

**PERICIA EM CHAMINE UTILIZANDO DRONE E SISTEMAS  
COMPLEMENTARES**

**AUTOR**

**Jorge André Gomes Machado**

REALIZAÇÃO

## RESUMO

Esse artigo visa trazer uma exposição de perícia diagnóstica com uma metodologia utilizada para averiguar uma Chaminé da Antiga Indústria Moraes S/A, localizada em Parnaíba-PI, que funcionou entre os séculos XIX e XX e que hoje é tombada pelo IPHAN. Tal verificação fez-se necessária para a análise de sua estrutura e resolver importantes questionamentos quanto a situação estrutural que apresentava diversas rachaduras e fissuras. Além de propor uma abordagem de perícia metodológica juntamente com uma solução técnica de três engenharias: Civil, Mecânica e Elétrica. Observou-se que no contexto de produção científica brasileira há pouco conhecimento produzido sobre a temática.

**Palavras-chave:** Perícia Diagnóstica. Patrimônio Histórico. Uso de drones. Industria Moraes S/A. metodologia diagnóstica.

## ABSTRACT

This article aims to bring an exposition of diagnostic expertise with a methodology used to investigate a Chimney of Old Industry Moraes S/A, located in Parnaíba-PI, which operated between the 19th and 20th centuries and which today is listed by IPHAN. Such verification was necessary for the analysis of its structure and to resolve important questions regarding the situation of the structure that presented several cracks and fissures. In addition to proposing a methodological expertise approach along with a three-engineering technical solution. Civil, Mechanical and Electrical. It is observed that in the context of Brazilian scientific production there is little knowledge produced on the subject.

**Keywords:** Diagnostic Expertise. Historic Heritage. Use of drones. Industry Moraes S/A. diagnostic methodology.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos séculos XIX e XX, com o crescimento industrial no Brasil, foi uma época de crescimento do uso de chaminés nos processos industriais, para diversos fins e tipologias. A estrutura simples utilizada nas chaminés de alvenaria garantia um baixo custo de implantação, o que gerou uma propagação rápida por todo o país.

Hoje, há um legado histórico da construção civil marcado pelo desuso dessas estruturas e por conseguinte o abandono, com riscos iminentes de danos a integridade física de locais e a pessoas que transitam próximo. Assim, nota-se imprescindível a pesquisa sobre a temática e também a consideração desse nicho de mercado quase que inexplorado a nível nacional de perícias diagnósticas.

O presente trabalho tem a finalidade específica de apresentar um case e a metrologia utilizada em uma perícia técnica de engenharia e afins para análise de estabilidade e solução pertinente (demolição ou restauração) do volume global de chaminé da antiga Indústria Moraes S/A (Patrimônio histórico), localizada no bairro do Carmo no município de Parnaíba – PI, para comprovações técnicas de provas periciais sobre todo o objeto de estudo e soluções pertinentes para responder aos seguintes questionamentos: A obra de arte está instável?. Qual o tamanho e dimensão dos danos ao longo dos anos sem manutenção?. A estrutura em si tem inclinação para tombamento?. Por ser uma obra de arte e tombada deve a qualquer custo ser recuperada?.

## 2. ASPECTOS EXTRÍNSECOS E INTRÍNSECOS

O município de Parnaíba fica localizado no litoral piauiense. A cidade é considerada a segunda mais populosa do estado do Piauí, de acordo com dados do IBGE (2023) e conta com uma população estimada de 153.863 pessoas em franco desenvolvimento, com o 27º PIB per Capita do estado.

O local é bastante conhecido atualmente por seu potencial turístico com destaque para o patrimônio natural por possuir o único Delta das Américas, praias e regiões de dunas. Além de ter um importante complexo de imóveis tombados pelo IPHAN, na zona central da cidade conhecido como “Porto das Barcas”. Região que conta a história da cidade com uma arquitetura colonial e do desenvolvimento econômico do Piauí com destaque regional para a Indústria Moraes S/A.

