivenciava o terror de uma possível invasão da cidade



Fonte: Imagem do Convento de Santo Antonio Rio de Janeiro, onde os sinos do seu campanário ecoaram o sinal da Invasão dos franceses alertando a população. Acesso Pessoal da Autora

Um exemplo marcante de como os sinos desempenhou um papel significativo na história ocorreu no momento em que a Segunda Guerra Mundial chegou ao seu fim. Enquanto o famoso repórter Esso transmitia a notícia do fim da guerra, o som dos sinos ecoou nitidamente ao fundo, anunciando a chegada desse momento histórico¹⁰.

Portanto, os sinos desempenhavam uma função ampla e relevante no contexto de guerra, servindo como um elo vital na comunicação, na mobilização e na proteção das cidades e de suas populações.

Os sinos também desempenharam um papel essencial na comunicação entre as tropas em contextos de guerra. Em meio ao tumulto e ao caos de um campo de batalha, onde a comunicação muitas vezes era desafiadora, o som dos sinos tornou-se uma ferramenta valiosa para transmitir mensagens e comandos.

O sino, conhecido como o "Sino de Hitler", na pequena cidade de Herxheim am Berg na Alemanha, desempenhou um papel peculiar durante a Segunda Guerra Mundial. Utilizado não apenas como instrumento de proclamação de poder, mas também como meio de perpetuar uma doutrina, este sino prestava homenagem a Adolf Hitler, ostentando a suástica e a inscrição: "Tudo pela pátria - Adolf Hitler". Em 2018, a controvérsia em torno do sino veio à tona quando um morador local denunciou sua existência, desencadeando um processo para removê-lo da igreja¹¹. Uma intensa discussão tomou conta da cidade, trazendo à tona a questão fundamental sobre o destino do sino: deveria permanecer como testemunho da残酷 dos nazistas ou ser encaminhado para um museu?¹² A solução adotada foi a permanência do sino como está, para que a memória da残酷 não seja esquecida.

¹⁰ O Repórter Esso era um renomado canal de notícias transmitido pelo rádio no Brasil. Em um marco histórico, em 8 de maio de 1945, anunciou o fim da Segunda Guerra Mundial. O áudio desse momento icônico pode ser acessado através do link: [<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/debaser/singlefile.php?id=18123>] (acessado em 02/11/2023).

¹¹ Nazismo: sinos com mensagens pró-Hitler colocam igrejas no centro de polêmica na Alemanha - <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-47406871> visitado em 08.11.2023

¹² A decisão de não colocar o sino em um museu gerou intenso debate na pequena cidade, impulsionado pelo receio de se tornar um ponto de atração para simpatizantes da causa nazista. O temor era de que a presença do sino pudesse resultar em práticas negativas, como selfies que, ao serem compartilhadas, poderiam amplificar a divulgação negativa associada a essa parte da história.

Após o incidente na cidade de Herxheim am Berg, na Alemanha, outras localidades da região iniciaram inspeções em seus sinos. Durante esse processo, foram identificados mais cinco sinos com representações semelhantes. No entanto, ao contrário de Herxheim am Berg, optaram por não divulgar suas localizações, temendo atrair turistas indesejados. As descrições desses sinos foram prontamente apagadas para evitar a propagação indesejada de informações¹³.

Após o término da Segunda Guerra Mundial e a derrota dos nazistas, um presente significativo enviado pelos Estados Unidos da América à cidade de Berlim em homenagem ao fim da guerra foi o sino denominado "Freedom Bell". Este sino tinha como objetivo tornar-se um símbolo marcante de recuperação e liberdade para a sociedade que sofreu opressão durante o regime nazista.

2.7 Sinos no Mundo Moderno

O toque dos sinos passou por modificações significativas no mundo moderno, o sino não precisa tocar para que a população tenha informação das horas. O toque era realizado manualmente pelo sineiro, mas nos dias atuais, o toque se tornou eletrônico. Por exemplo, em navios, o som persiste, mas é gerado eletronicamente. No caso dos bondes, o toque do sino continua presente, embora agora seja produzido de forma eletrônica.

Além disso, em alguns campanários, onde os sinos não foram silenciados, eles ainda soam de maneira mecânica. A cultura do sino permanece viva no imaginário sonoro, mas a forma de produzi-la se modernizou, adaptando-se às tecnologias contemporâneas.

O soar dos sinos mantém uma conexão intrínseca com o contexto religioso e litúrgico, preservando tradições que resistem aos avanços da modernidade. Os sinos desempenham um papel fundamental na preparação do espaço sagrado para receber o espírito divino durante a realização de cerimônias religiosas.

Eles não apenas anunciam o início das celebrações, mas também convocam os fiéis para participar da liturgia. O som dos sinos ressoa, atravessando gerações, como um elo entre o sagrado e o terreno, convidando a comunidade a se reunir em adoração e reflexão.

¹³ Nazismo: sinos com mensagens pró-Hitler colocam igrejas no centro de polêmica na Alemanha - <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-47406871> visitado 08.11.2023

Mesmo em meio à crescente influência da tecnologia e à mudança de paradigmas na sociedade, o toque dos sinos permanece como um testemunho vívido da continuidade das tradições religiosas. Esses sons evocativos são um lembrete da importância de manter vivas as práticas espirituais e litúrgicas, que têm raízes profundas e continuam a ser uma fonte de conforto e significado para muitos. Portanto, os sinos são mais do que meros instrumentos; eles são guardiões da fé, pontes entre o mundo material e o divino, conectando o presente com a herança espiritual do passado.

3. TÉCNICA DE FUNDIÇÃO

A fundição de sinos tem raízes profundas, remontando ao período conhecido como a Idade dos Metais (3.000 a.C – 1.000 a.C). Essa técnica artesanal, que se originou nos primórdios da humanidade, desafiou a passagem do tempo e persiste até os dias modernos. Embora o processo fundamental tenha permanecido essencialmente o mesmo, a grande diferença entre o mundo antigo e o mundo moderno reside na compreensão avançada dos materiais, no conhecimento aprofundado da formação de ligas metálicas e no desenvolvimento científico substancial.

Nesse contexto, a fundição de sinos evoluiu, incorporando avanços científicos e técnicos que permitiram a produção de sinos de maior qualidade e precisão sonora. A união entre a rica tradição histórica e o conhecimento científico contemporâneo é um testemunho da capacidade da humanidade de preservar e aprimorar suas habilidades ao longo do tempo. A técnica amplamente explorada neste capítulo é aquela empregada na Europa, a qual, por sua vez, é a mesma ainda adotada no Brasil.

3.1 Símbolos e Crenças na Fundição

No passado, a fundição de sinos era um processo realizado por artesãos seguindo um ritual que envolvia gestos, técnicas e superstições peculiares. De acordo com PINTO (2020), esse ritual se iniciava com a aquisição da madeira necessária para abastecer os fornos de fundição. Essa madeira era adquirida de lavradores locais e entregue à fábrica por um indivíduo jovem que não apresentava qualquer marca ou sinal no rosto, a fim de evitar trazer má sorte ao processo. A exigência de que esse intermediário fosse mais jovem tinha o propósito de garantir que ele não tivesse conhecimento para divulgar informações e técnicas de fundição, a fim de evitar a competição no setor.

Cada fundição tinha seus rituais específicos ao despejar o metal fundido nos moldes. Em algumas delas, era proibida a entrada de mulheres nesse momento, com o intuito de evitar quaisquer problemas ou má sorte. Em contrapartida, em outras fundições, recitava-se uma Ave Maria como uma forma de garantir que não

ocorressem problemas com o molde durante o despejo do metal fundido, evitando vazamentos indesejados.

Os rituais durante o processo de fundição prosseguiram com a bênção de um sacerdote da igreja. Ele visitava a fundição dos sinos no momento em que a liga metálica estava sendo preparada, com o propósito de abençoar o sino. Isso assegurava que, quando o sino estivesse pronto, haveria a garantia de que seu som seria agradável aos ouvidos.

Uma superstição comum durante a fundição de sinos no passado envolvia a doação de "metais" que incluíam moedas, talheres e taças de prata ou ouro. Aqueles mais afortunados acreditavam que ao fazerem essas doações para a construção dos sinos, estariam atraindo a bênção divina para si. PINTO (2020) destaca que nessa prática, os fundidores não colocavam todos os objetos diretamente na fornalha. Em vez disso, os objetos eram depositados na boca de carga de combustível. Ao final do processo, parte dos objetos era recuperada como uma forma adicional de remuneração para os fundidores.

Após a conclusão da fundição, o sino era preparado para receber a bênção antes de ser instalado no campanário. Ele era adornado com flores e, nessa ocasião, um membro de alto prestígio local, como um bispo, era convidado a proferir orações e abençoar o sino. Além disso, a água benta era derramada sobre o sino como parte do ritual de invocação da bênção. Essa cerimônia, como observa PINTO (2020), pode ser comparada ao batizado de crianças, uma vez que os sinos também tinham um padrinho.

No dossiê descritivo dos sinos elaborado pelo Iphan, o batismo do sino era um processo minucioso. Além da água benta, o sino era ungido com óleo dos enfermos e de Crisma. Sete cruzes eram marcadas no exterior do sino, juntamente com quatro cruzes em seu interior. Adicionalmente, a fumaça do incenso de mirra era aplicada na boca do sino. Essa cerimônia tinha como crença afastar possíveis maus presságios e os "demônios" da região, tão longe quanto o som do sino pudesse alcançar.

Essa prática de abençoar sinos perdura há milênios e continua sendo uma tradição comum. Na imagem abaixo, podemos identificar o Papa Francisco realizando a bênção do sino "Sim à Vida" na Polônia. Isso ilustra como a benção de sinos ainda é uma parte relevante e significativa da cultura e da religião.



Fonte: Disponível em:
<https://www.vaticannews.va/pt/papa/news/2023-03/papa-francisco-audiencia-geral-bencso-sino-vida-zambia-polonia.html> Acesso: 03/11/23

O sino, ao ser fundido, já tinha a escolha do padroeiro, da confraria e da pessoa a quem ele seria dedicado. Essa escolha era refletida na inscrição que gravavam no sino, identificando a dedicação específica. Cada sino, assim, se tornava uma peça única e significativa, representando não apenas um instrumento funcional, mas também um vínculo espiritual com a comunidade e sua devoção. Nas imagens abaixo, podemos identificar detalhes interessantes relacionados a sinos do campanário. Na imagem (a), observamos a descrição de um sino datado de 1872 da Basílica Santuário de Nossa Senhora da Penha, no Rio de Janeiro. Atualmente, esse sino está em exposição no Museu da própria Basílica. Uma característica notável é que este sino tem como padroeiro o Império Brasileiro, evidenciado pela presença do símbolo imperial em sua descrição.

Na imagem (b), temos o Sino da Primeira Torre da Basílica Santuário de Nossa Senhora da Penha, datado de 1728, que também está em exibição no Museu

da própria basílica. Este sino é dedicado à Nossa Senhora da Penha, com a imagem da Santa no centro do sino, demonstrando uma clara devoção à padroeira.



Fonte: Imagem (a) e Imagem (b) Sino pertencente ao Museu da Basílica Santuário Arquidiocesano Mariano de Nossa Senhora da Penha - Acervo pessoal da Autora

O sino desempenhou um papel de grande importância no imaginário coletivo. Um exemplo notável dessa associação é Santa Bárbara, venerada como a padroeira dos bombeiros e mineiros, sendo frequentemente retratada segurando um campanário em seus braços. A história de Santa Bárbara é marcada por um martírio cruel. Segundo Megale (2004), ela era mantida aprisionada em uma torre sempre que seu pai viajava. Durante uma dessas ausências, ela ordenou a construção de uma terceira janela na torre, simbolizando a Santíssima Trindade e representando sua conversão ao cristianismo. Quando seu pai retornou e rejeitou sua conversão, ele a denunciou e ela foi decapitada no topo de uma montanha. Após esse ato terrível, um estrondo ensurcedor ecoou pela vila, e um raio atingiu a cabeça de seu pai, como se fosse uma punição divina pelo mal que ele havia infligido à sua filha.

Essa narrativa ilustra a conexão intrínseca entre sinos, fé e a proteção divina personificada por Santa Bárbara. Em Portugal, como mencionado por PINTO (2020), era comum que as igrejas dedicassem um sino a Santa Bárbara, que era tocado sempre que uma tempestade se aproximava, a fim de acalmar os trovões e relâmpagos.

3.2 Composição do Sino

O sinal é composto por elementos que, quando em conjunto e em movimento, executam a vibração que gera o som que ouvimos. Cada um desses elementos é fundamental para o correto funcionamento dos sinos, uma vez que, na ausência de qualquer um deles, mesmo com a aplicação da força humana ao balançar, o som não será produzido.

De acordo com o documento *Entendendo os Sinos: Um Breve Manual*, do IPHAN (2018), o sinal é composto por cabeçalho, asa, coroa, malha, badalo, bola do badalo, costela (ou boca do sinal) e bacia. Suas funções são:

O cabeçalho do sinal é a parte fundamental para o seu funcionamento em um campanário. Geralmente, é feita de madeira e abriga o eixo de movimentação do sinal. Através do cabeçalho, o sinal obtém o impulso necessário para iniciar seu movimento.

A "asa," também conhecida como "coroa," é a parte superior do sinal fundido que fica presa ao cabeçalho, ligando essas duas partes para permitir que o sinal realize seu movimento quando o eixo é movido.

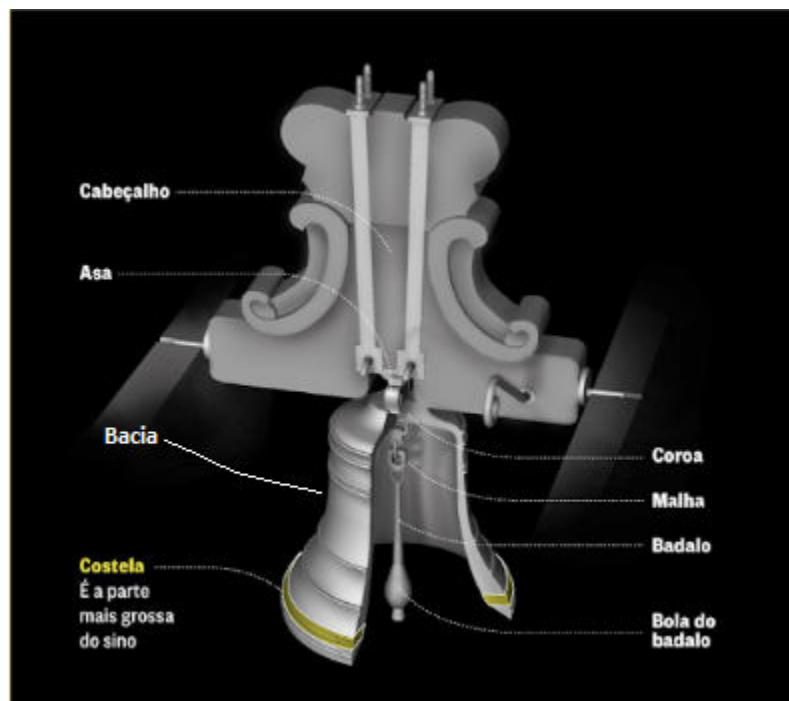
A "malha" é a parte que conecta o bastão do badalo à estrutura do sinal. Geralmente, ela é feita com tiras de couro cru ou cordas de sisal e liga-se à estrutura da bacia do sinal. Essa parte é fundamental, pois possibilita o movimento do badalo de um lado para o outro, permitindo que ele entre em contato com as costelas do sinal e, assim, gere a vibração característica.

O badalo é um bastão feito de bronze fundido, conectado ao a bola do badalo que é uma ponta em forma de bola ou âncora, e desempenha a função de provocar a vibração na estrutura do sinal.

Costela, também conhecida como a boca do sino, é a parte do sino que determina o seu tom característico. Cada sino possui um diâmetro diferente, o que resulta em um toque único e distinto, uma vez que o diâmetro influencia diretamente no som produzido.

A bacia do sino, também conhecida como o corpo do sino, é feita de bronze e abriga a estrutura principal, que inclui a arte, ornamentação e as características do padroeiro. Essa parte é comum ao imaginário de todos, já que, quando o badalo se move, a bacia do sino executa o movimento oposto para produzir o som.

Abaixo, apresentamos uma imagem que ilustra a posição de cada elemento mencionado, servindo como representação visual.



Fonte: O Globo - disponível em: <https://infograficos.oglobo.globo.com/rio/sinos.html>- acesso 04/11/23, alterado pela autora.

3.3. Carrilhão

Além dos componentes dos sinos mencionados anteriormente, não podemos esquecer-nos dos carrilhões. Eles constituem um conjunto de sinos afinados, tocados por meio de um mecanismo controlado manual ou automaticamente para

criar melodias. Amplamente utilizado em torres de igrejas, catedrais e edifícios históricos, o carrilhão é composto por vários sinos de diferentes tamanhos, cada um correspondendo a uma nota musical específica.

Segundo Baião (2010), o carillonneur, posicionado em uma cabine sob o carrilhão, utiliza teclas para acionar um mecanismo composto por alavancas e cabos que estão conectados diretamente aos badalos dos sinos. Isso permite variar a intensidade da nota conforme a pressão aplicada nas teclas correspondentes. Além das teclas manuais, os sinos maiores possuem pedais que permitem tocar as notas graves de duas maneiras distintas.



Fonte: BAIÃO, COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UMA TORRE SINEIRA: Igreja de Santo António das Antas (2010,p.18-20)

3.4 Fundição de Sinos Processo

Os sinos frequentemente empregados em campanários são produzidos por meio de fundição, uma técnica na qual o metal passa por fusão, é inserida no molde e aguarda até se solidificar. No entanto, nos primórdios da fabricação de sinos na Europa, a fundição não se estabeleceu como o método predominante. Conforme destacado por CARVALHO (2012), os primeiros sinos europeus, datados do final do século VI e início do século VII, eram confeccionados em ferro forjado. Exemplares desse tipo podem ser encontrados, por exemplo, no Mosteiro de São Gall, localizado

na atual Suíça. A técnica de ferro forjado difere do processo de fundição, pois envolve a manipulação do ferro por meio de aquecimento e moldagem. Trata-se de uma técnica artesanal que inclui o aquecimento do metal a altas temperaturas e, em seguida, a moldagem utilizando ferramentas como martelos e bigornas. O ferro forjado é frequentemente associado à criação de peças decorativas, como grades, portões, luminárias e elementos arquitetônicos¹⁴.

