

Nº 179436

**Noções de biodeterioração de madeiras; estudo de caso: edificação tombada**

**Gonzalo Antonio Carballeira Lopez**

*Palestra apresentada na Oficina:  
Noções de Biodeterioração de  
Madeiras, Instituto de Sarasá.  
104 slides.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**



**ipt** INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

**NOÇÕES DE BIODETERIORAÇÃO DE MADEIRAS**

Patrimônio Cultural em São Paulo: Princípios, Legislação e Preservação

GONZALO LOPEZ  
LTDC / HE / IPT


PARCERIA: **SP** **Serasá** **DEG** **INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO E GESTÃO** **CULTURS PRO** **Secretaria da Cultura, Economia e Indústria Criativas** **SÃO PAULO GOVERNO DO ESTADO**

## AGENTES DETERIORADORES DE MADEIRA

- **ABIÓTICOS**
  - QUÍMICO
  - ATMOSFÉRICO/INTEMPERISMO
    - TEMPERATURA
    - UMIDADE E ÁGUA
    - OXIGÊNIO
    - RADIAÇÃO SOLAR
  - FOGO
- **BIÓTICOS**
  - BACTÉRIAS
  - PERFURADORES MARINHOS
  - FUNGOS
    - BOLORES
    - MANCHADORES
    - APODRECEDORES
  - INSETOS
    - BROCAS DE MADEIRA
    - CUPINS

## DETERIORAÇÃO QUÍMICA

- Substâncias químicas podem degradar a madeira e reduzir suas propriedades físicas e mecânicas.
  - Folhosas - mais susceptíveis - que coníferas - degradação por soluções ácidas e alcalinas
  - Cerne é menos susceptível à degradação química do que o albúrnio.
  - Ataque em estruturas de madeira como telhados, escadarias e parapeitos:
    - exposição a gases provenientes de combustão de produtos ou de líquidos em ebulição.
  - Fatores que afetam intensidade:
    - Temperatura
    - Umidade da madeira
    - Concentração da substância
    - Tempo de exposição
    - Permeabilidade da madeira



## INTEMPERISMO/WEATHERING

- Degradação causada por fatores atmosféricos como:
  - Luz solar/Radiação UV
  - Variação da umidade e temperatura
  - Chuva direta
  - Abrasão eólica
  - Poluentes
- Esses fatores agem em sinergia, agravando o problema da degradação
- Pode facilitar a ação de agentes biológicos

## ALTERAÇÕES CAUSADAS PELO INTEMPERISMO

### COLORAÇÃO DA MADEIRA



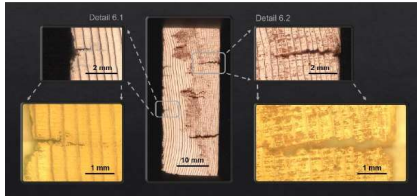
## ALTERAÇÕES CAUSADAS PELO INTEMPERISMO

### RUGOSIDADE



## ALTERAÇÕES CAUSADAS PELO INTEMPERISMO

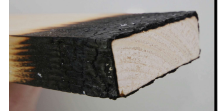
### RACHAS



ipt

## AÇÃO DO FOGO - DETERIORAÇÃO TÉRMICA

- Até cerca de 100°C a deterioração térmica da madeira pode ser considerada desprezível do ponto de vista prático. A partir dessa temperatura hemicelulose, celulose e lignina (nessa ordem) sofrem degradação.
- Entre 100°C e 200°C a madeira produz vapor de água e outros gases não inflamáveis, incluindo CO<sub>2</sub>, ácido fórmico e ácido acético.
- Entre 200°C e 300°C alguns componentes da madeira (principalmente hemicelulose) sofrem um nível considerável de pirólise, com produção de monóxido de carbono (CO).
- Entre 300°C e 450°C ocorre uma produção vigorosa de gases voláteis resultantes da deterioração dos componentes da madeira (principalmente celulose e lignina)



ipt

## AÇÃO DO FOGO - DETERIORAÇÃO TÉRMICA

- A reação de combustão depende de:
  - Tempo de aquecimento: pode ser de 12 a 40 min com uma fonte de aquecimento de 200°C ou de 1,5 a 3,5 min com uma fonte de 300°C
  - Teor de umidade da madeira
  - Razão área/volume
  - Rugosidade: superfícies mais rugosas (maior área de contato) pegam fogo mais fácil do que superfícies lisas
  - Densidade da madeira
  - Composição química (presença de substâncias químicas inflamáveis, ex. terpenos)
- Em comparação com outros materiais da construção civil, a madeira:
  - Apresenta menor condutividade térmica
  - Alta capacidade térmica
  - Baixa expansão térmica
  - A camada de carvão funciona como um isolante protegendo as camadas interiores