No século XIX e XX, as Indústrias Moraes S/A contribuíram para a desenvolvimento econômico do município de Parnaíba e do Piauí com o processamento de algodão, óleos vegetais e cera de carnaúba.

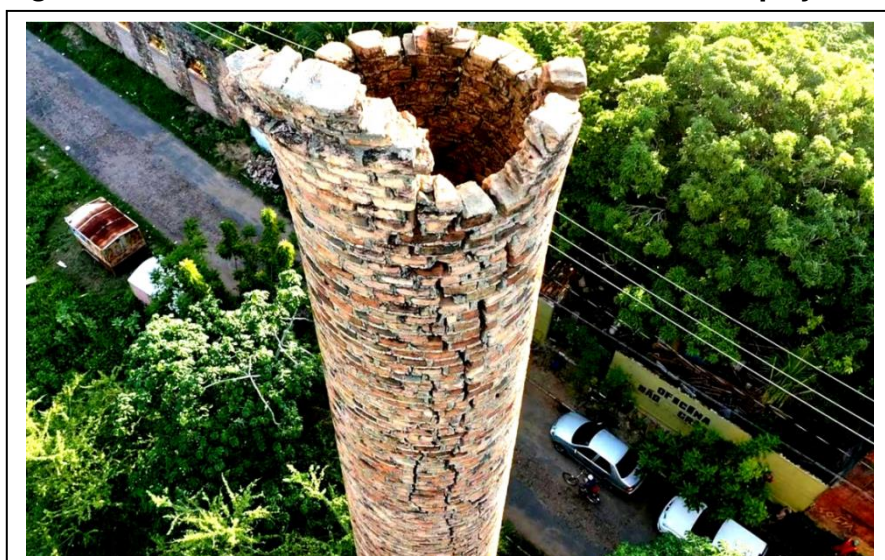
Hoje, a Indústria Moraes S/A é considerado um importante marco da industrialização no Piauí. Que deve ser preservado, no entanto, o local do objeto de

estudo encontra-se em estado de abandono, oferecendo riscos de deterioração devido à falta de inspeções e manutenções periódicas.

O Imóvel é composto por um prédio (não objeto de estudo) e uma chaminé (Objeto de estudo). O mesmo foi construído no século XX, hoje faz parte do complexo histórico do Porto das barcas. Parnaíba - PI, trata-se de um imóvel tombado pelo IPHAN, localizado no bairro do Carmo, quarteirão das ruas Merval Neves, São José, Cel. Ribeiro e Rua do Comércio.

A chaminé em questão (Figura 1) começou a suscitar debates públicos de cunho técnico e político do município devido à apresentação rachaduras. Necessitando, assim, de aporte técnico especializado de modo a responder questionamentos quanto a sua estabilidade estrutural e risco de tombamento (queda), haja visto que a região há trânsito, oferecendo possivelmente um risco aos motoristas e transeuntes.

**Figura 1 – Vista de Volumetria da Chaminé em inspeção**



Fonte: Autor (2021).

### 3. METODOLOGIA

Para a realização do estudo foi utilizado o método de vistoria “*in loco*”, análises de corpo de provas e Análises computacionais em 3D. Além de realização da vistoria foi catalogado um arquivo fotográfico de todo o imóvel. apresentamos os resultados das investigações, análises, escaneamentos, testes e ensaios que foram necessários para a conclusão desta perícia inusitada “Chaminé Moraes”.

#### 3.1. Materiais

Quanto ao tratamento técnico implementado neste trabalho, utilizou-se o processo da observação, catalogação e medição com equipamentos: máquina fotográfica da marca Nikon, trena laser, Drones modelo DJI Mavic pro II e Phantom 4 advanced, Isoladores, Caminhão com munck, Laser Bosch, Rádios comunicadores, Equipamento Geodésico, moldes cilíndricos especialmente produzidos para acoplagem de drone, cabos de aço plastificados, entre outros, o qual permitiu com maior isenção de subjetividade atingir e demonstrar os materiais e procedimentos aplicados no imóvel e seu atual estágio estrutural.