O processo de fundição de um sino é uma etapa essencial que demanda extrema precisão, uma vez que o som do sino depende integralmente dessa fase. Não sendo conduzido por uma única pessoa, o processo envolve diversas etapas significativas, destacando-se a fase de metalurgia como essencial para o resultado final. A primeira etapa para concluir a fundição do sino é compreender o que é o bronze. As etapas subsequentes incluem a confecção do molde de barro, o revestimento com cera, a ornamentação, a cobertura com barro grosso, a quebra do falso sino, a inserção do bronze, a usinagem e, por fim, a afinação. Esse processo exige a colaboração de vários profissionais que devem trabalhar com extrema precisão, uma vez que qualquer pequeno erro pode resultar em um sino rachado ou com a afinação comprometida no resultado final.

3.5 Bronze

O bronze é uma liga metálica que consiste principalmente em cobre e estanho em sua formação primária. Contudo, durante o processo de formação, outros elementos metálicos, como zinco, alumínio, fósforo, chumbo e o cobre, podem ser adicionados para aumentar a força, dureza e resistência mecânica da liga. No contexto dos sinos históricos, existem registros de doações de prata e ouro para serem adicionados à sua fundição¹⁵. A comprovação desses elementos adicionais só pode ser obtida por meio de exames específicos destinados a detectar tais adições ao bronze. Segundo SARAIVA (2019), a fabricação de sinos na China consiste em uma receita de quatro partes de cobre (Cu) para uma parte de estanho (Sn), enquanto na Alta Idade Média na Europa era comum utilizar ferro (Fe), cobre (Cu),

¹⁴ BLAIR, Malcolm; W. MONROE, Raymond. Fundido ou Forjado? Uma Avaliação Realística. Steel Founders' Society Of America, (2000).

¹⁵ Conforme DANGELO, *et al* (2013, p. 127), a presença de prata e ouro na fundição dos sinos não passa de uma lenda criada na Idade Média para romantizar o processo de fundição desses instrumentos.

bronze e ferro revestido a bronze. Segundo DANGELO e BRASILEIRO (2013), a fórmula na associação italiana consiste em 78 a 80% de cobre e de 20 a 22% de estanho. Já nas fundições francesas, a composição varia para 76% de cobre e 24% de estanho. Essa variação pode ser ajustada de acordo com a busca pela sonoridade desejada. Uma liga com maior teor de estanho torna o bronze mais rígido, resultando em um som mais vibrante. No entanto, essa variação pode acarretar efeitos negativos, como fragilidade e redução da resistência mecânica.

Portanto, as fórmulas utilizadas na fundição do bronze variaram significativamente ao longo dos anos, não se mantendo fiéis a uma única receita. A composição variava de acordo com as preferências dos fundidores. De acordo com SARAIVA (2019), as fundições contemporâneas ajustam a formulação das ligas conforme o tamanho dos sinos, como descrito no trecho a seguir:

“Segundo algumas fundições contemporâneas a composição do bronze campanil pode variar entre os 18 % e os 25 % de Sn de acordo com a dimensão do sino. Atualmente, os sinos de maiores dimensões apresentam valores próximos de 19 % de Sn enquanto os sinos de menores dimensões apresentam teores mais próximos dos 23 % de Sn...” (SARAIVA, 2019, p.3)

O bronze campanil é assim denominado para distinguir o bronze utilizado na indústria do bronze empregado na fundição de sinos. O bronze campanil, com mais de 17% de estanho, apresenta uma microestrutura com duas fases: α e $(\alpha+\delta)$ eutetóide¹⁶. Segundo SARAIVA (2019), a proporção entre essas fases varia de acordo com o teor de estanho e a velocidade de resfriamento. Resfriamentos lentos favorecem estruturas dendríticas e reduzem porosidades, enquanto resfriamentos rápidos aumentam a fração de eutetóide na microestrutura final. Já um bronze com 27% de estanho terá uma microestrutura diferente, sem a fase α eutetóide e com a presença de uma microestrutura muito fina composta inteiramente pelo eutetóide. Para bronzes com teores mais altos de estanho, entre 27% e 33% de Sn, a microestrutura é composta por grãos de fase δ rodeados pelo eutetóide $(\alpha+\delta)$, causando a fragilidade do bronze campanil.

¹⁶ O termo "eutetóide" em uma liga metálica se refere a uma composição específica com um ponto de fusão mais baixo do que os componentes individuais. Uma liga eutética solidifica-se instantaneamente a uma temperatura constante, resultando em uma microestrutura de grãos finos. Quando mencionamos a mistura eutetóide $(\alpha+\delta)$ no contexto do bronze campanil, estamos falando de uma composição específica da liga que se solidifica de maneira eutética, onde as fases α e δ coexistem em uma proporção definida durante o resfriamento.

Entendendo essa premissa, conseguimos compreender a formulação dos sinos e as particularidades que tornam cada sino único em termos de estatura, composição da fundição (ligas), modelo e demais características.

3.5.1 Características do Bronze

O bronze apresenta características distintas que contribuem para sua durabilidade. Em sua composição, destaca-se uma camada inicialmente dourada após seu polimento, que, com o passar do tempo, desenvolve naturalmente uma película protetora com tonalidade verde. Mais adiante, exploraremos essa camada em detalhes, considerando até que ponto ela é benéfica para a preservação.

A fórmula que combina quatro partes de cobre (Cu) para uma parte de estanho (Sn) puro confere à liga maior dureza, ductilidade e resistência mecânica¹⁷. O estanho desempenha um papel imprescindível na resistência à corrosão do material, desde que esteja em um ambiente favorável. As características principais do bronze segundo MANSO (2011), resultante dessa composição incluem:

- Elevada resistência à corrosão, graças à contribuição significativa do estanho nesse aspecto, especialmente em condições ambientais propícias.
- Alta resistência mecânica, conferindo durabilidade e robustez à liga.
- Alta ductilidade, possibilitando a conformação do material em diferentes formas.
- Alta resistência ao desgaste, tornando-o adequado para aplicações sujeitas a atrito e abrasão.
- Alta condutibilidade térmica e elétrica, proporcionando eficiência em diversas aplicações.
- Facilidade de polimento, permitindo a manutenção da estética do material ao longo do tempo.

Essas propriedades fazem do bronze uma escolha versátil e valiosa em várias aplicações, desde a fabricação de sinos até componentes artísticos e industriais.

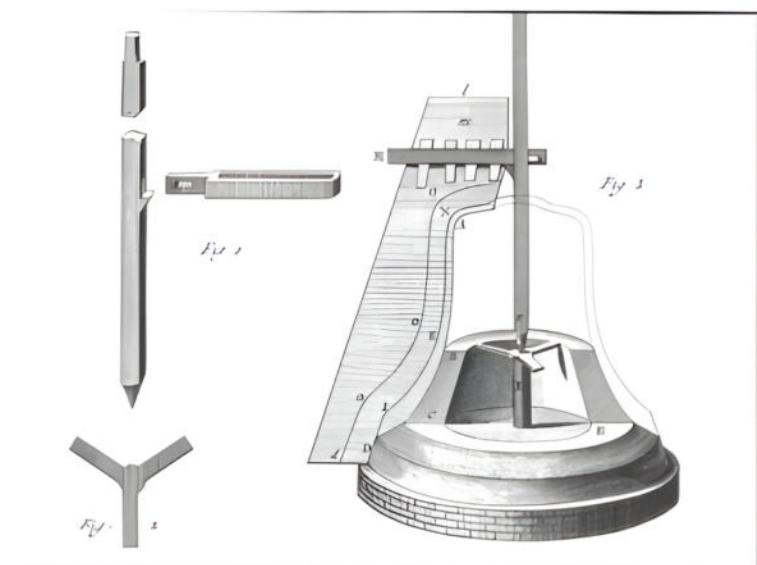
¹⁷ SARAIVA, Ana Sofia Silva. Mecanismos de corrosão de bronzes com alto teor de estanho, (2019 p.3)

3.6 Confecção dos Moldes

3.6.1 Costela

A confecção de um molde para o sino envolve a criação de um gabarito de madeira, conhecido como costela. O gabarito é construído de maneira a reproduzir precisamente o contorno interno do sino, sendo empregado na elaboração da primeira parte do molde. Segundo DANGELO *et al* (2013), a costela é considerada a alma do sino. Embora seja possível copiar o resultado final, ela representa um dos grandes segredos das famílias de fundição. Durante o processo de fundição, ao inserir o líquido, a forma pode sofrer retração ou contração em determinadas partes, tornando assim impossível fazer uma cópia exata da costela original.

A confecção do molde é de suma importância, pois qualquer alteração de centímetros pode influenciar na sonoridade do sino. Conforme observado por PINTO (2019), compreender o tipo de som desejado é fundamental para o profissional, pois somente assim é possível traçar o desenho do sino desejado. Essa etapa torna-se essencial para iniciar a construção do molde, seguindo essa diretriz específica.. Cada fundição apresenta um molde diferenciado, resultando em sonoridades distintas. Na figura abaixo vemos a estrutura da costela.



Fonte: Gabarito de madeira, conhecido como costela, DIDEROT & D'ALAMBERT: 1772: Pl. II - PINTO , Diana Felícia. De Campanis Fundentis A fábrica de Fundição de Sinos de Rio Tinto. (2019 p.56).

A confecção da costela era personalizada de acordo com o som desejado pelo sineiro, com variações em suas especificações. Conforme destacado por PINTO (2019), essa estrutura era construída com madeira de carvalho, fundamental para o funcionamento do torno, que permitia o giro do seu eixo em 360° para moldar o barro na construção do falso sino.

3.6.2 Alma

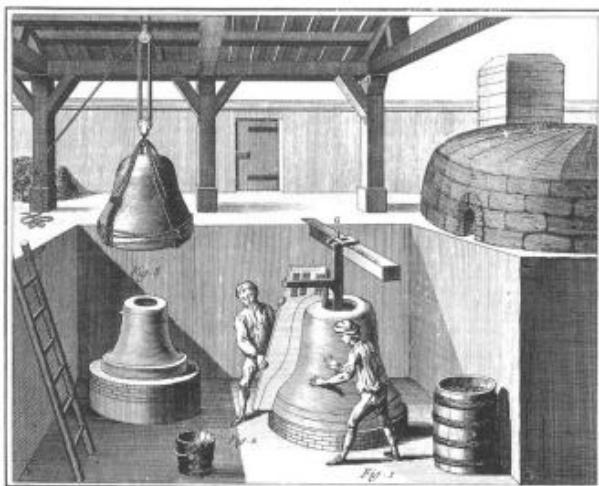
A "Alma" de um sino, também chamada de macho, é o molde de barro composto por tijolos que assume a forma do sino. Essa "essência" é revestida com argila para replicar com precisão a espessura desejada do sino. Após a edificação da estrutura usando os pequenos tijolos e aplicação de argamassa, aplica-se uma camada de desmoldante composta por cinza e leite, seguida por mais uma camada de argamassa, para conferir um acabamento adequado à superfície da "alma" e criar o falso sino. Com a costela posicionada, gira-se em torno do eixo vertical, permitindo ao construtor conferir à "alma" a simetria precisa desejada e, assim, criar a forma desejada.



Fonte: Fundição de Braga, disponível em <https://www.jeronimobraga.com/processo-fabrico-dos-sinos/> acesso 29/06/2024

A argamassa utilizada para a realização desse molde era composta pelos seguintes materiais: argila, areia, palha e crina de cavalo. Essa mistura era aplicada

até atingir o padrão do gabarito de madeira (costela). Após a conclusão, essa massa era deixada para secar em um ambiente de alta temperatura. Após esse processo, o "falso sino" estaria pronto para avançar para a próxima fase, que seria a ornamentação¹⁸. Na imagem abaixo, é possível identificar o processo de fundição, com o gabarito posicionado e a moldagem de barro no chão do forno antes do aquecimento.



Fonte: DIDEROT & D'ALAMBERT: 1772: Pl. II - PINTO , Diana Felícia. De Campanis Fundentis A fábrica de Fundição de Sinos de Rio Tinto. 2019 p.62.

3.6.3 Falso Sino

Com o "falso sino" concluído, adentramos a fase de ornamentação. Nesta etapa, uma fina camada líquida de cera é aplicada em toda a estrutura, servindo como desmoldante e adesivo para os elementos decorativos. A ornamentação, realizada com cera de abelha, é meticulosamente executada com antecedência. Altos relevos, inscrições desejadas e imagens do padroeiro ou brasão são moldadas para conferir um toque distintivo à peça. De acordo com PINTO (2019), na fundição do Rio Tinto, essa etapa possuía diversas variações, conforme o texto abaixo.

"Os demais elementos decorativos eram realizados com recurso a carimbos*, previamente realizados em madeira ou gesso, e que continham o negativo dos motivos a registrar. A vasta coleção de carimbos de Rio Tinto, constituída por imagens marianas, cristológicas e hagiográficas, brasões, inscrições, datas, sinetes* e rendilhas*, era armazenada no piso superior, sendo o trabalho de impressão realizado na área destinada à modelação, numa pequena mesa onde as placas de cera eram posteriormente cortadas após a

¹⁸ FREITA , Thiago Corrêa de; FERREIRA , Ana Lucia; BARROS , Thales Gonçalves. Sinos: Física e música fundidas em bronze. Revista Brasileiro do Estudo de Física , [s. l.], ano 37, 2015.

realização deste processo o falso sino será confeccionado o modelo externo do sino final." - (PINTO , Diana Felícia. De Campanis Fundentis A fábrica de Fundição de Sinos de Rio Tinto. 2019 p.60)

O processo de aplicação da cera no "falso sino" deveria ser repetido várias vezes, sendo necessário aguardar a secagem da cera a cada aplicação. Esse procedimento minucioso garante a qualidade e os detalhes precisos na ornamentação do sino.

3.6.4 Capa

A capa representa a última camada externa do molde, projetada para preservar o perfil externo ao se ajustar ao falso sino. Em algumas literaturas, ela é mencionada como camisa ou fêmea, enquanto o falso sino é referido como macho. A confecção da capa é realizada com uma camada extremamente fina de barro, garantindo a integridade dos ornamentos, sendo aplicada repetidamente até a camada final. Esta última é confeccionada com um barro mais denso, incorporando sisal e arame. Algumas fundições adicionam açúcar para prevenir possíveis rupturas durante o processo de queima. Durante a fundição, a capa desempenha um papel de vedar o derramamento do líquido fundido. Somente após a completa secagem, a capa é removida, revelando o resultado final do sino.



Fonte: BAIÃO, COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UMA TORRE SINEIRA: Igreja de Santo António das Antas (2010, p.7).

3.6.5 Asa

A asa do sino é projetada separadamente e, em seguida, é feito um molde para ela. O processo envolve o uso de cera e argila para criar uma réplica da asa. Depois de esculpir detalhes e ornamentos na réplica de cera, ela é revestida com uma camada de molde refratária. Após a secagem, o molde é aquecido para remover a cera, deixando uma cavidade vazia.



Fonte: Fundição de Sinos de Piracicaba disponível em <https://www.fabricasinospiracicaba.com.br/> acesso em 29.06.2024

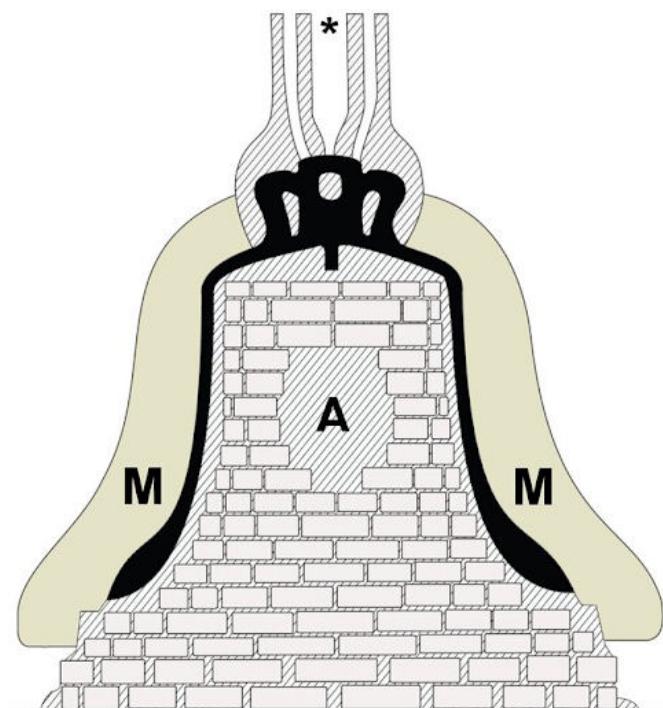
Uma vez que o molde está pronto, o metal líquido é despejado na cavidade para formar a asa do sino. Depois que o metal esfria e solidifica, o molde é quebrado, revelando a asa finalizada. Este processo é chamado de eliminação do modelo perdido e é primordial para criar a asa do sino de maneira precisa.

3.7 Vazamento do Bronze

Posteriormente, as baladeiras¹⁹ são colocadas no molde, frequentemente compactadas com terra para conferir resistência. A capa é então elevada usando cordas ou correntes conectadas a tirantes, revelando o falso sino pela primeira vez. Neste estágio, o falso sino apresenta-se enegrecido e coberto de fuligem resultante dos processos de secagem e fusão da cera. Nesse momento, o falso sino é

¹⁹ A baladeira é a estrutura que serve de suporte para a colocação do badalo.

cuidadosamente destruído, e o interior da capa e o macho são verificados para garantir a correta impressão dos motivos. Em seguida, a limpeza é realizada utilizando pincéis²⁰. Abaixo, apresenta-se o esquema detalhado de cada camada da estrutura do sino no processo de fundição. A camada (A) representa a alma do sino, construída com tijolos e revestida por uma camada de argamassa. A área em preto destaca o local do falso sino e da cera de decoração, proporcionando espaço para o derretimento da cera (cera perdida) e a quebra do falso sino, resultando em um vazio que será preenchido posteriormente pelo bronze em estado líquido. A camada (M) representa a capa externa que adquire o formato característico do sino em conjunto com a alma do sino.