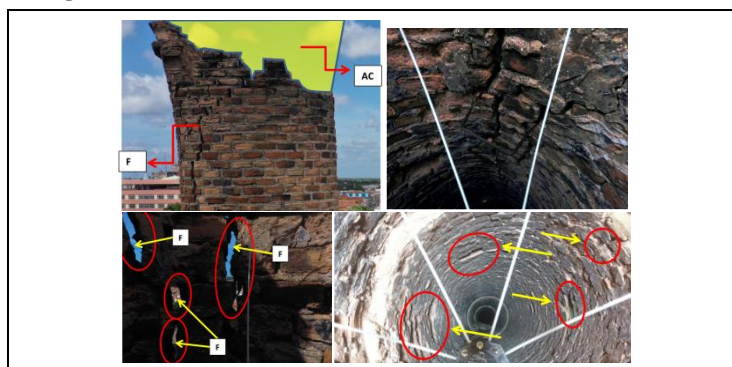
##### 3.1.1. Métodos utilizados

Foram utilizadas vários métodos para responder as questões demandadas podendo ser divididos em três partes: Análise documental e científica, Vistorias “*in loco*” e análises de dados.

A primeira ação tomada foi a análise documental e científica para buscar conhecimento necessário acerca do tema proposto. Onde, encontrou-se a dificuldade de disponibilidade sobre a temática no Brasil. Na literatura, é comum a divisão das chaminés em três partes Coroa, Fuste e Base (LOPES, 2009).

A segunda ação a ser tomada foram as vistorias “*in loco*”. Momentos imprescindíveis e de adaptação metodológica para obter os dados necessários a solidificar de maneira precisa. Para tal usamos imagens Aéreas com drones para o mapeamento externo das fissuras (Figura 2).

**Figura 2 – Vistas interna e externa da Chaminé**



Fonte: Autor (2021).

Na base, utilizou-se neste quesito o uso de esclerômetro nas faces laterais dos tijolos de contorno íntegros que ficaram semelhantes ao (cone-Português- FEUP) e de esmagamento - controle tecnológico de blocos cerâmicos- estrutural. (Laudo nº 002/anexo) ABNT NBR-15270-2 e NBR 15.270-3 nos (3) tipos de blocos coletados.

Nas inspeções internas (paredes) fuste (20 metros) de acesso e profundidade vertical Base sem consideramos a Coroa. Neste procedimento tínhamos o que é de mais complicado e cirúrgico no processo de análise. Escanear o interior de uma obra de arte- com mais de 60 anos (com raios variando de (1,50m a 2,50m) supostos.

O mecanismo foi inédito, meticuloso e com variáveis difusas sem controle e/ou sem procedimentos operacionais referenciados em tudo que pesquisamos.

Decidiu-se fazer uma espécie de endoscopia com acoplamento de um caminhão Munck com guincho tipo lança múltipla de (5) eixos que atingia 20 metros até 22 metros, ainda faltou (1,0m) para atingir a coroa, foi necessário a construirmos acoplagem de um branco metálico com funcionamento de guia de mais(6 metros), 2m de engaste a solda e um direcionador que se acoplava a um sistema (global com drone com câmara 4k).

Tudo isso gerou uma operação cirúrgica com rádios amadores comunicadores envolvendo (3) operadores profissionais: Engenheiro Perito- no controle do içamento do drone, e piloto de drone obtendo as imagens, motorista e operador de minigrua e guincho profissional, além de uma equipe de apoio de soldadores e ajudantes o que envolveu mais de 10 profissionais.

A operação foi bem-sucedida e o escaneamento das paredes internas geraram mais de 400 imagens e vídeos em alta resolução. Sendo assim, foi possível verificar trecho a trecho toda integridade, danos e anomalias da parte interna da chaminé. Desta forma, geramos a solução (mecânica-eng.) das sugestões Técnicas.

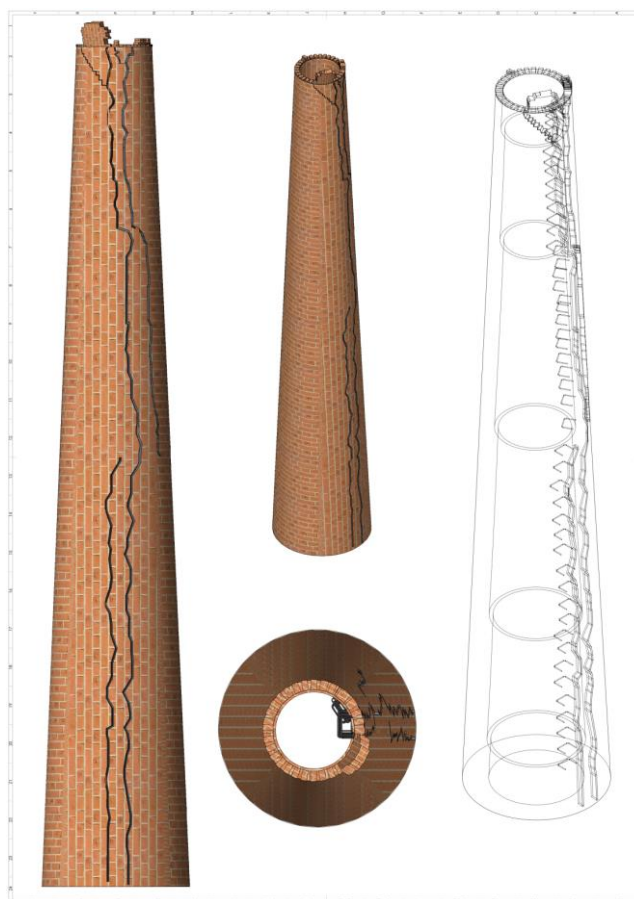
Para concluir a perícia foi utilizado técnicas computacionais em 3D *Software Solidworkes* (Figura 3) e 2D (*Autocad*) para verificar a integridade da estrutura.

#### 4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Para possibilitar responder as questões suscitadas: A obra de arte está instável? Qual o tamanho e dimensão dos danos ao longo dos anos sem manutenção? A estrutura em si tem inclinação para tombamento? Por ser uma obra de arte e tombada deve a qualquer custo ser recuperada?

REALIZAÇÃO

**Figura 3 – Simulação em 3D da estrutura**



Fonte: Autor (2021).

Foram feitas medições físicas possíveis, análise e escaneamento externo dos danos aparentes, depois foram necessárias medidas de extrema precisão com topografia geodésica do topo da Chaminé Moraes” denominada Coroa, em eixos e ordenados perpendiculares vide anexos (1,2,3,4 e 5). Na continuação dos trabalhos, verificamos que a inclinação encontrada gerava uma resultante dos eixos de (0,6) anexo que tendenciadas para nulidade na metade altura total da chaminé, o que nos comprou a quebra da 1ª hipótese: O risco de tombamento pela inclinação atual é mínimo.

A segunda hipótese fora levantada sobre o mapa de danos oriundos das fissuras, trincas e Rachaduras verticais entre os tijolos mais particularmente (conforme mapa de panos) anexo e 3d, externamente em quase toda verticalidade.

Na análise e testes destes panos, foram verificados que todas as fissuras, trincas e rachaduras verticais entre os tijolos mais particularmente (conforme mapa de domos) anexo e 3d, externamente em quase toda verticalidade.

Na análise e testes destes panos, foram verificados que todas as fissuras, rachaduras localizadas nos setores (coroa e fuste), topo e meio, são oriundas de (3) fatores técnicos e (1) temporal. Na coroa é a área que em todos os modelos analisados, referenciando, Brasil, Portugal, Europa e outro (Japão), são as áreas de maior impacto natural sobre os fenômenos climáticos (vento, chuva, intempéries, gerando patologias com desagregação da argamassa entre tijolos a umidade cria mofo e bolor e as escadas ora existentes dentro e fora; foram totalmente atingidas pelo processo de oxirredução, dilatando-se ao extremo, expandindo e atingindo todos os grampeamentos de fixação Chaminé (externamente não existem mais os degraus, somente as fissuras da 1ª camada de alvenaria (atingindo os tijolos tipo 1- Coroa, tijolos tipo 2- Fuste e tijolos tipo 3- base). O risco de desabamento ou desagregação dos panos de alvenarias (são mínimas e no topo médio no restante residual que sobrou Coroa (25%).