Fonte: FREITAS, Thiago Corrêa de; FERREIRA, Ana Lucia; BARROS, Thales Gonçalves. Sinos:Física e música fundidas em bronze. Revista Brasileira de Ensino de Física,(2015 p.7)

Segundo DANGELO *et al* (2013), nesta etapa, ocorre a fundição do sino usando bronze campanil, derretida a 1200°C. Para sinos mais pesados que 500 quilos, o metal é fundido em uma fornalha de cadiño. O fundidor direciona o metal derretido para o molde usando uma vara, e os moldes, construídos e enterrados em poços, recebem o metal por gravidade através de um canal na parte superior do

²⁰ PINTO , Diana Felícia. De Campanis Fundentis A fábrica de Fundição de Sinos de Rio Tinto, (2019 p.65).

poço, onde será feito o preenchimento do metal fundido no espaço vazio conforme imagem acima.

No caso de sinos de pequeno e médio porte, o conjunto manto-alma permanece no solo, e o bronze liquefeito é despejado no espaço entre a alma e o manto através de canais e orifícios na parte superior do manto usando um cadiño. Para sinos de grande porte, que podem pesar várias toneladas, essa estrutura geralmente é enterrada. Os canais do manto ficam ao nível do solo, permitindo que o bronze liquefeito flua diretamente da fundição para preencher o espaço entre o manto e a alma. Após a conclusão desse processo, é necessário aguardar o resfriamento do sino dentro do molde e a solidificação do metal, o que pode levar desde alguns dias para sinos menores até cerca de duas semanas para sinos de grande porte²¹.



Fonte: Fundição de Sino de Braga disponível em <https://www.facebook.com/fundicaodesinosdebraga/photos> 29.06.2024

3.8 Usinagem e a Afinação

²¹ FREITA , Thiago Corrêa de; FERREIRA , Ana Lucia; BARROS , Thales Gonçalves. Sinos: Física e música fundidas em bronze. Revista Brasileiro do Estudo de Física ,(2015 p.37).

Após o despejo do líquido, o sino permanecerá enterrado por alguns dias, variando conforme o seu tamanho. Após esse período de espera, ele será desenterrado da capa, e sua alma serámeticulosamente removida para evitar danos ao sino, resultando apenas no sino em bronze.

O processo de limpeza envolve escovar o sino para remover qualquer resíduo de sujeira do barro. Em seguida, o sino passa por uma etapa de retirada das rebarbas ou excessos de bronze. Após essa fase, é realizado o polimento com o auxílio de escovas e lixas finas, proporcionando o brilho dourado característico do bronze²².

Quando o sino estiver pronto após a usinagem ele passará pela fase de teste de som, onde um especialista da fundição irá identificar sua vibração e suas notas. De acordo com GOMES (2022), a tradição cristã, os sinos são afinados em cinco harmônicas: a nota nominal, a quinta da nota fundamental, a terceira menor da nota fundamental, a fundamental (que é a nota da primeira oitava inferior) e o bordão (a nota da segunda oitava inferior). Dessa forma, forma-se um conjunto de sinos afinados que podem ser utilizados tanto individualmente quanto em combinações de sinos com diferentes sons e tamanhos (carrihão). Além disso, um sino pode ser tocado de várias maneiras, levando em consideração o movimento e o método de percussão, que podem ser executados manualmente ou por meio de mecanismos elétricos.

3.9 Fundição no Brasil

A fundição de sinos é uma arte altamente especializada, o que frequentemente causa confusão ao distinguir entre diferentes tipos de fundições. Como mencionado anteriormente, esse processo requer habilidades matemáticas específicas e mão de obra altamente especializada. Durante o período colonial no Brasil, existiam fundições destinadas à fusão do quinto do ouro, em relação à descoberta das Minas Gerais, além de fundições dedicadas à fabricação de moedas para a colônia. É importante destacar que essas fundições tinham propósitos distintos e não se envolviam na produção de sinos. Portanto, a história da fundição de sinos no território brasileiro apresenta uma dinâmica e uma necessidade local própria,

²² ABREU , Ana Lúcia de. A Tangibilidade do Intangível: Sinos e Cidades Tocantes. (2022).

diferenciando-se consideravelmente das fundições voltadas para outras finalidades econômicas e administrativas durante o período colonial.

A edificação de novos templos pela colônia demandava a presença imprescindível do sino, um objeto essencial para a condução das missas e rituais religiosos. A fundição de sinos no território colonial era de extrema importância, no entanto, a escassez de mão de obra especializada representava um desafio significativo. De acordo com Sebastian (2014), a falta de interesse por parte dos artesãos de diversas áreas em estabelecer-se numa terra desconhecida levou à criação, no início do século XVII, da Confraria dos Ofícios Mecânicos²³. Esta entidade foi estabelecida no Colégio Jesuíta da Baía e contava inicialmente com apenas oitenta membros.

As primeiras fundições no Brasil remontam a 1552, marcando o início da produção destinada à fabricação de armamentos para a defesa da colônia, bem como à fundição de sinos para igrejas e mosteiros. Estes, por sua vez, desempenhavam a nobre missão de catequizar e difundir o catolicismo na colônia.

Para enfrentar esse obstáculo, a Coroa Portuguesa implementou incentivos nos anos de 1551 e 1554, oferecendo vantagens financeiras aos artesãos que optassem por se estabelecer no Novo Mundo. Essas medidas visavam estimular a presença de profissionais qualificados, promovendo assim o desenvolvimento da fundição de sinos e, consequentemente, a construção e manutenção dos templos religiosos na colônia.

Segundo Sebastian (2014), os registros da fundição de artilharia no Brasil colonial, liderada pelo fundidor de artilharia Domingos Rodrigues, destacam-se por sua importância tanto na expulsão dos Holandeses do território quanto na descoberta de Minas Gerais.

Com uma produção modesta de sinos durante o período colonial brasileiro, muitas igrejas e paróquias optaram pela prática conhecida como "esmola real". Esse procedimento consistia na solicitação de doações de sinos para o Brasil. No processo, um representante eclesiástico, como um padre ou bispo, ou

²³ ABREU , Ana Lúcia de. A Tangibilidade do Intangível: Sinos e Cidades Tocantes. (2022).

representantes legais, incluindo militares e oficiais, elaboravam documentos que seriam submetidos ao Conselho Ultramarino. Este órgão, por sua vez, encaminhava a solicitação à coroa portuguesa, que, ao aprovar, providenciava o envio dos sinos para a respectiva igreja, paróquia ou uso militar²⁴.

A obtenção desses sinos envolvia uma série de documentos com especificações detalhadas das torres sineiras. Essa documentação não apenas facilitava o processo de doação, mas também desempenhava um papel fundamental na solicitação de refundição dos sinos em caso de danos, quando se fazia necessário substituí-los ou fundi-los novamente.

Com a chegada da família real ao Brasil, liderada por Dom João VI, e a subsequente transferência da corte portuguesa, teve início um notável processo de desenvolvimento no país. Esse período foi marcado pela abertura dos portos e, em 1811, pela criação da primeira fundição de artilharia em território brasileiro, através do Alvará de 1º de março de 1811. Essa iniciativa abriu caminho para a Fundição Imperial, que tinha como objetivo impulsionar a indústria e promover o desenvolvimento do território.

A implantação das fundições de sinos no Brasil teve seu início nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, expandindo-se posteriormente para outras regiões do país. No entanto, há escassos registros dessas fundições, sendo que muitas encerraram suas atividades ao longo dos anos, o que dificulta uma análise mais aprofundada. As poucas que resistiram ao teste do tempo atravessaram diversas gerações e ainda mantêm-se ativas, como é o caso das Fundições de Sinos Angeli, que detêm uma história robusta de 251 anos na arte da fundição de sinos no Brasil. Essas fundições remanescentes são testemunhas vivas da tradição, perseverando e contribuindo para a preservação desse patrimônio cultural e artesanal.

²⁴ Sebastian, Luís - A Fundição de Sinos do Reino para o Brasil. Portugalia, Nova Série, vol. 35, Porto, DCTP-FLUP, (2014, p. 117-150).

4. SINOS DE FUNDIÇÃO E PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO

Os sinos são construídos com materiais resistentes projetados para suportar as condições climáticas e o desgaste ao longo do tempo, muitas vezes com uma durabilidade de mais de 200 anos, o que limita a quantidade de estudos abrangentes sobre sua degradação. No entanto, alguns dos principais fatores de risco que podem afetar os sinos incluem:

- Degradação do metal ao longo do tempo devido à exposição às intempéries e à corrosão.
- Degradação das peças individuais do sino devido ao desgaste natural ou danos mecânicos.
- Falha de Projeto.
- Possíveis falhas no processo de fundição que podem resultar em defeitos estruturais.
- Problemas na estrutura de madeira do cabeçalho que sustenta o sino, incluindo danos causados por insetos ou deterioração devido à umidade.
- Fraturas por fadiga devido ao estresse repetitivo causado pelo movimento do sino.
- Falta de manutenção adequada, incluindo a lubrificação de peças móveis e a inspeção regular para detectar e reparar danos.

Esses fatores contribuem para a fragilidade dos sinos, acarretando uma variedade de problemas, tais como rachaduras, quebra, corrosão, degradação, deslocamento de peças, perda de afinação, infiltração de água e umidade, além de impactos accidentais e desgaste.

4.1 Degradação Do Metal

Entender o material com o qual se trabalha é fundamental para compreender seus princípios de degradação. No caso em questão, os sinos são compostos por bronze, uma liga metálica de cobre e estanho. Após sair da fundição, o bronze exibe uma coloração levemente dourada, mas ao ser exposto ao ambiente, desenvolve uma pátina esverdeada até a eventual corrosão.

A corrosão do bronze tem sido objeto de estudo, com pesquisadores investigando sua resposta ao ambiente em que as peças estão instaladas. De acordo com TORRES (2020), o entendimento das etapas de corrosão, conforme a exposição ao ambiente torna-se mais claro a partir desses estudos. Costa e Tracy conduziram suas pesquisas nos Estados Unidos, enquanto o pesquisador Holm realizou seu estudo na Suécia, como evidenciado na tabela abaixo:

Ligas (cobre balanço)	Taxa de corrosão ($\mu\text{m/ano}$)			Ref. (tempo exposição)
	Rural	Marinho	Industrial	
8% Sn	0,5	1,3	2,28 - 2,54	Tracy (1956) (20 anos)
7% Sn	0,3	0,5	0,8	Holm (1982) (16 anos)
4% Sn	0,7	1,7	2	Costas (1982) (16 anos)

Tabela: TORRES, Heron. Corrosão Atmosférica do Patrimônio Cultural em Bronze: Histórico, Desafios e Perspectivas Futuras. (2020 p. 18)

Apesar de não ter um dados em clima tropical a degradação corrosão das ligas do cobre, foram bastante significativas em um ambiente industrial e marinho, onde a exposição do bronze ao ambiente mais poluído e próximo ao mar, sua oxidação ocorre de maneira mais acelerada. O sistema dinâmico entre o cobre e a pátina é resultado da interação do metal com o ambiente. A espessura, composição e aparência da pátina dependem das características físicas do metal e da natureza do ambiente em que está exposto.

A diversidade de tonalidades no bronze está diretamente ligada às condições ambientais específicas às quais as peças estão expostas na vida real. De acordo com SCOTT (2002), os principais poluentes do ar que afetam o bronze ou a pátina já formada incluem íons de cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO) e partículas suspensas, tanto as inaláveis quanto as totais.

A coloração presente na superfície do bronze, conhecida como pátina²⁵ é um produto da corrosão resultante da exposição atmosférica. Essa coloração pode ser

²⁵ O conceito de pátina será empregado para descrever a coloração do bronze, sem causar interferência em sua estrutura, ao contrário do que acontece na corrosão, onde a camada estrutural é comprometida, resultando em crateras.

explicada pela presença de diferentes substâncias (poluentes), como óxidos de cobre I e II, assim como compostos específicos, incluindo antlerita ($\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$), atacamita ($\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$) e brochantita ($\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$). Esses elementos químicos são responsáveis pela criação das tonalidades que variam do amarelo, passando pelo marrom escuro e chegando aos tons esverdeados, características que observamos na superfície do bronze²⁶.

As imagens a seguir foram geradas por uma Inteligência Artificial (IA) capaz de distinguir as pátinas dos sinos. Na representação, (a) mostra a cor bronze quando o sino sai da fundição, (b) exibe o sino na tonalidade da pátina antlerita, (c) mostra o sino na cor da pátina atacamita, e (d) representa a cor da pátina brochantita.



Imagen (a)

Imagen (b)

Imagen (c)

Imagen (d)

Fonte: Imagem Gerado com IA - 8 de janeiro de 2024 3:06 PM
<https://www.bing.com/images/create/sino-da-idade-mc3a9dia-na-cor--da-pc3a1tina-antlerita/1-659c3a3c8dc34a49b7df6fdc1f359cc1?id=20eJdAYfTeckZDY4NeAnHg%3d%3d&view=detailv2&idpp=genimg&FORM=GCRIDP&aja=xhist=0&ajaxserp=0>

As patinas mencionadas apresentam uma coloração tão similar que torna indispensável a realização de testes para identificar em qual estágio específico o bronze se encontra.

A Corrosão Instável refere-se à corrosão gradual e persistente do bronze atribuída aos cloretos. Os principais cloretos de cobre que desempenham um papel do produto da corrosão do bronze incluem a nantoquita (cloreto cuproso), CuCl , e os trihidroxicloretos de cobre, como atacamita, paratacamita, clinoatacamita e botal²⁷. Scott (2002) desenvolveu uma tabela apresentando as fórmulas e características de

²⁶ LAGO, Dalva do; MIRANDA, Luiz Roberto. Revestimento para Monumentos de Bronze Expostos à Atmosfera. Metais: Restauração e Conservação (2009 p. 26).

²⁷ SCOTT, David A. Copper and Bronze in Art CORROSION, COLORANTS, CONSERVATION, (2002).

cada composto resultante da degradação do bronze, visando facilitar a compreensão. Essa tabela foi ajustada com informações relevantes para este estudo, e os detalhes podem ser encontrados abaixo:

NOME	FÓRMULA	COR	DUREZA
Nantokite	CuCl	verde claro	2,5
Atacamita	Cu ₂ (OH) 3Cl	verde vítreo	3-3,5
Paratacamita	Cu ₂ (OH) 3Cl	verde claro	3
Clinoatacamita	Cu ₂ (OH) 3Cl	verde claro	3
Botallackite	Cu ₂ (OH) 3Cl	verde azulado	3
anarakite	(Cu,Zn)2(OH)3Cl	verde claro	3

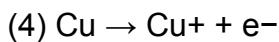
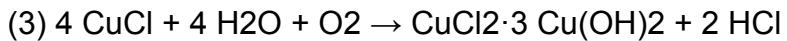
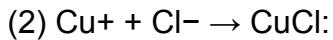
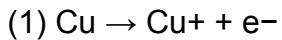
Tabela baseada na tabela de SCOTT, DAVID A. Copper and Bronze in Art CORROSION, COLORANTS, CONSERVATION, (2002 p. 123)

Os minerais listados na tabela acima compartilham características comuns, sendo encontrados tanto na natureza quanto como produtos de corrosão ou transformação. A análise de sua dureza nos permite entender que possuem propriedades que os tornam facilmente cortados ou raspados. Além disso, a identificação de suas cores como resultado de processos de corrosão contribui para uma compreensão abrangente desses minerais. Segundo Neto (2020), a corrosão ativa do bronze pode ser identificada pela presença de um pó brilhante ou "ceroso" de cor verde esbranquiçada, que se forma em pequenas áreas ou cavidades na superfície do metal. Essa observação é fundamental para que o conservador-restaurador reconheça as etapas avançadas de corrosão e possa desenvolver um plano emergencial de ação para interromper o processo.

Conhecida como a "doença do bronze" o cloreto cuproso pode permanecer inerte até que entre em reação com a umidade e o oxigênio, desencadeando uma transformação desse composto estável em um dos trihidroxicloreto de cobre²⁸. Esse processo gera estresse físico no objeto afetado, levando à formação de rachaduras

²⁸ TORRES, Heron. Corrosão Atmosférica do Patrimônio Cultural em Bronze: Histórico, Desafios e Perspectivas Futuras (2020).

ou fragmentação. Na formulação abaixo compreendemos o ciclo de corrosão vivenciado pelo bronze na fase de degradação.



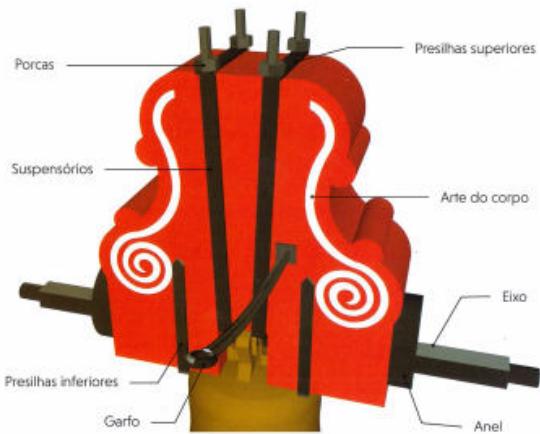
4.2 Degradação Das Peças

A compreensão detalhada dos danos que afetam os sinos desempenha um papel fundamental na conservação dessas peças históricas e no aprimoramento das técnicas de restauro. Ao analisar minuciosamente os danos, desde falhas na estrutura até desgastes superficiais e alterações sonoras, os especialistas em conservação podem desenvolver abordagens mais precisas e eficazes para preservar a autenticidade e a qualidade dos sinos ao longo do tempo. Esse conhecimento detalhado permite a aplicação de métodos de restauração que respeitam a história e as características originais dos sinos, garantindo não apenas sua manutenção física, mas também a preservação de seu valor cultural e histórico.

A falta de manutenção do sino acarreta diversos fatores de degradação. Entre eles, destacam-se a corrosão de peças metálicas, o acúmulo de sujeira e detritos, a infestação por organismos indesejados, como insetos e pássaros, e o desgaste natural dos componentes. Esses elementos podem comprometer a integridade estrutural do sino, afetar a qualidade sonora e acelerar o processo de envelhecimento do material. Uma abordagem proativa e regular na manutenção é essencial para preservar a funcionalidade e a estética do sino ao longo do tempo. No capítulo anterior, abordamos a estrutura e composição dos sinos, bem como seus significados. No entanto, torna-se imprescindível explorar agora os elementos essenciais na manutenção desses instrumentos.