No restante de todo tronco do cone(chaminé) os reparos e recuperação são totalmente possíveis com nível de rigor executivo, e normal (fuste externo), médio-alto em área do coroa (25% residual e 75% reparação) e (médio-alto) no interior da chaminé, mas possível com análise de risco controlável, obedecendo um tempo de execução mais lenta e cautelar. (utilizado também os parâmetros seguranças do Trabalho).

Os dados de esclerômetro nas faces laterais dos tijolos de contorno íntegros que ficaram semelhantes; os testes de esmagamento - controle tecnológico de blocos cerâmicos- estrutural realizados segundo a ABNT NBR-15270-2 e NBR 15.270-3 nos (3) tipos de blocos coletados, o resultado foram muito satisfatório, pois a resistência média (MPa) foi de ( 5,73 MPa). E no tijolo de base chegou na (amostra analisada) (8.09 MPa). Que em projeção suporta em forma cilindro radial todo peso da chaminé- estimada em pouco mais de 100 toneladas. Se distribuíssemos as tensões por (m²) de tijolos e concretagens a carga as mesmas em forma circular podem aguentar um esmagamento pelo menos (2,5) o peso próprio de chaminé, concluímos assim que estas peças são uma espécie de tijolos estruturais refratários que tem uma dosagem e resistência excelente mantida ao longo dos anos.

Com todos estes aspectos e verificando-se que o mapa de danos externo é pontual, totalmente mapeável e propício ao preparo e reconstrução utilizando-se produtos hoje de fáceis acesso e compra personalizada. Adequando os sistemas cerâmicos de travamento ao eixo central com custo médio, apenas específico pela

inedicidade do trabalho. Partimos para as hipóteses internas, travamentos e análises de modelagem global.

Nas inspeções internas (paredes) fuste (20 metros) de acesso e profundidade vertical Base sem consideramos a Coroa e com raios variando de (1,50m a 2,50m) supostos com as imagens as mais de 400 imagens geradas fora possível analisar que sendo, assim, possível desvendar a hipótese mais séria: a quantidade dos danos, fissuras, rachaduras, integridade dos tijolos e assim concluir se a chaminé Moraes realmente tinha condições de recuperação ou demolição.

Elucidamos este trecho e foi comprovado que a grande maioria (90%) de todo pano interno ainda está íntegra e pode ser recuperada, utilizando argamassa cimentícias, hidrofugantes específicos e a base de impermeabilizantes (silicone e até produtos naturais locais). Neste trecho, foi recomendado pelo engenheiro mecânico aliado a civil, o uso de um eixo central com (perfil circular específico grupo FEITAL) ou opção perfil “H” (150 x 13,0) tubo aço.

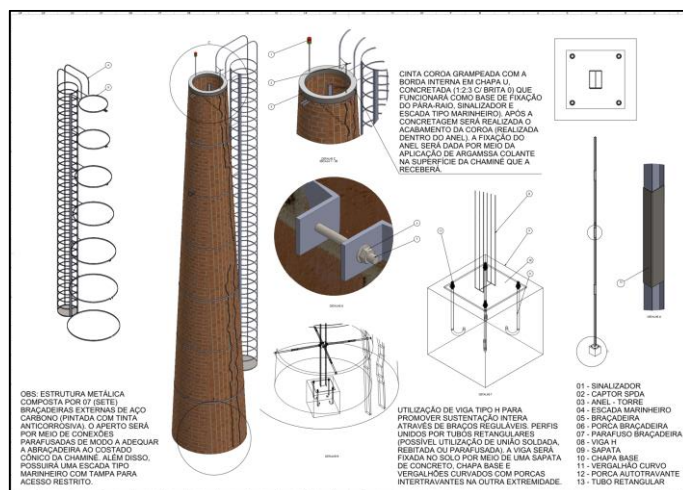
A solução aqui encontrada foi simular a projeção das paredes internas da chaminé, reproduzir um sistema estático e dinâmico de vigas apoiadas e se calcular os cisalhamentos e momentos fletores máximos (vide figura anexa) e onde colocar cintas de absorção destas cargas para minimizar momentos e cortantes. (Adoção das cintas externas, alternados entre os vãos internos).