No documento *Entendendo os Sinos: Um Breve Manual*, o IPHAN (2018) destaca os componentes fundamentais da estrutura dos sinos, como porcas, presilhas superiores, suspensórios, arte do corpo, eixo, anel, garfo e presilha inferior. Estes são elementos-chave que demandam atenção cuidadosa durante o processo de manutenção para garantir a integridade e o funcionamento adequado dos sinos às funções deles são:

- Suspensório: componente responsável por conectar a coroa ao cabeçalho do sino.
- Garfo: elemento utilizado para prender a corda, permitindo que o sineiro execute os movimentos necessários para tocar o sino. Geralmente feito de ferro ou aço, não presente em todos os sinos, sendo mais comum em capelas que não possuem campanários.
- Anel: peça utilizada para dar suporte à extremidade inferior do sino.
- Presilha: elemento empregado para sustentar o cabeçalho do sino.
- Grampo: peça responsável por prender e fixar o suspensório ao corpo do sino.
- Mancal: componente que tem a função de encaixar o eixo e fixá-lo na janela sineira da torre.



Fonte: IPHAN I- Entendendo os Sinos: Um Breve Manual.(2018 p 5).

Um dos incidentes mais frequentes em campanários são as quedas de sinos. Esses acidentes comprometem não apenas a estrutura do sino, mas também os do campanário e em situações mais graves ameaçam a integridade e segurança do

sineiro. As causas mais comuns desses acidentes estão relacionadas, ao eixo e ao mancal e outras estruturas de sustentação do sino.

4.3 Falha no Processo de Fundição

Diversos desafios relacionados à estrutura dos sinos estão associados ao processo de fundição, resultando em complicações de longo prazo para a preservação dessas peças. Entre esses desafios, destacam-se problemas como a formação de uma camada mais fina na superfície do corpo do sino e questões relacionadas à formulação das ligas metálicas. Essas questões não apenas afetam a estética e a integridade física dos sinos, mas também representam desafios significativos para a conservação a longo prazo, exigindo abordagens especializadas para garantir a durabilidade dessas peças históricas.

Uma das falhas críticas no processo de fundição de sinos está relacionada à preparação das ligas metálicas. A deficiência nessa etapa pode resultar em falhas estruturais significativas, ocasionando danos como rachaduras nos sinos. Um exemplo emblemático desse tipo de falha nas ligas metálicas é evidenciado pelo Liberty Bell.

Liberty Bell, reconhecida por sua importância histórica nos Estados Unidos, sofreu uma rachadura considerável devido a problemas na composição da liga metálica durante a fundição. Esse incidente ressalta a importância de uma preparação meticulosa e precisa das ligas, a fim de garantir a integridade estrutural dos sinos e evitar complicações que possam comprometer sua durabilidade e funcionalidade ao longo do tempo.



Fonte: do Liberty Bell no National Historical Park imagem <https://www.nps.gov/inde/planyourvisit/libertybellcenter.htm> acessada em 26.01.2024

Em um teste relacionado ao material que compunha o Liberty Bell, foi identificada uma liga contendo diversos metais contaminantes. De acordo com a curadora Karie Diethorn, essa composição pode ser comparada a "um pedaço de bolo de frutas"²⁹, o que contribuiu para o eventual rachamento do sino. Encomendado para a colônia Americana, o sino foi fundido na Grã-Bretanha pela Whitechapel Foundry de Londres e estava destinado à instalação na State House. No entanto, ao ser testado durante o primeiro badalar, o sino rachou. Ao questionar o problema sofrido pelo sino, a fundição culpou o inexperiente sineiro pelo dano ocorrido.

Para resolver esse problema, o sino passou por um processo de refundição, adicionando cerca de 190 libras de cobre na tentativa de fortalecer a liga metálica. Contudo, a modificação não foi bem-sucedida, resultando em uma sonoridade insatisfatória, e o sino acabou por rachar novamente. A fim de decifrar quais problemas o sino sofreu para rachar, ao longo do anos foram feitos diversos testes para compreensão, o último teste realizado em 1975 foi o analisador de fluorescência de raios-X, que apontou 25% de estanho no lado da rachadura e 30% estanho ao lado oposto a rachadura, o que aponta dados da refundição ocorreu de maneira desigual. Conforme apontado por HANSON *et al.* (1976), a Fundição Whitechapel, com mais de 400 anos de experiência e tendo apenas o Liberty Bell apresentando rachaduras em seus testes, sugere a possibilidade de um erro no processo de formulação. Nesse contexto, o fabricante do sino teria adicionado uma quantidade excessiva de estanho à liga, resultando em uma estrutura frágil semelhante a vidro, pois ao passar de 27%, ocorre uma fragilidade muito grande do bronze tornando quebradiço.

Outro falha no processo da fundição é a questão da camada fina na formação do corpo do sino, ainda tomamos com exemplo do o Liberty Bell, que em sua análise foram identificadas camadas mais finas em algumas partes do corpo do sino, o que pode causar fissuras com o badalar dos sinos.

²⁹ HEADLEE, Dena. Liberty Bell Passes Stress Test. The U.S. National Science Foundation, (2003 p.1-2). Disponível em: https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=108290. Acesso em: 17 nov. 2023.

4.4 Falha De Projeto

A inadequação no projeto de construção de sinos pode se manifestar por meio de diversas falhas, que vão desde a deficiência na sonoridade até problemas na construção de componentes, como o carrilhão de madeira, a asa do sino e a estrutura do badalo. Um exemplo ilustrativo dessas falhas pode ser encontrado na história do sino Big Ben de Londres. Encomendado em 1856 para ser instalado na torre do Palácio de Westminster, o primeiro sôlo do 'Big Ben' foi lançado na Warners of Norton, próximo a Stockton-on-Tees, originalmente destinado a ser chamado de 'Royal Victoria'. No ano seguinte, durante os testes, uma rachadura de 1,2 metros surgiu no sôlo, desencadeando uma disputa de responsabilidades entre a fabricante Warners e o designer Edmund Beckett Denison³⁰.

Em abril de 1858, o segundo sôlo do 'Big Ben' foi lançado pela Whitechapel Bell Foundry, sendo transportado para o Pátio do Novo Palácio em uma carruagem puxada por 16 cavalos e instalado no campanário. O Grande Relógio começou a funcionar em 1859, e as batidas do Grande Sôlo foram ouvidas em julho. No mesmo ano, o Big Ben sofreu outra fratura, permanecendo em silêncio, com o sôlo maior tocando o carrilhão de hora em hora³¹.

Em 1863, atendendo à sugestão do Astrônomo Real, Sir George Airy, o Big Ben foi girado 90 graus, e o tamanho do badalo foi reduzido, possibilitando que o sôlo retomasse as batidas das horas.

Conforme MCKAY (2010), apesar de ter permanecido rachado, o Big Ben continuou a tocar, sendo mantido em funcionamento através da troca de posição e da substituição do badalo. Embora não tenham sido realizadas análises de composição semelhantes às feitas no Sôlo da Liberdade, compreendemos que a substituição do badalo contribuiu para a longevidade do sôlo. Isso evidencia que uma possível falha no projeto de construção do badalo impactou diretamente a estrutura do sôlo.

4.5 Falha na Estrutura de Madeira do Sôlo

³⁰ MACDONALD, Peter. Big Ben: The Bell, the Clock and the Tower. (2005).

³¹ MCKAY, Chris. Big Ben: the Great Clock and the Bells at the Palace of Westminster,(2010).

A estrutura de madeira utilizada no cabeçalho do sino desempenha a função de sustentar o sino e permitir seu movimento durante o toque. Além de atuar como contrapeso, contribui para equilibrar o sino, proporcionando estabilidade ao sistema. Uma estrutura inadequada para suportar o peso do sino pode resultar em quedas e danos significativos à integridade dos sinos. A manutenção regular do conjunto de sinos em uma estrutura de madeira é vital para preservar sua durabilidade, uma vez que a madeira naturalmente envelhece, e a ausência de cuidados adequados pode levar a danos irreparáveis.

Conforme destacado por FARÍAS (2005) em seu estudo "Estruturas de Madeira dos Carrilhões do Palácio Nacional de Mafra: Diagnóstico e Proposta de Intervenção", foi observado que a madeira de sucupira apresentou uma notável durabilidade de 250 anos. No entanto, uma intervenção que substituiu a sucupira por madeira de pinho bravo, considerada inadequada devido à sua baixa resistência, resultou em diversos problemas, incluindo a proliferação de fungos e degradações profundas na estrutura de madeira das torres do palácio de Mafra em Portugal.

Outro desafio enfrentado no cabeçalho de madeira diz respeito à degradação das peças metálicas que conectam o carrilhão à estrutura e aos sinos. Essa deterioração não apenas coloca em risco a integridade da madeira devido ao desgaste resultante da corrosão do material, mas também pode ocasionar a queda do sino, especialmente quando este não suporta adequadamente o peso devido à fragilidade do material.

Os sinos expostos nos campanários enfrentam os efeitos adversos das condições climáticas. Conforme apontado por FARÍAS (2005), a drenagem inadequada ou ineficiente do campanário pode resultar em danos significativos, acelerando diretamente a degradação do sistema de madeira e dos componentes metálicos presentes.

4.6 Fratura por Fadiga

Os movimentos cíclicos gerados ao longo da vida de uma sino e movimento vibratório, pode causar o que chamamos de fratura por fadiga, que segundo a norma ASTM (American Society for Testing and Materials)

"fadiga é o processo de mudança estrutural permanente progressiva e localizada que ocorre em um material sujeito a condições que produzem tensões e deformações flutuantes em algum ponto ou pontos, e que podem culminar em fissuras ou fraturas completas após um número suficiente de flutuações". (ASTM, E 1823-96. Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture testing, 1996. p.8)

A fadiga metálica é um processo de falha progressiva causado pela aplicação repetida de cargas alternadas, levando a rachaduras ou fraturas. Suas principais causas incluem ciclos de tensão, concentração de tensão, corrosão, variações de temperatura, carga dinâmica, escolha inadequada de materiais, projetos deficientes, e presença de contaminação ou defeitos. Compreender esses fatores são imprescindíveis para prevenir falhas prematuras e garantir a durabilidade de componentes metálicos.

Um dos casos mais emblemáticos de fadiga em sinos envolve o colapso ocorrido no sino da na catedral de Valência na Espanha. A torre sineira El Micalet, parte da Catedral de Valência, foi construída entre 1381 e 1429 em estilo gótico valenciano, alcançando 63 metros de altura. Abrigando 11 sinos, sendo o mais antigo datado de 1305, o sino El Jaume desabou inesperadamente no Natal de 2014 enquanto era tocado manualmente. Com aproximadamente 2,902 toneladas de peso, o sinal tinha uma frequência de cerca de 30 toques por ano desde sua restauração em 1992 até o colapso em 2014, tocando durante 15 minutos a cerca de 35 rotações por minuto. O evento recebeu ampla cobertura na mídia nacional e internacional³².

Após a falha, o sino El Jaume caiu 4 metros até o chão do campanário, sem causar ferimentos. Na inspeção visual inicial, foi observado que os cânones do sino estavam completamente fraturados, o suporte circular do eixo se soltou do suporte, e a haste de aço do sino estava quebrada. A fratura do eixo esquerdo ocorreu onde a seção quadrada se juntava à seção circular, criando uma zona com alta concentração de tensões. A investigação revelou quatro zonas circulares claramente diferentes na fratura. O colapso ocorreu em fases: a fratura do eixo esquerdo, seguida pela fratura das ancoragens dos mancais devido ao peso do sino e, por fim, a queda do bronze e do contrapeso causando a fratura dos cânones. As imagens

³² IVORRA, Salvador; TORRES, Benjamín; CARCEL, Alfonso C. Analysis of the failure and remedial measures taken after the collapse of a historical bell. (2021p.3).

mostram o colapso ocorrido no sino, com a coroa danificada e os mancais (suportes do eixo) quebrados.



Fonte: IVORRA, Salvador; TORRES, Benjamín; CARCEL, Alfonso C. Analysis of the failure and remedial measures taken after the collapse of a historical bell. (2021p.3).

Para identificar os problemas ocorridos, foram realizados exames e testes a fim de compreender o processo que causou danos tão severos no sino. A análise metalográfica, que examina a microestrutura de metais e ligas, permite entender o desempenho macroestrutural de componentes específicos. Conforme IVORRA, *et al* (2021), foram realizados testes de tração e utilização de um microscópio estereoscópico Nikon para identificar irregularidades nas extremidades rompidas do eixo danificado. Adicionalmente, foi conduzida uma análise de fadiga para calcular os efeitos da repetição de carga na estrutura³³.

De acordo com IVORRA, *et al* (2021), os cálculos de fadiga baseados em uma análise linear de tensões por elementos finitos, utilizando a abordagem da vida total, indicam a vida útil à fadiga em relação ao dano causado por uma sequência de carga prescrita ou pelo número de repetições dessa sequência que resultará na falha da estrutura. Essas análises fornecem uma compreensão clara de quando ocorrerá a falha do material, permitindo discernir se ela se deu devido ao desgaste ou a outros fatores que interromperam o funcionamento adequado.

Após as análises foram identificados que a falha ocorreu por fadiga na transição da secção quadrada para a circular do eixo do sino, esse dano se deu após a restauração de 1992, onde ocorreu a troca dos eixos dos sinos. O eixo experimentou uma mudança abrupta de forma, passando subitamente de circular para quadrado sem uma transição gradual. Nas imagens abaixo podemos observar

³³ Ibidem., (2021p.4).

a passagem da seção circular para quadrada, de maneira correta e não prejudicial ao material.



Fonte: IVORRA, Salvador; TORRES, Benjamín; CARCEL, Alfonso C. Analysis of the failure and remedial measures taken after the collapse of a historical bell. (2021p.13)

O encaminhamento inadequado das seções com desacordo mecânico resultou em concentrações significativas de tensão na região, ocasionando uma considerável redução na resistência à fadiga em menos de 1 milhão de ciclos. Adicionalmente, essa transição tornou altamente provável o aparecimento não apenas de uma, mas de várias trincas na superfície do material.

Outro sino de grande importância para a história mundial é o Freedom Bell, localizado na Alemanha. Este sino foi um presente significativo dos Estados Unidos da América em celebração ao término da Segunda Guerra Mundial e à reconstrução da cidade de Berlim. Fundido em Londres pela respeitável fundição inglesa Gillett and Johnston, o sino empreendeu uma jornada extraordinária, viajando de Londres para os Estados Unidos e, posteriormente, passando por 26 cidades antes de sua viagem final para a Alemanha.

Segundo BETTGE *et al* (2014), a chegada do Freedom Bell à Alemanha foi marcada por festividades e uma comoção geral da população. Em 1950, o sino foi instalado na torre da Câmara Municipal de Schöneberg. Contudo, ao longo de sua vida útil, Freedom Bell enfrentou desafios. Em 1966, uma falha por fadiga resultou na fratura do parafuso principal do suporte do tampão. Em 1974, uma rachadura no suporte do badalo foi identificada, seguida por uma falha no badalo em 1979. Em 2001, surgiram fissuras que se propagavam pelo corpo do sino.

Na investigação da falha ocorrida em 1966, foram realizados testes para compreender o desgaste do parafuso principal. Conforme observado por BETTGE *et al* (2014), o relatório de teste estimou que o sino havia completado quase 1 milhão de ciclos de oscilação desde sua instalação, que ocorreu 16 anos antes. O sino, que tocava diariamente por 5 minutos, emitindo um som a cada 2 segundos, passou por uma análise recente do som gravado logo após a instalação. Essa análise revelou uma frequência de carrilhão de aproximadamente 0,2 Hz (duas batidas a cada 5 segundos), resultando em apenas 0,35 milhões de ciclos de carga, menos da metade do valor anteriormente relatado³⁴.

A deformação do parafuso principal do suporte do sino foi atribuída à base reduzida do suporte e ao cinto de couro utilizado para desacoplamento acústico. Esse deslocamento causou uma redução na pré-tensão do parafuso, comprometendo sua resistência à fadiga.

O desfecho dos problemas revelou que a questão decorreu da interseção de uma construção inadequada, envolvendo tensão de flexão em um extenso parafuso roscado, juntamente com uma sobrecarga cíclica. Segundo BETTGE *et al* (2014), às extensas rachaduras no sino, identificadas por meio de ensaios não destrutivos, são associadas a uma provável propagação lenta de fissuras, iniciada por pequenas falhas, como cavidades abaixo da superfície, algo comum após décadas de operação.

4.7 Falta de Manutenção Adequada

Um campanário com um sineiro ativo é um local que demanda constante vigilância para enfrentar problemas como a infestação de pombos e a corrosão das peças que compõem o sino e a estrutura de madeira. No entanto, a realidade que enfrentamos é diversificada, pois muitas igrejas no mundo moderno não contam com um sineiro ativo. Algumas automatizam o sistema de sino, permitindo que ele funcione de maneira autônoma. Essas práticas têm um impacto direto na manutenção dos sinos.

³⁴ BETTGE, D.; BORK, C.-P. Failures of Berlin Freedom Bell since 1966. Engineering Failure Analysis, [s. l.], v. 43, (2014.)

A ausência de uma inspeção prévia pode ser um fator agravante, especialmente no que diz respeito à drenagem da torre. Se o sistema não estiver adequadamente configurado, sérios problemas, como infiltrações de água, podem comprometer a durabilidade dos revestimentos dos campanários, colocando em risco a integridade física. Tais condições podem resultar em fissuras nas paredes, além de desencadear manifestações patológicas decorrentes da umidade.

A presença de água não apenas diminui a durabilidade dos revestimentos, mas também origina outros problemas, como a eflorescência, o mofo e o crescimento de vegetação. Esses efeitos adversos podem levar à perda de aderência ao reboco e afetar negativamente os componentes fundamentais da estrutura do campanário, e a estrutura dos sinos, incluindo a madeira e seus elementos metálicos³⁵. Portanto, a inspeção preventiva torna-se indispensável para evitar tais complicações e preservar a robustez do edifício.

Pesquisas realizadas por FARIA (2005), essas manifestações patológicas demandam atenção, uma vez que os problemas comprometem a integridade estrutural do campanário. Entre eles, destaca-se o destacamento do concreto, o qual pode resultar diretamente em questões para o sino, incluindo o desprendimento de seu suporte ao campanário. Além disso, há riscos de corrosão nas armaduras, corrosão na estrutura de suporte dos sinos, surgimento de fissuras que podem indicar corrosão nas armaduras, juntamente com a presença de mofo. Outra preocupação é a biodegradação causada pelos dejetos de pombos. Essas condições exigem uma atenção especial para garantir a preservação e funcionalidade adequada do campanário.

Presentes nos campanários, pássaros como urubus, pombos e morcegos representam fontes de transtorno para os sineiros, contribuindo para a acumulação de sujeira nas estruturas. Os excrementos das aves depositam-se por toda a torre, sendo o excremento de pombos, em particular, uma preocupação significativa. Além de sujar, ele pode representar sérios riscos à saúde dos sineiros, o que torna essas aves um desafio substancial para a manutenção adequada dos campanários e sinos.

³⁵ FARIA, J. Amorim. Estruturas de Madeira dos Carrilhões do Palácio Nacional de Mafra. Diagnóstico e Proposta de Intervenção,(2005).

4.8 Danos Causados por Intempéries e Poluição

Os danos causados por intempéries resultam de fatores climáticos naturais, como chuva, frio, calor excessivo e variações na umidade relativa ao longo do dia. Esses elementos provocam deterioração severa ao longo do tempo em obras expostas ao ar livre. No caso dos sinos, os fatores ambientais que afetam sua conservação nos campanários incluem níveis inadequados de umidade, temperatura, luz e presença de sujeira, como poeira e resíduos vegetais, além de gases contaminantes. O contato com animais, desde insetos e roedores até a interferência humana, também representa uma ameaça significativa.

A umidade elevada e mudanças abruptas de temperatura têm impactos distintos em diferentes materiais; por exemplo, o metal pode oxidar e corroer. A umidade pode ser originada da atmosfera, como névoa, ou de fontes de precipitação, como chuva e garoa, além de infiltrações no campanário caso não possua o escoamento adequado. Essas condições propiciam o desenvolvimento de microrganismos que causam danos severos a diversos tipos de materialidades os acervos conforme descrito FONSECA *et al* (2020)

“Intimamente relacionadas com o agente anterior, a umidade relativa incorreta ou flutuações favorecem o desenvolvimento de microrganismos (mofo), reações químicas de degradação, corrosão de metais, condensação em superfícies, migração de substâncias solúveis em água, etc. Os efeitos incluem enfraquecimento, manchas, desfiguração, ressecamento, etc. As fontes de UR incorreta incluem o clima local, instalações hidráulicas do edifício, equipamentos de ar condicionado (central) avariados ou com funcionamento descontínuo, aquecedores e fontes de calor, etc.”(Fonseca *et al* 2020 p.22)

Essas influências ambientais não se restringem apenas às superfícies externas, mas também contaminam as estruturas internas, resultando em um cenário complexo que envolve diversos agentes e componentes.

No caso de temperaturas para acervos segundo FONSECA *et al* (2020) Variações ou temperaturas inadequadas podem causar danos físicos, químicos e biológicos ao acervo. Quimicamente, aceleram processos de degradação, enquanto fisicamente podem resultar em ressecamento, fraturas e derretimento de materiais. Biologicamente, favorecem o crescimento de microrganismos. Flutuações de

temperatura afetam a higroscopidade do papel, levando a deformações, fraturas e degradação à medida que a temperatura aumenta.

A poluição atmosférica é particularmente prejudicial, alterando a composição química dos materiais. Os poluentes sejam por meio de gases, aerossóis, líquidos ou sólidos, têm um impacto prejudicial no acervo artístico, causando corrosão, enfraquecimento e alterações estéticas devido a reações químicas ou formação de depósitos. Exemplos desses poluentes incluem material particulado (poeira) e dióxido de carbono. Além da poluição do ar, a falta de manutenção e a limpeza inadequada do ambiente também representam perigos comuns de contaminação por poluentes³⁶.

³⁶ FONSECA, Daniele Baltz da; AUGUSTIN, Raquel. Conservação e Restauração: Ciência e prática na formação profissional. Pelotas RS: UFPEL, 2020 p.22

5. SALVAGUARDA E CONSERVAÇÃO DOS SINOS

5.1 Suporte Teórico

Para que a conservação e a restauração sejam adequadamente estudadas, planejadas e executadas, é essencial não apenas possuir o conhecimento das técnicas empregadas no passado pelos artesãos, mas também compreender a sua aplicação de maneira holística. Faz-se necessário o conhecimento da teoria da conservação para que assim se possa fazer uma tomada de decisão consciente e legitimar o conhecimento na aplicação da prática da conservação.

No passado a conservação e restauração estavam nas mãos de artesãos e artistas que não possuíam critérios de como iriam intervir na obra e quais matérias deveriam utilizar apenas o faziam conforme as suas vontades e conhecimentos para o VIÑAS (1999) a função do conservador restaurador não poderia ser confundida como trabalho de manutenção.

“A conservação e restauração não podem confundir-se com os trabalhos de manutenção, limpeza, ou reparação de bens culturais que se tem praticado desde antigamente, ainda que o feito coincidam no essencial com as operações de conservação e restauração tal e qual se praticam agora. Quando um sacristão limpava uma talha de sua igreja paroquial no século XVII não estava praticando a conservação e restauração...” (Viñas, Salvador Munoz. *Conservação e restauro de obras de arte*, p.3, 1999.)

O conhecimento da conservação e restauração não existia, a primeira norma técnica encontrada é datada de 1777 escrita por Pietro Edwards italiano nomeado em Veneza como “Inspetor geral do restauro das publicações”³⁷ escreve dez normas de conservação e restauração de pintura o que faz é apenas uma orientação para que deseja fazer a conservação e restauração de pinturas, podemos enxergar como o início de uma teoria da conservação.

No século XIX, na Europa se iniciou após a Revolução Francesa a ideia de conservação e restauração através da ideia e conceitos expostos por John Ruskin e Eugène Violet-le-Duc. John. John Ruskin (1819-1900), nascido na Inglaterra e graduado em Oxford, foi um escritor, crítico de arte, sociólogo e amante de desenho e música. Em seu livro "A Lâmpada da Memória" (1849), Ruskin enfatiza

³⁷ Munoz Viñas, Salvador, *Conservação e restauro de obras de arte*, p.2 1999

vigorosamente a importância da preservação de casas e edifícios. Ele concebe a memória como a sexta lâmpada da arquitetura, argumentando que tanto os edifícios privados, que guardam a história de seus habitantes, quanto os edifícios públicos, que refletem a raiz histórica da sociedade, desempenham papéis fundamentais nesse aspecto. Eugène Viollet-le-Duc, apesar de propor que os arquitetos restauradores seguissem a visão do artista original para preservar a integridade da obra, não aplicou completamente essa abordagem em suas intervenções. Notáveis mudanças realizadas por ele, especialmente evidenciadas nas restaurações de Notre Dame, contradizem seus princípios iniciais.

No século XIX, foram delineados os primeiros conceitos de restauração, mas não há limiares entre os séculos XIX e XX que encontram figuras de destaque, como Camilo Boito. Com o início do novo século, o campo do restauro presenciou o surgimento de novos teóricos, com Cesare Brandi emergindo como uma figura central. Isso resultou em uma maior ênfase nas Cartas Patrimoniais, das quais se destacam a Carta de Atenas (1931), a Carta de Veneza (1964) para a conservação de monumentos e sítios, a Carta do Restauro (1972) que abrange o restauro de todas as formas de arte, desde aquelas que remontam à pré-história até as produzidas na contemporaneidade, e a Conferência de Nara (1994) voltada para museus e coleções. No século XX, o campo da restauração atualizou a designação de "Restauro Científico", fundamentando-se em fundamentos essenciais, como a busca pela fidelidade histórica, a reversibilidade das intervenções, a minimização de ações intrusivas e a documentação meticulosa.

Segundo VIÑAS (2021), as teorias contemporâneas da conservação já estavam firmemente estabelecidas, sendo objeto de discussões em diversos fóruns acadêmicos, como seminários, simpósios e congressos, além de diálogos individuais. No entanto, a falta de um documento abrangente que reunisse essas informações ressaltou a necessidade de desenvolver teorias consolidadas nesse campo. VIÑAS preencheu essa lacuna ao produzir seu próprio trabalho, contribuindo significativamente para a compreensão e sistematização das teorias contemporâneas da conservação.

5.2 Conservação Preventiva

A conservação preventiva tem o objetivo de retardar a degradação de um bem³⁸. De acordo com o COUNCIL (2006), esse processo visa proteger o patrimônio cultural, retardando a deterioração e evitando danos, por meio de práticas como manipulação cuidadosa, armazenamento apropriado e controle ambiental. Essas medidas oferecem benefícios de longo prazo e requerem planejamento, financiamento e execução abrangentes. As áreas interligadas incluem edifícios, armazenamento, limpeza, manuseio de coleções, controle ambiental e planejamento de emergências, com normas detalhadas fornecendo orientações adicionais.

Quando um sino é instalado em um campanário, surgem desafios significativos para preservar e conservar o mesmo. Conforme discutido no capítulo anterior, os problemas podem ser diversos, exigindo uma abordagem cautelosa por parte do conservador e de sua equipe. Nesse contexto, análises e testes são essenciais antes de realizar intervenções significativas. A partir desses dados, torna-se possível diagnosticar os problemas e, assim, seguir os passos necessários de forma adequada.

A conservação preventiva é a principal prioridade para evitar danos ao sino. Desenvolveremos estratégias para preservar e minimizar sua deterioração por meio de monitoramento contínuo e coleta de dados ao longo do tempo. Essas informações serão indispensáveis para identificar problemas e áreas vulneráveis, fornecendo subsídios essenciais para a gestão e conservação do bem. Essa atividade é como um plano de cuidado constante. Ela envolve verificar como as coisas estão se desgastando, acompanhar o que foi feito para melhorar e prevenir danos, e também para ver se será preciso ajustar as atividades da conservação preventiva. O monitoramento e controle ambientais visam garantir condições ideais para a conservação preventiva dos acervos, incluindo o controle de temperatura, umidade, luz, poluentes atmosféricos e agentes biológicos. No caso de sinos e campanários, esse monitoramento pode ocorrer em diferentes estações do ano e horários do dia para garantir que possamos observar as mudanças ao longo do tempo³⁹.

³⁸ BOJANOSK, Silvana de Fátima; MICHELON, Francisca Ferreira; BEVILACQUA, Cleci. Os termos preservação, restauração, conservação e conservação preventiva de bens culturais: uma abordagem terminológica. *Calidoscópio*, (2017 p. 449).

³⁹ FARIA, J. Amorim. Estruturas de Madeira dos Carrilhões do Palácio Nacional de Mafra. Diagnóstico e Proposta de Intervenção,(2005).

O monitoramento é uma parte fundamental do controle de pragas. Para isso, armadilhas, como as adesivas e de feromônios, podem ser empregadas para monitorar e controlar insetos. É fundamental realizar a manutenção regular dessas armadilhas para impedir que se tornem fontes de alimento para os insetos. Além disso, durante inspeções de rotina, é possível detectar a presença de roedores e aves. Todos os funcionários devem receber treinamento para reconhecer sinais de pragas e relatar quaisquer problemas. A manutenção adequada do edifício e a limpeza são medidas preventivas importantes para evitar infestações⁴⁰.

O planejamento de emergência é essencial para garantir a proteção das coleções contra diversos riscos, como roubo, vandalismo, incêndio, inundação e ameaças de bomba⁴¹. Ele envolve a implementação de procedimentos para lidar eficazmente com essas situações. Uma parte importante desse plano é a preparação de uma caixa de suprimentos com equipamentos essenciais para serem usados em caso de emergência⁴².

As informações obtidas ajudam a diagnosticar problemas de conservação, definir e ajustar estratégias de conservação preventiva, além de guiar intervenções ambientais e restaurativas.

5.3 Avaliação do Estado de Conservação e Documentação

A Avaliação do Estado de Conservação desempenha um papel fundamental na identificação dos potenciais danos que requerem tratamento. Portanto, é imperativo realizar inicialmente uma avaliação organoléptica. A partir dessa avaliação, é recomendável registrar detalhadamente os danos por meio de um mapa de danos e fotografar o estado em que o sino se encontra, seja na torre sineira ou em um museu. Esses dados são essenciais para preservar a narrativa histórica dos sinos e documentar o estado original antes do processo de restauração.

A documentação detalhada dos sinos antes, durante e após o processo de conservação é de extrema importância por várias razões. Em primeiro lugar, ela

⁴⁰ COUNCIL, Wiltshire County. Preventive conservation. Signposts to Collections Care: a self-assessment pack for museums Factsheet 4, 2006.

⁴¹ Um dos crimes mais comuns envolvendo sinos no Brasil é o roubo, frequentemente motivado pelo valor do metal no mercado. De acordo com uma publicação do portal de notícias G1, em 18 de outubro de 2018, esse tipo de crime tem ocorrido com maior frequência nos últimos anos. Um exemplo é o caso da Igreja Senhor do Bonfim e Senhora do Paraíso, localizada na cidade do Rio de Janeiro, que foi alvo de uma tentativa de roubo de seus sinos em 2018.

⁴² COUNCIL, Wiltshire County. Preventive conservation. Signposts to Collections Care: a self-assessment pack for museums Factsheet 4, 2006.

serve como um registro histórico, capturando informações sobre o estado original dos sinos, incluindo sua estrutura, características físicas, inscrições e possíveis danos. Isso é primordial para compreender a história e a evolução dos sinos ao longo do tempo⁴³. O documento deve conter as seguintes informações: identificação do bem, incluindo o tipo de obra, proprietário, localização (endereço, cidade e estado), responsável pela obra, detalhes específicos como autor, fundição, data de conclusão, dimensões, entre outras informações relevantes.

Além disso, a documentação durante o processo de conservação permite registrar as etapas e técnicas utilizadas, fornecendo um guia para futuras intervenções e garantindo a transparência no trabalho realizado. Isso é especialmente importante para garantir que as práticas de conservação estejam em conformidade com as normas e diretrizes estabelecidas para a preservação do patrimônio cultural.

Após o processo de conservação, a documentação continua sendo valiosa para monitorar a eficácia das intervenções realizadas e avaliar qualquer alteração no estado dos sinos ao longo do tempo. Isso ajuda a identificar a necessidade de manutenção adicional e a garantir a preservação contínua do patrimônio.

Os registros podem ser feitos por meio de um sistema abrangente de documentação, abarcando gravações, fotografias, filmagens, mapas e diagramas.

A proposta de intervenção deve abranger as etapas a serem realizadas de acordo com os danos encontrados no sino. Essa proposta precisa ser coerente e embasada nos conceitos teóricos da conservação, fornecendo o respaldo necessário para a execução do processo de restauração. O restaurador deve documentar adequadamente essa proposta, garantindo que o proprietário do bem cultural esteja ciente do processo a ser executado.

5.4 Remoção Cautelosa

A remoção dos sinos ocorre somente quando não é possível realizar testes e tratamentos diretamente na torre sineira. Torna-se fundamental destacar que nem todos os casos demandam a aplicação desses métodos. A retirada é reservada para situações que exigem testes mais específicos ou quando é necessário realizar soldagem no sino.

⁴³ O INVENTÁRIO Nacional de Referência Cultural. IPHAN(2015)

Dado que os sinos são instalados em campanários com alturas muitas vezes exorbitantes e pesos que variam em várias toneladas, é essencial um planejamento meticuloso. Isso envolve a coordenação de uma equipe e empresas terceirizadas de guindastes. A operação requer extrema cautela para evitar danos ao sino durante o içamento, além de preservar a integridade da estrutura do campanário⁴⁴. O transporte até o ateliê de restauração, o caminho a ser percorrido, o tipo de guindaste para suportar o peso, o veículo de transporte, a logística para retirada no ateliê e o posterior içamento do sino após o restauro são etapas críticas que demandam estudo prévio. Qualquer falha nesse processo pode resultar em danos aos sinos e comprometer a segurança dos trabalhadores envolvidos. Conforme *The Council for Museums, Libraries and Archives* (2002), no transporte é aconselhado que uma cópia da documentação do objeto com instruções de manuseio, para que o receptor siga o passo a passo instruindo pela equipe responsável pelo transporte.

Em determinados casos específicos, além da utilização de guindastes para a remoção do sino, surge a necessidade de instalar andaimes em paralelo ao campanário, proporcionando proteção e suporte adicionais.

5.5 Exames Técnicos e científicos

Os Exames Técnicos e Científicos, variam de acordo com a natureza dos danos no sino. Se o equipamento não for pesado ou de grande dimensão, as análises podem ser conduzidas no próprio campanário. No entanto, em muitas ocasiões, a retirada do sino é necessária para uma inspeção mais detalhada. Essas análises incluem análises por imagens e visual, químicas e mecânicas. Segundo GRANATO Nas análises por imagem e visual são detectados defeitos superficiais e defeitos internos, na análise química, estuda-se a composição química dos sinos, enquanto a análise mecânica avalia a capacidade do material para suportar o funcionamento e identificar possíveis pontos de falha, servindo como uma análise preventiva.

5.5.1 Análises por Imagens e Visual

⁴⁴ COUNCIL, Wiltshire County. Preventive conservation. Signposts to Collections Care: a self-assessment pack for museums Factsheet 4, 2006.

Este tipo de análise consiste em examinar o metal através de estudos de imagens realizadas para avaliar a qualidade e integridade do metal, utilizando-se da observação a olho nu e com o auxílio de lupa ou microscópio. Nas inspeções por imagens, são utilizados instrumentos capazes de detectar defeitos internos que não são possíveis de ver a olho nu técnica não destrutiva. Alguns exemplos dessas análises incluem:

A análise organoléptica refere-se à avaliação realizada pelo ser humano utilizando os sentidos do olfato, paladar, tato e visão para determinar características como cor, brilho, transparência, textura, odor e sabor de um objeto. Essa análise visa identificar e compreender as mudanças que o objeto sofre ao longo do tempo ou em diferentes condições.