Outrossim, resolveu-se de forma prática, econômica e estrutural esses micro pontos que podem estar fissurando minimamente os rejuntas entre os tijolos. Assim sendo, também alinhar a implantação de um sistema vertical tipo coluna de estabilização central, engatando, sistemas flexíveis a cada 2 metros de baixo para cima, grampeados com base em tela metálica (50x50) moldada entre os panos de paredes e entre os seus desníveis de espessura. (vide soluções).

Assim, garantiu-se a neutralização de todas as pequenas tensões resultantes oriundos do resultante de inclinação (0,6) sobre a diferença da angulação do desnível medido na “chaminé Moraes”.

#### **Figura 4 – Proposta de reforço estrutural**

REALIZAÇÃO



Fonte: Autor (2021).

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A perícia realizada mostrou que a obra de arte está estável na sua maior parte, com exceção do fuste. A falta de manutenção ao longo dos anos prejudicou a estrutura, uma vez que o acesso interno feito de em estrutura de perfis metálicos em forma de “U” encontravam-se no estado de oxidação avançado, o que propiciou a oxirredução da ferragem com seu aumento de expansão superficial que gerou as fissuras externas.

Além de que por ser uma região litorânea o cloreto de sódio propiciou o acionamento dessa patologia. Sobre os danos causados, a perícia fez um mapeamento interno e externo concomitante aos reforços estruturais, o que proporcionaria o reforço estrutural adequado, equilibrado e sem exageros orçamentários. Dessa forma, evitando um possível tombamento e garantindo que a estrutura pudesse ser recuperada e utilizada para fins de preservação da história e cultural da cidade e IPHAN. A solução da recuperação estrutural, e mesmo tempo alinhada ao planejamento de obra, envolveu três setores da engenharia Civil, Elétrica e Mecânica.

Sendo, desse modo uma solução consorciada inédita envolvendo equipamentos de alta sensibilidades como drones, guinchos com mão francesa, invólucros circulares para proteção e topografia de precisão. Além, de ensaios de materiais históricos como os tijolos que compõe a estrutura de toda a chaminé ao longo de sua altura. A importância dessa abordagem metodológica se dá pela dificuldade de autores e casos similares no Brasil, sendo um caso inédito com bibliografia com essa tipologia na Europa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lopes, V. (2009). **Identificação Mecânica e Avaliação do Comportamento Sísmico de Chaminés em Alvenaria**. Tese de Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, FEUP, Porto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **6022**: Informação e documentação — Artigo em publicação periódica técnica e/ou científica — Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 29 maio 2021.

Curvas Experimentais de tensão-extensão para tijolos, cubos de argamassa cimentícia de traço 1:3 e provetes de alvenaria (kaushik et al. 2007);

COLETÂNEA TÉCNICA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, Boletins técnicos baseados no estado da arte e norma técnicas aplicáveis. Ed. Leud, 2021

IBAPE/SP (Org.). **Perícias de engenharia**. São Paulo: Leud, 2008.

**Norma para Publicações do Instituto Brasileiro de Perícias de Engenharia e Avaliações (IBAPE/SP): 2021**. São Paulo: IBAPE/SP, 2021.

NETO, Maia Francisco, (2019) A PROVA PERICIAL -No processo Civil e na Arbitragem, Ed. RTM / 2019

PERÍCIAS DE ENGENHARIA- Patologias em estruturas de concreto- Gilberto Adib Couri: Ed. Leud, 2021

SÃO PAULO (cidade). Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002. Diário Oficial Cidade de São Paulo, São Paulo, SP: Imprensa Oficial, ano 59, v. Suplemento, n. 140, p. 1-352, 1 ago. 2014.