Em realização da visita técnica na Igreja de Nossa Senhora da Apresentação na cidade do Rio de Janeiro foi possível formular uma análise organoléptica e elaborar uma ficha de dados conforme a necessidade do Conservador-Restaurador.

Abaixo podemos compreender como a análise organoléptica funciona na prática, a análise a seguir foi realizada no campanário da Igreja Nossa Senhora da Apresentação localizada no Bairro de Irajá na cidade do Rio de Janeiro. A igreja foi fundada no ano de 1613, pelos Jesuítas que tinham por missão a catequização do Brasil. Os sinos das Igrejas são os originais da época da fundação, sem qualquer documentação de restauro.

Abaixo, encontra-se a análise visual realizada após a visita técnica, utilizando o modelo criado pela autora, que estará disponível em anexo.

FICHA DE ANÁLISE ORGANOLÉPTICA DE UM SINO

| Imagem do Objeto:



IDENTIFICAÇÃO

Tipo de Obra: Sino de Fundição

Proprietário: Igreja Nossa Senhora da Apresentação

Localização: Campanário da Igreja Nossa Senhora da Apresentação - sino localizado no lado esquerdo do campanário dedicado à padroeira, Nossa Senhora da Apresentação.

Endereço: Praça Nossa Sra. da Apresentação, 272 - Irajá, Rio de Janeiro - RJ, 21231-220

Cidade: Rio de Janeiro

Estado: RJ

Responsável pela Obra: Paróquia da Igreja Nossa Senhora da Apresentação

DETALHES DA OBRA

Autor: -

Fundição:-

Data de Conclusão: 1989

Dimensões: -

DESCRIÇÃO

Descrição sucinta das características do objeto (quando possível identificar): forma, material, cor, etc.

Objeto metálico de cor verde-azulada, em formato de cone oco, contendo um pequeno martelo (badalo) em seu interior. Possui um mecanismo eletrônico que aciona automaticamente nas horas programadas.

MATERIAL

Indicar a tipologia do material, de acordo com as categorias abaixo:

- | | |
|---|---|
| () Laca | () Papel |
| () Borracha | () Sedimento |
| () Carvão | () Plástico |
| () Cerâmica | () Têxtil |
| () Faiança | () Flora |
| () Porcelana | () Fauna |
| () Couro | () Vidro |
| () Peles | () Âmbar |
| () Fóssil | () Chifre |
| () Lítico | () Marfim |
| () Minerais | () Casca de Árvore |
| () Madeira | () Material Botânico (Sementes Secas, Capim) |
| () Malacológico | () Material Carbonizado |
| <input checked="" type="checkbox"/> Metal | () Pena |
| () Osso | <input checked="" type="checkbox"/> Outros: BRONZE |

Caso o objeto contenha mais de um material, identifique um após o outro utilizando vírgulas.

DIMENSÕES/MEDIDAS DE REFERÊNCIA

Registro das medidas físicas do objeto:

Objetos Bidimensionais:

Altura x Largura _____

Alt. x Larg. x Profundidade _____

Diâmetro x Espessura _____

Peso _____

ESTADO DE CONSERVAÇÃO

Com relação à sua integridade:

- Exemplar Íntegro
- () Exemplar Fragmentado
- () Exemplar Fragilizado
- () Conjunto de Fragmentos Não Individualizados

INDICADORES VISUAIS DE DANOS

(<input type="checkbox"/>) Quebra (<input type="checkbox"/>) Agentes biológicos (<input checked="" type="checkbox"/>) Alteração pictórica (<input type="checkbox"/>) Rachaduras (<input checked="" type="checkbox"/>) Oxidação (<input type="checkbox"/>) Pulverização (<input checked="" type="checkbox"/>) Perdas (<input type="checkbox"/>) Fuligem (<input checked="" type="checkbox"/>) Sujidades (<input checked="" type="checkbox"/>) Manchas (<input type="checkbox"/>) Deformação (<input checked="" type="checkbox"/>) Incrustação (<input type="checkbox"/>) Delaminação (<input type="checkbox"/>) Quebradiço	(<input type="checkbox"/>) Salinização (<input type="checkbox"/>) Desprendimento (<input type="checkbox"/>) Fissuras (<input type="checkbox"/>) Perda de coesão física (<input type="checkbox"/>) Abrasão/Ranhuras (<input type="checkbox"/>) Aderência (<input type="checkbox"/>) Ruptura
--	--

ASPECTO VISUAL

Cor: Verde-Azulado

SOM

Textura: Áspera Brilho: Sem Brilho
Timbre: Toque do Sino
Duração do Som: Longo
Intensidade: Forte

ODOR

Presença de Odor: () Sim () Não
Descrição do Odor

TOQUE

Sensação ao Toque:
Abafado

ESTADO GERAL

Observações Gerais sobre o Estado de Conservação:
Em geral o sino está em um estado regular de conservação.

NOTAS ADICIONAIS

O sino apresenta manchas de respingos de tinta ao longo de seu corpo e cabeçalho. Há evidências de uma camada de tinta na estrutura e na costela. Na parte inferior, a costela exibe marcas de desgaste causadas pelo tempo e pelo uso, resultando na perda de parte do metal. Além disso, há sinais de oxidação no badalo.

Preenchido por: Marcela Moraes dos Santos

Data: 21.05.2024

A Radiografia Industrial é um método de inspeção não destrutiva que utiliza a absorção diferenciada da radiação para detectar falhas internas em materiais. Devido a variações na densidade e espessura, diferentes regiões de uma peça absorvem quantidades distintas de radiação, permitindo a identificação de defeitos volumétricos como vazios e inclusões através de filmes, tubos de imagem ou detectores eletrônicos. É importante para documentar a qualidade dos produtos, pois a imagem radiográfica revela a "fotografia" interna da peça, algo que nenhum outro ensaio não destrutivo consegue. Comumente utilizada em áreas como aeroportos, aeronaves, automóveis, trens, navios e submarinos, a radiografia industrial é essencial para garantir o bom desempenho dessas máquinas. Elas dependem da qualidade do projeto mecânico, dos materiais, dos processos de fabricação, montagem, inspeção e manutenção⁴⁵.

Os ensaios de ultrassom são métodos não destrutivos que utilizam um feixe sônico de alta frequência para detectar descontinuidades internas e, em alguns casos, superficiais em materiais. Além da análise de descontinuidades, esses ensaios são usados para medir espessuras, controlar a taxa de corrosão, determinar propriedades físicas e estimar o tamanho dos grãos⁴⁶.

5.5.2 Análise Química

Análise de Composição de Material: Esses testes possuem a capacidade de identificar as ligas presentes na composição do bronze, esclarecendo diversos problemas relacionados a rachaduras e sonoridade dos sinos. Existem diferentes Métodos de Análises Químicas, podendo ser classificadas como destrutivas ou não⁴⁷. Alguns exemplos dessas análises incluem:

⁴⁵ ANDREUCCI , Ricardo. A Radiologia Industrial. São Paulo: ABENDE, 2017.

⁴⁶ ABATI, Gabriel Fischer; MEGGIOLARO, Marco Antonio; FREITAS , Daniel. Desenvolvimento De Sistema De Inspeção De Materiais Com Uso De Ultrassom. Departamento de Engenharia Mecânica, Rio de Janeiro, 2016.

⁴⁷ O método de análise destrutivo envolve a remoção de uma pequena parte da amostra do material que será analisado. Esse procedimento é chamado de "destrutivo" porque a amostra original é modificada ou destruída durante o processo de análise. Apesar disso, apenas uma porção mínima do material é retirada, garantindo que a maior parte do item permaneça intacta. Esse tipo de análise é utilizado quando é necessário obter informações precisas sobre a composição, estrutura ou propriedades do material, que não podem ser obtidas por métodos não destrutivos. Exemplos comuns de métodos destrutivos incluem ensaios mecânicos, análises químicas e estudos metalográficos,

Metalografia é a técnica de estudo da estrutura microscópica de metais e ligas, empregando polimento, ataque químico e observação sob microscópio para compreender as propriedades e características dos materiais metálicos, incluindo composição da liga, etapas de processamento e fabricação, além de prever suas propriedades químicas e mecânicas⁴⁸. Essa abordagem frequentemente envolve a retirada de um fragmento para análise. Essa análise foi o método utilizado no estudo realizado por IVORRA; TORRES; CARCEL, (2021), para compreender a falha ocorrida no sino El Jaume, permitindo identificar o local exato da falha.

A Espectrometria de Emissão Óptica (OES) é uma técnica analítica que determina a composição química de materiais, especialmente metais. Envolve vaporizar a amostra, excitando átomos que, ao retornarem ao estado fundamental, emitem luz visível, sendo assim com a amostra destrutiva⁴⁹. A análise do padrão de emissão permite identificar e quantificar elementos na amostra. É amplamente utilizada em diversos setores para análise de concentrações de traço em diferentes materiais de acervo histórico.

A Fluorescência de Raios X (XRF) é amplamente utilizada na análise química de diversas amostras, incluindo metais, ligas, escórias, catalisadores, óleos, solos, alimentos, produtos farmacêuticos, cerâmicas, polímeros e muito mais. Essa abordagem não destrutiva é uma ferramenta fundamental em várias áreas de pesquisa e indústria, possibilitando a análise precisa de elementos em uma ampla variedade de materiais⁵⁰. No contexto do Liberty Bell, essa técnica desempenhou um papel essencial ao revelar a composição das ligas metálicas, fornecendo análises fundamentais para compreender as razões por trás das rachaduras.

5.5.3 Análise Mecânica

onde se obtém dados essenciais para a caracterização e compreensão do material em questão. No caso da análise não destrutiva, não existe a necessidade de amostra para realizar as análises.

⁴⁸ ROHDE , Regis Almir. Metalografia Preparação de Amostras: Uma abordagem,(2010 p. 6)

⁴⁹ MURTA, Maria Cecília Junqueira. Revisão Bibliográfica: Espectrometria de emissão óptica. *In:* MURTA, Maria Cecília Junqueira. Análise De Inclusões Não Metálicas Em Aço Por Espectrometria De Emissão Óptica Associada Ao Sistema Spark-Dat. . Dissertação de Mestrado (Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais) - Universidade Federal De Minas Gerais, [S. I.], (2013. p.18-31)

⁵⁰ FERRETTI, Marco. Princípios e aplicações de espectroscopia de fluorescência de Raios X (FRX) com instrumentação portátil para estudo de bens culturais. (2009 p.78)

A análise de falha mecânica desempenha um papel essencial na identificação das causas de falhas em componentes ou estruturas, permitindo a implementação de medidas preventivas. As falhas podem resultar de subdimensionamento no projeto, utilização inadequada de materiais ou falhas no processo de fabricação. Nesse cenário, a análise de falha dos materiais emerge como uma ferramenta valiosa para a investigação desses incidentes⁵¹.

Análises de falha são cruciais para entender o desempenho dos materiais, com o sino como objeto de estudo. Esses testes simulam o comportamento do material, permitindo identificar pontos de desgaste em situações especificamente definidas pelos pesquisadores. Além disso, possibilitam uma avaliação mais precisa do estado do sino, fornecendo dados importantes para o processo de restauração e conservação.

Análise de Vibração, é uma técnica importante para a manutenção preventiva, pois identifica falhas nos componentes rotativos das máquinas. Este diagnóstico analisa o nível de vibração de cada peça, permitindo antecipar falhas relacionadas a desbalanceamento, desalinhamento, folgas, falta de rigidez mecânica, problemas em rolamentos, engrenagens defeituosas, entre outros. Em 2005, com financiamento da União Europeia, foi iniciado o projeto "Manutenção e Proteção de Sinos" (PROBELL). Este projeto teve como foco detectar problemas no badalo do sino para prevenir potenciais questões, contando com um modelo exemplar de sino em tamanho real disponibilizado para universidades realizarem estudos sobre fissuras, rachaduras, desgaste, entre outros problemas⁵².

As análises aqui apresentadas deverão ser repensadas de acordo com a necessidade da compreensão dos danos apresentados pelo sino estudado, pode ser que precise de outras análise e outros estudos.

5.6 Restauração de Danos

⁵¹ PETROSKI, H. J. ON THE CRACKED BELL. Journal of Sound and Vibration, North Carolina, U.S.A., ed. 96, p. 485-493, 1984. Disponível em:

2023.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022460X84906357>. Acesso em: 23 abr. 2023

⁵² .KLEMENC, J.; RUPP, A.; FAJDIGA, M. Dynamics of a clapper-to-bell impact, (2012)

No passado, os sinos danificados não eram restaurados; em vez disso, eram enviados de volta para a fundição, onde seriam quebrados e passariam pelo processo de refundição como sinos novos, recebendo um novo padroeiro. Com o avanço tecnológico, surgiram métodos que possibilitam a restauração dos danos, evitando assim o processo de refundição.

Os sinos rachados eram o principal problema enfrentado e por isso era o que iria para uma nova refundição por entender que não se tinha o conhecimento de como remendar a rachadura alteraria a sonoridade do sino. A tecnologia proporcionou o sistema de soldadura que é o processo de ligar duas partes de modo permanente, assim fazendo a junção da parte fissurada ou rachada do sino. Para o restauro do sino são utilizados dois tipos de soldadura que é a TIG e a Laser⁵³, o profissional responsável pela soldagem do sino precisa ser capacitado e certificado para o tipo de solda, pois a falta de conhecimento pode ocasionar mais danos aos sinos.

De acordo com BRAGA (2014), o processo de soldagem TIG (Tungsten Inert Gas), o aquecimento é alcançado por meio de um arco elétrico gerado através de um eletrodo de tungstênio não consumível, evitando fusão para prevenir defeitos no cordão de solda. Tanto o eletrodo quanto a poça de fusão são protegidos por uma atmosfera gasosa composta por gás inerte, como argônio ou hélio, que não reage com outros materiais. O método TIG permite a soldagem de materiais com ou sem a necessidade de adição, sendo vital que, em casos de adição de material à poça de fusão, este seja compatível com o metal de base, conforme a aplicação específica da solda. No caso do sino serão utilizadas varetas, com a formulação de bronze para efetuar o preenchimento.

Na soldagem a laser, um feixe de luz intensamente concentrado é direcionado para a junta entre os materiais a serem unidos. Esse feixe poderoso derrete os materiais em suas juntas, formando uma união fundida. O uso de uma fonte de calor altamente focalizada permite a soldagem a laser em materiais finos a

⁵³ BRAGA, João Pedro da Silva Teles. Desenvolvimento de uma técnica de soldadura para restauro de sinos. (2014)

velocidades elevadas. Em materiais mais espessos, a técnica possibilita a criação de soldas profundas e estreitas⁵⁴.

5.6.1 Higienização Detalhada

O que pode parecer simples para determinados objetos torna-se uma questão delicada quando se trata de sinos, exigindo cautela durante a higienização detalhada. Como discutido no capítulo anterior, identificamos patinas e compreendemos que a tonalidade esverdeada não representa um problema para os sinos, pois essas páginas funcionam como uma proteção natural, diferenciando-se da chamada "doença do bronze". A abordagem correta no tratamento depende da identificação da pátina específica presente e se ela realmente representa a doença do bronze.

Muitas pessoas que não possuem conhecimento em técnicas de conservação recorrem a métodos de limpeza de bronze encontrados em sites de busca, no qual são direcionados a utilizar receitas caseiras como utilizar limão e sal, ketchup, água e detergente, ou polir o bronze com jornal, entre outras técnicas. Embora essas abordagens possam apresentar resultados temporários, elas não são ideais. Ao empregar tais procedimentos, o sino corre o risco de sofrer danos que originalmente não possuía, uma vez que a camada removida era, muitas vezes, uma camada protetora.

Um problema mais grave associado a essa higienização sem técnica é o risco à saúde daqueles que a praticam, os quais frequentemente não utilizam equipamento de proteção individual (EPI), durante o procedimento. Vale ressaltar que o excremento do pombo, quando inalado em forma de pó, pode causar doenças na pessoa que o inalou, exigindo cuidados médicos imediatos.

Outro desafio da higienização em sinos é compreender que até mesmo os produtos utilizados podem alterar a sonoridade dos sinos. Portanto, o conservador-restaurador precisa possuir o conhecimento necessário para evitar qualquer impacto negativo na sonoridade dos sinos.

⁵⁴ GIMENES JR, F. Luiz; RAMALHO , José Pinto. Soldagem Laser. Portal Brasileiro de Soldagem, (2018).

Os sinos dos campanários, dependendo da região, podem apresentar uma camada espessa de sujeira, poeira, poluição e excrementos de pássaros. A higienização pode ocorrer diretamente no campanário ou em um ateliê de restauro, dependendo da gravidade. A escolha entre higienização mecânica ou química é determinada pelo estado específico em que o sino se encontra.

A higienização mecânica do sino pode ser executada com trincha, se necessário, o uso de lixa. A limpeza em alguns casos pode ser lavada com água e detergente não alcalino e secos com flanela ou pano macio⁵⁵. Já a higienização química, um processo mais delicado e especializado, requer o uso de substâncias adequadas para dissolver e remover resíduos indesejados, assegurando a preservação do sino. Esse método envolve a aplicação de soluções e solventes específicos para tratar cada caso. Antes da aplicação, é essencial realizar testes em pequenas partes com swab para compreender as possíveis reações e a eficácia do produto no sino danificado, teste de solvente simples para determinar qual seria os mais adequados. Para GARCIA *et al* (1998) para higienização de bronzes é recomendado iniciar com métodos suaves, como o uso de um pano seco ou etanol para manchas leves. Em casos de manchas mais severas, pode-se utilizar uma solução de ácido cítrico e tioureia, que ajuda a remover a corrosão sem atacar o metal. Após a limpeza, é fundamental lavar bem o objeto e, se necessário, neutralizar resíduos ácidos com uma solução de carbonato de sódio. Para evitar danos adicionais, é importante utilizar luvas durante todo o processo, e após a limpeza, garantir que o objeto esteja completamente seco antes de aplicar qualquer revestimento protetor, como cera microcristalina ou laca acrílica.

No estudo de caso de MELO (2023), referente ao restauro dos sinos da Igreja de Bom Jesus do Matosinho, em Ouro Preto, MG, foram utilizados diferentes tipos de solventes. Dentre eles, o solvente de baixa toxicidade⁵⁶, conhecido como

⁵⁵Esse tipo de limpeza deve ser realizado com detergente não alcalino e água destilada ou desmineralizada, e não com a água comum de torneira. (TEIXEIRA, Lia Canola; GHIZONI, Vanilde Rohling. Conservação Preventiva de Acervos, 2012, p. 57)..

⁵⁶ A aguarrás é um solvente considerado de baixa toxicidade e não é esperado que apresente toxicidade aguda, conforme indicado na Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ). No entanto, pode causar irritação na pele, olhos e vias respiratórias em caso de contato ou exposição inadequada, além de efeitos como dor de cabeça, tontura e náusea em ambientes mal ventilados ou após exposição prolongada. Para garantir um uso seguro, é essencial seguir as recomendações do fabricante, trabalhar em locais ventilados e utilizar os equipamentos de proteção apropriados.

aguarrás, apresentou bons resultados nos testes, demonstrando um desempenho eficaz no processo de higienização.

Outro método de limpeza química, ainda pouco explorado na higienização de metais, mas amplamente difundido no restauro de papéis e pinturas, é a higienização por meio de geis. No estudo de GIRAUD *et al.* (2021), o uso de geis na limpeza de bronze demonstrou ser uma abordagem controlada e precisa, permitindo que o conservador trate áreas específicas com maior segurança. Para a limpeza de superfícies de bronze, géis físicos descascáveis, como ágar-ágar e goma gelana, mostraram-se particularmente eficazes quando combinados com soluções de tratamento de pH próximo ao neutro, como o EDTA dissódico.

O EDTA (ácido etilenodiamino tetra acético) é um agente quelante que forma complexa estáveis com íons metálicos, facilitando a remoção de produtos de corrosão sem danificar a superfície subjacente do metal. A concentração de EDTA dissódico na solução de tratamento é um fator indisponível. Segundo Giraud *et al.* (2021), testes com geis à base de EDTA indicaram que uma concentração de 2% em peso de EDTA dissódico é eficaz na remoção de produtos de corrosão. No entanto, uma concentração de 5% proporciona resultados mais rápidos, embora haja um maior risco de danificar as camadas internas da superfície, caso a aplicação não seja devidamente controlada.⁵⁷.

O uso de géis na limpeza de bronze é uma técnica eficaz e controlada que permite a remoção precisa de produtos de corrosão sem comprometer a integridade da superfície metálica. A escolha do gel e da concentração da solução de tratamento deve ser cuidadosamente considerada, e a aplicação deve ser monitorada para garantir a segurança e eficácia do processo. Essa abordagem não só preserva a aparência estética do bronze, mas também sua integridade estrutural, contribuindo para a longevidade do objeto tratado.

Após essa etapa, segue-se uma limpeza cuidadosa e, se necessário, a aplicação de agentes protetores para prevenir a corrosão e manter a integridade do

⁵⁷ GIRAUD, Tiffanie; GOMEZ, Alban; LEMOINE, Stephane; GUILMINOT, Elodie; RAIMON, Aymeric; PELÉ-MEZIANI, Charlene. Use of gels for the cleaning of archaeological metals. Case study of silver-plated copper alloy coins (2021p).

sino ao longo do tempo que podem ser usado cera micro cristalina ou verniz com base de resina acrílica Paraloid B-72⁵⁸.

No caso de danos por corrosão, uma das etapas para solucionar o problema e frear a corrosão existente começa com a higienização dos sinos de maneira mecânica, utilizando trinhas e lixas para remover os cloretos, que causam a corrosão. Após a remoção mecânica, pode-se proceder à retirada da corrosão com produtos químicos. Segundo NETO (2020), as etapas para a higienização química podem ser divididas em três fases: a retirada química dos cloretos, utilizando uma solução a 5% de carbonato de sódio ou sesquicarbonato de sódio em água destilada ou desmineralizada. O sesquicarbonato pode ser preparado misturando bicarbonato de sódio e carbonato de sódio em proporções equimolares. Este processo pode durar de 2 a 20 semanas, com trocas semanais da solução, até que o pH fique neutro. Após isso, a peça deve ser imersa em água destilada por uma semana. Em seguida, aplica-se uma solução a 5% de Benzotriazol em água destilada ou etanol para proteger o artefato. É importante lembrar que o Benzotriazol é tóxico e requer precauções de segurança. Essas etapas são fundamentais para assegurar a eficácia da conservação e a proteção a longo prazo dos sinos contra a corrosão. Esse método foi utilizado em artefatos históricos de bronze em pequenas proporções. No caso dos sinos, será necessário realizar testes preliminares antes de iniciar a restauração.

Quando se trata de sinos em exposição em museus, a dinâmica é diferente. Geralmente, busca-se preservar a cor original do bronze para atrair mais atenção durante a exposição. Como é conhecido, o bronze, ao entrar em contato com o ambiente, pode sofrer alterações na sua coloração. Portanto, manter a cor levemente dourada requer uma higienização mais complexa.

Um exemplo notável é o Liberty Bell, exposto no pavilhão localizado na Market Street, na Filadélfia, Pensilvânia, em um ambiente musealizado. Nesse caso, nenhum visitante pode tocá-lo com as mãos. A higienização ocorre diariamente de maneira mecânica, utilizando trincha macia. Além disso, a cada cinco anos, é

⁵⁸ A proteção utilizada como resina acrílica Paraloid B-7221, diluído em Toluol (酇6酇5酇4) utilizado no restauro dos Sinos da Igreja Bom Jesus do Matosinho. (MELO, Marília Sinimbú. Item Dossiê de Restauração dos Sinos da Igreja de Bom Jesus de Matosinhos (2023.p 48).

realizada uma higienização química com álcool mineral e um refinamento no polimento com cera microcristalina, criando uma camada de pátina protetora. Esses procedimentos visam preservar o sino de possíveis corrosões e garantir sua durabilidade ao longo do tempo.

5.6.2 Substituição de Partes Danificadas

A substituição de partes danificadas é um processo muito comum aos sinos que estão em funcionamento nos campanários, pois a falta de uma peça pode ocasionar a sua inutilização. Esse processo pode parecer confuso em relação a teorias conservadoras da conservação, mas para Viñas (1999), o objeto de restauro está relacionado aos sujeitos (comunidade no qual faz parte), e não mais nos objetos. Os mancais e eixos, estruturas de madeira que são as peças que proporcionam mais instabilidade e causam problemas diretamente ao sino, podem ser substituídas proporcionando a estabilidade do objeto principal.

5.6.3 Afinamento Preciso

A afinação do sino é conduzida por um profissional qualificado, frequentemente o mestre sineiro⁵⁹. Durante o processo de afinação, o profissional ouvirá atentamente o timbre do sino, identificando a nota fundamental e os harmônicos, assim como sua combinação, seja com ou sem harmonia. Somente após a afinação, o sino estará pronto para retornar ao campanário. No entanto, em um ambiente museológico, o sino geralmente não necessitará passar por esse processo de afinação.

5.6.4 Reinstalação e Acondicionamento

A reinstalação do sino deve seguir os critérios estabelecidos, com um programa detalhado com o transporte, estabelecer assim como a remoção se será necessário treinar a equipe de terceirizado, a se será necessário o uso de guindaste.

Como prevenção de objetos metálicos contra a corrosão, o primeiro passo é manter o objeto seguro de água, evitando as chuvas e manter os objetos secos.

⁵⁹ Esse processo será parecido como processo realizado na fundição do sino.

Caso necessário a colocação de uma camada de proteção, com produto tipo laca, resina acrílica ou cera especial.

No acondicionamento em campanários, é importante implementar medidas físicas de contenção contra pombos, tais como telas de proteção ou fios de nylon instalados a aproximadamente 10 cm da base, ou ainda molas estendidas em superfícies como parapeitos, onde os pombos possam poussar⁶⁰. Contudo, ao lidar com monumentos históricos, é importante considerar a estética e evitar qualquer interferência visual que possa comprometer a sua integridade visual.

Outra abordagem eficaz envolve o uso de repelentes, os quais podem dissuadir os pombos de se aproximarem das torres. Esses repelentes funcionam ao causar desconforto nas aves quando entram em contato com determinadas substâncias, levando-as a se afastarem do local.

O acondicionamento de sinos dentro dos museus deverá respeitar as normas de conservação preventiva como o acondicionamento em com expostos em ambientes com controle da taxa de umidade 40 - 45% pois acima de 65% de umidade relativa o objeto pode absorver água gerando o processo corrosivo do material⁶¹.

Quando o objeto é acondicionado dentro de uma reserva técnica ele precisa estar exposto ao ambiente somente com o ambiente controlado, no qual deverá sempre observar se está em processo de corrosão. Caso seja identificado o processo de corrosão dentro do ambiente musealizado será necessário o controle efetivo do ambiente e passa por processo de restauro.

⁶⁰ BECK , Pedro Viotti. Estudo das infestações de pombos nas edificações da cidade de Brasília. Brasília: [s. n.], (2003 p.17).

⁶¹ CAMPOS, Guadalupe do Nascimento; GRANATO, Marcus; MIDDEA, Antonieta. ACONDICIONAMENTO E MANUSEIO DE ARTEFATOS ARQUEOLÓGICOS METÁLICOS: REFLEXÕES E PROCEDIMENTOS. (2017,p.68)No artigo, os autores identificam que a umidade relativa pode ser alterada quando o metal está em estágio de corrosão ativa, o que pode afetar o acervo. Isso indica a necessidade de removê-lo do acervo e colocá-lo em um ambiente onde a umidade relativa varie entre 30% e 42%.

Ao lidar com objetos metálicos, é importante evitar manipulá-los sem proteção adequada, como luvas, pois os resíduos ácidos presentes na pele podem causar marcas indesejáveis que se tornam visíveis em superfícies lustrosas⁶²

⁶² DOCUMENTAÇÃO e conservação De acervos museológicos: Diretrizes: GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO.(2010, p.90)

6. CONCLUSÃO

O sino é uma arte milenar transmitida manualmente através de diversas gerações, envolvendo um profundo conhecimento sobre sua produção e significado. Vai além da sua simples materialidade física, pois está intimamente ligado ao cotidiano das pessoas.

A restauração e conservação de sinos, embora possa parecer simples devido à durabilidade do material utilizado, o bronze, torna-se complexa quando se comprehende todo o processo, desde sua história até a mística que envolve esse objeto, muitas vezes presente em ambientes sacros.

O desafio enfrentado pelo conservador-restaurador é compreender a importância da química na compreensão do processo de degradação do metal, além de reconhecer a necessidade de realizar testes para tomar decisões sobre quais solventes ou camadas protetoras utilizar.

Outro desafio significativo é entender a mecânica dos materiais, realizarem estudos sobre sua fadiga e lidar com as dimensões, considerando o tamanho e o peso dos sinos, o que torna complexa sua remoção.

Para os sinos e campanários, é essencial desenvolver uma estratégia específica em cada caso para garantir sua longa durabilidade na sociedade. Isso implica em adotar medidas de conservação preventiva, uma vez que o controle efetivo da umidade relativa e temperatura nem sempre é possível. Compreender a importância da manutenção regular das peças e de inspeções periódicas pode ser a melhor abordagem a ser adotada.

No caso dos sinos em museus, é fundamental garantir que estejam submetidos aos padrões de umidade relativa adequados para metais, além de realizar inspeções periódicas para detectar possíveis problemas. É necessário também controlar o ambiente para evitar processos corrosivos.

Na literatura, não é possível encontrar diretrizes específicas para o acondicionamento de sinos, sendo responsabilidade do conservador-restaurador estudar a melhor forma de realizar essa tarefa. No entanto, é comum observar que

sinos pesados e grandes, ao serem retirados dos campanários das igrejas, muitas vezes são simplesmente colocados no chão de salas sem um acondicionamento adequado.

O restaurador-conservador precisa possuir conhecimento teórico sólido antes de tomar decisões técnicas, especialmente no caso dos sinos, onde pode ser necessário envolver uma equipe multidisciplinar. Isso inclui profissionais de laboratórios de química, física e mecânica, além de especialistas como sineiros e soldadores em certos casos.

Um dos desafios encontrados está na escassez de bibliografia especializada na área de conservação e restauração, o que requer que o restaurador busque conhecimento em outras áreas de estudo para aplicar no contexto teórico da conservação. Compreender não apenas o material em si, mas também sua história, sua função na sociedade e reconhecer a interdependência entre ambos são fundamental para o restaurador-conservador.

A tomada de decisão sobre o caminho a seguir no restauro ou na conservação fica a cargo do restaurador-conservador, que deve basear-se em seu conhecimento teórico para tomar a decisão adequada para o objeto em questão. Com base nisso, ele pode montar uma equipe especializada para realizar o restauro do sino ou para sua conservação em um ambiente museológico.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA

ABATI, Gabriel Fischer; MEGGIOLARO, Marco Antonio; FREITAS , Daniel. Desenvolvimento de Sistema de Inspeção de Materiais com Uso de Ultrassom. **Departamento de Engenharia Mecânica**, Rio de Janeiro, 2016.

ABREU , Ana Lúcia de. A Tangibilidade do Intangível: Sinos e Cidades Tocantes. **Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material**, São Paulo, 2022.

ANDREUCCI , Ricardo. **A Radiologia Industrial**. São Paulo: ABENDE, 2017.

ASSIS, Thaís Silva de Assis. **A religiosidade hindu no Brasil como movimento e como experiência**. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Antropologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGSA/IFCS/UFRJ).

ASTM, E 1823-96. **Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture testing**, 1996.

BAIÃO, Paulo Miguel Monteiro. **Comportamento Dinâmico de Uma Torre Sineira: Igreja de Santo António das Antas. 2009**. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Estruturas) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Porto, Portugal, 2010.

BLAIR, Malcolm; W. MONROE, Raymond. **Fundido ou Forjado? Uma Avaliação Realística**. Steel Founders' Society Of America, [s. l.], 2000.

BRANDI, C. **Teoria da Restauração**. Tradução de Beatriz Mugayar Kühl. Cotia - Ateliê Editorial, Coleção Artes & Ofícios, 2008.

BRAGA, João Pedro da Silva Teles. **Desenvolvimento de uma técnica de soldadura para restauro de sinos**. Orientador: Doutor Delfim Soares. 123 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - Universidade do Minho Escola de Engenharia, Braga, Portugal, 2012.

BECK , Pedro Viotti. **Estudo das infestações de pombos nas edificações da cidade de Brasília**. Brasília: [s. n.], 2003.

BETTGE, D.; BORK, C. P. **Failures of Berlin Freedom Bell since 1966.** Engineering Failure Analysis, Berlin, Germany, v. 43, p. 63-76, 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.11.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630713003622#b0095>. Acesso em: 23 abr. 2023.

BOJANOSK, Silvana de Fátima; MICHELON, Francisca Ferreira; BEVILACQUA, Cleci. **Os termos preservação, restauração, conservação e conservação preventiva de bens culturais: uma abordagem terminológica.** Calidoscópio, [s. l.], v. 15, ed. 3, p. 443-454, 2017.

CAMPOS, Guadalupe do Nascimento; GRANATO, Marcus; MIDDEA, Antonieta. **Acondicionamento e Manuseio de Artefatos Arqueológicos Metálicos: Reflexões e Procedimentos.** Preservação do Patrimônio Arqueológico: desafios e estudos de caso, [s. l.], 2017.

COUNCIL, Wiltshire County. **Preventive conservation.** Signposts to Collections Care: a self-assessment pack for museums Factsheet 4, [s. l.], 2006.

DANTAS, Bárbara. **Santiago de Compostela e as igrejas-fortificações: uma análise da Cantiga 26 das Cantigas de Santa Maria de Afonso X.** "Revista do Colóquio, n. 13, v. 7, 2017. Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/colartes/article/view/18241> e <https://www.barbaradantas.com/post/santiago-de-compostela-e-as-igrejas-fortifica%C3%A7%C3%A9s-a-cantiga-26-das-cantigas-de-santa-maria> acesso 08.11.23

Documentação e conservação De acervos museológicos: Diretrizes: **Governo do Estado de São Paulo.** São Paulo - Brodowski: Laser Press Gráfica e Editora Ltda., 2010.

D. Bettge, C.-P. Bork **Failures of Berlin Freedom Bell since 1966** Eng. Fail. Anal., 43 (2014), pp. 63-76

FARIA, J. Amorim. **Estruturas de Madeira dos Carrilhões do Palácio Nacional de Mafra. Diagnóstico e Proposta de Intervenção.** In 2º Seminário A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação, realizado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto Portugal, 2005.

FARO, Flavia Silva. **Esculturas em Bronze da Praça Coronel Pedro Osório, Pelotas, RS: Uma Metodologia de Conservação a Partir de um Estudo De Caso.** - Dissertação (Mestre em Memória Social e Patrimônio Cultural) - Universidade Federal de Pelotas Instituto de Ciências Humanas, Pelotas, 2017.

FERRETTI, Marco. Princípios e aplicações de espectroscopia de fluorescência de Raios X (FRX) com instrumentação portátil para estudo de bens culturais. **Revista CPC**, São Paulo, p. 74-98, 2009.

FONSECA, Daniele Baltz da; AUGUSTIN, Raquel. **Conservação e Restauração: Ciência e prática na formação profissional**. Pelotas RS: UFPEL, 2020. 102 p. ISBN 978-65-86440-01-0.

FRAGOSO, Mauro Maia. A SANTIFICAÇÃO DAS HORAS ASSINALADAS PELO REBOAR DOS SINOS UNIDO AO RESSOAR DO ÓRGÃO E DO CANTAR DOS MONGES. **Espaço e Cultura**, Rio de Janeiro, 2017.

FREITAS, Thiago Corrêa de; FERREIRA, Ana Lucia; BARROS, Thales Gonçalves. **Sinos: Física e música fundidas em bronze**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s. l.], v. 23, ed. 2, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173721688>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282962716_Sinos_Fisica_e_musica_fundidas_em_bronze. Acesso em: 27 jan. 2024.

GARCIA, SR; GILROY, D.; MACLEOD, ID. In: Um guia prático para o Conservação e Cuidado de Coleções. **Western Museu Australiano**, [s. l.], 1998.

GRANATO, Marcus. Conservação e Restauração de Instrumentos Científicos Históricos. **MAST Colloquia - Vol.9 Conservação de Acervos**, Rio de Janeiro, 2007.

GIMENES JR, F. Luiz; RAMALHO , José Pinto. Soldagem Laser. **Portal Brasileiro de Soldagem**, [s. l.], 2018.

GIRAUD, Tiffanie; GOMEZ, Alban; LEMOINE, Stephane; GUILMINOT, Elodie; RAIMON, Aymeric; PELÉ-MEZIANI, Charlene. Use of gels for the cleaning of archaeological metals. Case study of silver-plated copper alloy coins. **Journal of Cultural Heritage**, [s. l.], p. 73-83, 2021.

HEADLEE, Dena. **Liberty Bell Passes Stress Test**. The U.S. National Science Foundation, [S. l.], p. 1-2, 1 abr. 2003. Disponível em: https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=108290. Acesso em: 17 nov. 2023.

chemical composition—by energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy—has provided new insights into the bell's metallurgical history. *American Scientist*, 64(6), 614–619. <http://www.jstor.org/stable/27847552>

HENRIQUES, Luís. **A paisagem sonora de Évora no século XVII: Perspectivas a partir da actividade musical das instituições religiosas da cidade**. In Book of Proceedings II International Congress on Interdisciplinarity in Social and Human

Sciences. Faro: Research Centre for Spatial and Organizational Dynamics, 2017, pp. 355-359. ISBN 978-989-8472-82-3

ICOMOS. **Carta de Veneza.** Veneza: 1964.

IVORRA, Salvador; TORRES, Benjamín; CARCEL, Alfonso C. **Analysis of the failure and remedial measures taken after the collapse of a historical bell.** Engineering Failure Analysis, [s. l.], v. 133, 2021.

John Ruskin, Biographical Materials. **The Victorian Web: literature, history, culture in the age of Victoria. National University of Singapore.** Disponível em <http://www.victorianweb.org/authors/ruskin/ruskinov.html>. Último acesso em 05/04/2024.

KLEMENC, J.; RUPP, A.; FAJDIGA, M. Dynamics of a clapper-to-bell impact. **International Journal of Impact Engineering**, [s. l.], 2012.

LAGO, Dalva DO; MIRANDA , Luiz Roberto. **Revestimento para Monumentos de Bronze Expostos à Atmosfera. Metais : Restauração e Conservação**, Rio de Janeiro, p. 25-27, 2009.

LEMOS , M.; TISSOT, I. **Reflexão sobre os desafios da conservação de objetos científicos e tecnológicos. Conservar Património** : ARP · Associação Profissional de Conservadores-restauradores de Portugal, Lisboa, Portugal, ed. 33, p. 24-3, 2020. DOI <https://doi.org/10.14568/cp2018044>. Disponível em: <https://conservarpatrimonio.pt/article/view/21456/15753>. Acesso em: 23 mar. 2023.

Lyra, Márcio de Faria Neves Pereira de. **Tradições do mar: usos, costumes e linguagem**/organizado pelo Capitão-de-Fragata Márcio Lyra.- 7.ed., rev. e aum.- Brasília : Serviço de Relações Públicas da Marinha, 1999

LIBERTY Bell Passes Stress Test. In: Liberty Bell Passes Stress Test. News Release 03-037. ed. National Science Foundation, 2003. Disponível em: https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=108290. Acesso em: 23 abr. 2023.

MACEDO , José Vitor da Silva; CARDOSO, Ariane da Silva; ROCHA , Eudes de Arimatéa; MONTEIRO , Eliana Cristina Barreto. **Danos em Edificações Históricas: Análise Comparativa Entre Duas Igrejas em Olinda-PE.** 6° Conferencia sobre Patologias e Reabilitação de Edifícios , Rio de Janeiro, 2018.

MACDONALD, Peter. **Big Ben: The Bell, the Clock and the Tower.** [S. l.: s. n.], 2005.

MANSO, Ricardo José Clemente. **Tecnologia e história da fundição artística.** Orientador: Dr Eduardo Duarte. -. Dissertação (Mestrado em Escultura Pública) - Escola das Artes da Universidade Lisboa -Portuguesa, [S. I.], 2011.

MEGALHE, Nilza Botelho. **O Livro de Ouro dos Santos:** Vida de Milagres dos Santos Mais Venerados do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

MELO, Marília Sinimbú. Item **Dossiê de Restauração dos Sinos da Igreja de Bom Jesus de Matosinhos** - Ouro Preto/MG. 2023. Conclusão de Curso (Tecnologia em Conservação e Restauro) - Instituto Federal de Minas Gerais Campus Ouro Preto, Ouro Preto. MG, 2023.

MONTANHEIRO, Fabio César. **Quem toca sino não acompanha procissão.** In: www.dhi.uem.br/gtreligiao/pdf/.../Montanheiro,Fabio.pdf Acesso em 14 de jun. de 2023.

MUNOZ Viñas, Salvador, et al. **Conservação e restauro de obras de arte** . Universidade Politécnica de Valênciac, Centro de Engenharia Económica, 1999.

MURTA, Maria Cecília Junqueira. Revisão Bibliográfica: Espectrometria de emissão óptica. In: MURTA, Maria Cecília Junqueira. **Análise de Inclusões não Metálicas em Aço por Espectrometria de Emissão Óptica Associada ao Sistema Spark-Dat.** 2013. Dissertação de Mestrado (Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais) - Universidade Federal de Minas Gerais, [S. I.], 2013.

MCKAY, Chris. **Big Ben: the Great Clock and the Bells at the Palace of Westminster.** Londres: OUP Oxford, 2010.

NETO, Hermann Windisch. A Conservação de Artefatos em Liga de Cobre. **Polyorganic**, [S. I.], p. -, 20 mar. 2020. Disponível em: <https://polyorganic.com.br/conservacao-de-artefatos-em-liga-de-cobre/>. Acesso em: 26 maio 2024.

O INVENTÁRIO Nacional de Referência Cultural. **IPHAN** , [S. I.], p. -, 14 ago. 2015. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/noticias/detalhes/3214/o-inventario-nacional-de-referencia-cultural#:~:text=O%20INRC%20%C3%A9%20um%20instrumento,bens%20culturais%20de%20natureza%20imaterial>. Acesso em: 28 mar. 2024.

PERRIN, R.; CHARNLEY, T.; PONT, J. de. **Normal modes of the modern English church bell.** *Journal of Sound and Vibration*, Auckland, New Zealand, v. 90, p. 29

- 49, 1983. DOI [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(83\)90401-7](https://doi.org/10.1016/0022-460X(83)90401-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022460X83904017>. Acesso em: 23 abr. 2023.

PETROSKI, H. J. ON THE CRACKED BELL. **Journal of Sound and Vibration**, North Carolina, U.S.A., ed. 96, p. 485-493, 1984. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022460X84906357>. Acesso em: 23 abr. 2023.

PINTO , Diana Felícia. **De Campanis Fundentis A fábrica de Fundição de Sinos de Rio Tinto**. 2019. Dissertação (Mestrado em História da Arte, Património e Cultura) - Faculdade de Letras da Universidade do Porto, [S. I.], 2019.

RIO, G1. Quatro homens tentam roubar sino de igreja abandonada em São Cristóvão. **G1**, [S. I.], p. -, 18 out. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/10/18/quatro-homens-tentam-roubar-sino-de-igreja-abandonada-em-sao-cristovao.ghtml>. Acesso em: 15 dez. 2024.

ROHDE , Regis Almir. **Metalografia Preparação de Amostras**: Uma abordagem prática. São Paulo: LEMM Laboratório de Ensaios Mecânicos e Materiais, 2010. v. 3. Disponível em: https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/52144734/metalografia-_URISAN-libre.pdf?1489470553=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETALOGRAFIA_PREPARACAO_DE_AMOSTRAS_Uma.pdf&Expires=1716681957&Signature=FNhNwRilPaD-9d~TJGbOOtTpTx4fOqxnDAfbAmhTvrqatfShGsKza5hYp-PuF5Kaj1at8lFKsP9yLGwH89vRUFlaQO~7VQpkgnELdqgRp~egwvRIKIaKPFMTpHC~v1quUkw-cPpOed-nnlyQqyq5gr5BEK7vVyS1EUQx~I2p~KgSCIV796pwSJrwWPKapxcVRqZe0o5kstTU6ZpKOq0x7gWtTKBJxC~asZaH-IQZBaoXBISenbAr5hW2zIKD2ZnQAFY5hi3x~I500~WSjs7nbaA0Bn87F2xleK9Q~EOyCmYlulgRzRzPhOArW46bklxuVBc9t6s~KlSPAMXZpbmyA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 25 maio 2024.

SANTOS, Rafael Brondani dos. **Martelo dos Hereges**. Niterói, 2006. Orientadora: Prof.^a Dr.^a Georgina Silva dos Santos. Graduação em História, Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <https://www.brasildefatomg.com.br/2021/04/08/sinogeno-musica-eletronica-remixa-si nos-da-cidade-historica-de-sao-joao-del-rei>

SARAIVA , Ana Sofia Silva. **Mecanismos de corrosão de bronzes com alto teor de estanho**. Orientador: Doutora Elin Maria de Soares Figueiredo. -. 61 f. Dissertação (Mestre em Conservação e Restauro) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2019.

SILVA , Eder Donizeti Da; NOGUEIRA , Adriana Dantas; SANTOS , Taina G. Dos; RABELO , Gabriela De M.; ROCHA , Maisa Da S. **Estudo das argamassas antigas**

da igreja de N. Sado Rosário dos Homens Pretos em São Cristóvão SE/BR.
Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, ed. 3, p. 27182-27200, 2021.

SCOTT, David A. **Copper and Bronze in Art Corrosion, Colorants, Conservation.** Los Angeles, California: Getty Publications, 2002. 533 p. ISBN 0-89236-638- 9.

TEIXEIRA , Lia Canola; GHIZONI, E Vanilde Rohling. **Conservação Preventiva de Acervos.** Florianópolis: FCC Edições, 2012. v. 1.

TORRES , Heron. **Corrosão Atmosférica do Patrimônio Cultural em Bronze: Histórico, Desafios e Perspectivas Futuras.** 2020. Conclusão De Curso (Bacharel Em Química) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Instituto De Química, Porto Alegre RS, 2020.

TOQUE DOS SINOS E OFÍCIO DE SINEIRO EM MINAS GERAIS: PLANO DE SALVAGUARDA. MINAS GERAIS: **Ministério da Cultura - IPHAN**, 2014 .

VAZDIRVANIDIS, Athanasios; PANTAZOPOULOS, George. **Metallographic Study of Great Anthony Historical Bronze Bells of Apostle Andrew Skete in Mount Athos, Greece.** Metalgraphy, Microstructure, and Analysis, [s. l.], v. 6, p. 340–35, 2017. DOI <https://doi.org/10.1007/s13632-017-0363-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13632-017-0363-8>. Acesso em: 23 mar.

VENIAL, F. La Torre inclinada de Pisa. Estructura, materiales de construcción e intervenciones de refuerzo. **Materiales de Construcción**, [s. l.], v. 50, 2000.

VERQUIMICA (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPQ AGUARRÁS). **24-03-21.** [s. l.], 24 mar. 2021.

VIOLLET-LE-DUC, Eugène Emmanuel. **Restauração.** Coleção Artes & Ofícios. Cotia (SP): Ateliê Editorial, 2000.

VIDAL, Douglas Ferreira. **Análise de Estrutura e Propriedades Mecânicas de Um Ferro Fundido Nodular em Processo de Fundição Produzido Pela Técnica de Imersão de Sino.** Orientador: Lioudmila Aleksandrovna Matlakhova. 2013. 145 p. Disertação (Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes/RJ, 2013. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/AN%C3%81LISE-DE-ESTRUTURA-E-PROPRIEDADES-MEC%C3%82NICAS-DE-UM-FERRO-FUNDIDO-NODULAR-EM-PROCESSO-DE-FUNDI%C3%87%C3%83O-PRODUZIDO-PELA-T%C3%89CNICA-1.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2023.

Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Laboratório de Estudos Etnomusicológicos - LABEET- **Adjá**. Idiophone afro-brasileiro constituído de duas a quatro campânulas acopladas de metal. Tratam-se de recipientes com badalos internos. O instrumento é

percutido indiretamente e chacoalhado, dessa forma, classificado como: 112.13. Também conhecido por campa ou sineta. Publicado em 23/05/2016, às 09h58. Última modificação em 15/04/2018, às 09h24. Disponível em: <http://plone.ufpb.br/labeet/contents/acervos/categorias/idiофones/adja#:~:text=Adj%C3%A1%20s.m.%20Idiofone%20afro%2Dbrasileiro,conhecido%20por%20campa%20ou%20sineta>. acessado 11.11.2023

ANEXO

Modelo de Ficha

FICHA DE ANÁLISE ORGANOLÉPTICA DE UM SINO	
Imagen do Objeto:	
IDENTIFICAÇÃO	
Tipo de Obra: Proprietário: Localização: Endereço: Cidade: Estado: Responsável pela Obra:	
DETALHES DA OBRA	
Autor: - Fundição:- Data de Conclusão: Dimensões: -	
 DESCRIÇÃO	
Descrição sucinta das características do objeto (quando possível identificar): forma, material, cor, etc.	
MATERIAL	
Indicar a tipologia do material, de acordo com as categorias abaixo:	

() Laca	() Papel
() Borracha	() Sedimento
() Carvão	() Plástico
() Cerâmica	() Têxtil
() Faiança	() Flora
() Porcelana	() Fauna
() Couro	() Vidro
() Peles	() Âmbar
() Fóssil	() Chifre
() Lítico	() Marfim
() Minerais	() Casca de Árvore
() Madeira	() Material Botânico (Sementes Secas, Capim)
() Malacológico	() Material Carbonizado
() Metal	() Outros:
() Osso	
() Pena	

Caso o objeto contenha mais de um material, identifique um após o outro utilizando vírgulas.

DIMENSÕES/MEDIDAS DE REFERÊNCIA

Registro das medidas físicas do objeto:

Objetos Bidimensionais:

Altura x Largura _____

Alt. x Larg. x Profundidade _____

Diâmetro x Espessura _____

Peso _____

ESTADO DE CONSERVAÇÃO

Com relação à sua integridade:

- () Exemplar Íntegro
- () Exemplar Fragmentado
- () Exemplar Fragilizado
- () Conjunto de Fragmentos Não Individualizados

INDICADORES VISUAIS DE DANOS

<input type="checkbox"/> Quebra <input type="checkbox"/> Agentes biológicos <input type="checkbox"/> Alteração pictórica <input type="checkbox"/> Rachaduras <input type="checkbox"/> Oxidação <input type="checkbox"/> Pulverização <input type="checkbox"/> Perdas <input type="checkbox"/> Fuligem <input type="checkbox"/> Sujidades <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Deformação <input type="checkbox"/> Incrustação <input type="checkbox"/> Delaminação <input type="checkbox"/> Quebradiço	<input type="checkbox"/> Salinização <input type="checkbox"/> Desprendimento <input type="checkbox"/> Fissuras <input type="checkbox"/> Perda de coesão física <input type="checkbox"/> Abrasão/Ranhuras <input type="checkbox"/> Aderência <input type="checkbox"/> Ruptura
ASPECTO VISUAL	
Cor: Textura: Brilho:	
SOM	
Timbre: Duração do Som: Intensidade:	
ODOR	
Presença de Odor: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Descrição do Odor	
TOQUE	
Sensação ao Toque:	
ESTADO GERAL	
Observações Gerais sobre o Estado de Conservação: Em geral o sino está em um estado regular de conservação.	
NOTAS ADICIONAIS	

Preenchido por:

Data:

GLOSSÁRIO

Cabeçalho: Parte essencial para o funcionamento do sino em um campanário. Geralmente feito de madeira, é a estrutura que abriga o eixo de movimentação, fornecendo o impulso necessário para o movimento do sino.

Asa (ou Coroa): Localizada na parte superior do sino, conecta-se ao cabeçalho e possibilita a movimentação do sino quando o eixo é acionado.

Malha: Elemento que conecta o bastão do badalo à estrutura do sino. Feito de couro cru ou sisal, permite o movimento oscilatório do badalo, essencial para a geração do som.

Badalo: Bastão de bronze fundido que, ao balançar e entrar em contato com as costelas do sino, provoca a vibração característica. Possui uma ponta em forma de bola ou âncora, conhecida como bola do badalo.

Costela (ou Boca do Sino): Parte inferior do sino que define seu tom. Seu diâmetro varia, influenciando diretamente a sonoridade.

Bacia (ou Corpo do Sino): Estrutura principal do sino, geralmente feita de bronze. Abriga ornamentações e gravuras, como imagens de padroeiros ou brasões, sendo responsável pelo som gerado em conjunto com o badalo.

Carrilhão: Conjunto de sinos afinados tocados manual ou automaticamente para formar melodias. Cada sino corresponde a uma nota musical específica. O carrilhão é operado por um carrilhonista que utiliza teclas e pedais conectados aos badalos.

Bronze: Liga metálica composta principalmente de cobre e estanho, com variações que incluem zinco, alumínio, fósforo, e às vezes prata ou ouro.

Bronze Campanil: Denominação específica para o bronze usado em sinos, com teor de estanho entre 18% e 25%. Apresenta propriedades como alta resistência à corrosão e durabilidade.

Costela (Molde): Gabarito de madeira utilizado para criar o contorno interno do sino durante o processo de fundição. É considerada a “alma do sino” e essencial para sua sonoridade.

Alma (ou Macho): Molde interno feito de barro e tijolos que dá forma ao sino. Revestido com argila e camadas adicionais para atingir a espessura exata do sino desejado.

Falso Sino: Modelo provisório, criado com argamassa e cera, que define a forma e as ornamentações do sino. Posteriormente destruído durante o processo de fundição.

Capa (ou Camisa): Camada externa do molde que preserva os detalhes ornamentais e veda o vazamento do metal fundido. É composta por várias camadas de barro e outros materiais, como sisal e arame.

Vazamento do Bronze: Processo em que o bronze fundido é despejado no molde, preenchendo o espaço deixado pela cera do falso sino, para formar a peça final.