ipt

## BIODETERIORAÇÃO

X

### BIODEGRADAÇÃO

ALTERAÇÕES DESEJÁVEIS PRODUZIDAS PELA AÇÃO DE SERES VIVOS EM MATERIAIS EM USO PELO HOMEM

AÇÃO DE MICROORGANISMOS EM RESÍDUOS - MENOR TEMPO DE PERMANÊNCIA NO AMBIENTE

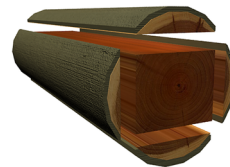
ipt

## AGENTES DETERIORADORES DE MADEIRA

- ABIÓTICOS
  - QUÍMICO
  - FOGO
  - ATMOSFÉRICO
    - TEMPERATURA
    - UMIDADE E ÁGUA
    - OXIGÊNIO
    - RADIAÇÃO SOLAR
- BIÓTICOS
  - BACTÉRIAS
  - PERFURADORES MARINHOS
  - FUNGOS
    - BÓLORES
    - MANCHADORES
    - APODRECEDORES
  - INSETOS
    - BROCAS DE MADEIRA
    - CUPINS

ipt

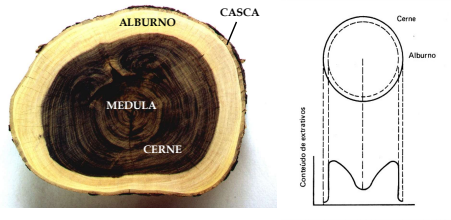
## OCORRÊNCIA DE CERNE E/OU ALBURNO



INFLUÊNCIA NA INTENSIDADE DE ATAQUE

ipt

## RESISTENCIA NATURAL DA MADEIRA: CARACTERÍSTICA INTRINSECA À ESPÉCIE DE MADEIRA RELACIONADA SEMPRE AO CERNE



### ▪ **TODO ALBURNO É SUSCEPTÍVEL AO ATAQUE POR ORGANISMOS!**

Macro (*insetos, crustáceos ou moluscos*);  
Microorganismos (*bactérias, fungos*).

### ▪ **O CERNE PODE OU NÃO APRESENTAR RESISTÊNCIA A ALGUM ORGANISMO**

### ▪ **O CERNE E O ALBURNO TEM AS MESMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS**

## QUAL A CONDIÇÃO BÁSICA PARA A OCORRÊNCIA DA BIODETERIORAÇÃO?



## PRESENÇA DE ORGANISMO BIODETERIORADOR

## BIODETERIORAÇÃO DE MADEIRAS

FUNGOS, PERFURADORES MARINHOS, BROCAS DE MADEIRA, CUPINS



## FUNGOS

- Organismos que não produzem seu próprio alimento: heterotróficos
  - Parasitas, Saprófitos ou Simbiontes
- Cosmopolitas
- Habitam ambientes terrestres e de água doce; em menor escala, água salgada.
- Maioria dos fungos é aeróbia obrigatória, algumas espécies são facultativas, outras são anaeróbicas

## FUNGOS

ipt

## CLASSIFICAÇÃO DOS FUNGOS

- Principais grupos
  - Basidiomycota – apodrecedores
  - Ascomycota – apodrecedores, bolores e manchadores
  - Zygomycota – bolores e manchadores

ipt

## IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS

- Reciclam matéria orgânica
  - São os principais organismos que degradam celulose e lignina

[C1H(CO)C(CO)C(CO)O1]

Glucose

[C1H(CO)C(CO)C(CO)C(CO)O1]

Celulose

ipt

## ESTRUTURA DOS FUNGOS

- Hifas: estruturas vegetativa do fungo
- Micélio: conjunto de hifas
- Corpo de frutificação: estrutura formada para reprodução sexuada

ipt

## CICLO DE VIDA BÁSICO DOS FUNGOS

ipt

## OBTENÇÃO DE ALIMENTO DOS FUNGOS

- Hifas liberam enzimas no meio para digerir os alimentos e depois absorvê-los.
- Necessária presença de água

ipt

## FUNGOS EMBOLORADORES

- Ocorrem superficialmente
- Não degradam celulose, hemicelulose e lignina
- Podem ocorrer em madeira seca se a umidade relativa do ar for elevada.



ipt

## FUNGOS MANCHADORES

- Ocorrem superficialmente
- Não degradam celulose, hemicelulose e lignina
- Podem ocorrer em madeira seca se a umidade relativa do ar for elevada.
- Causam manchas na madeira que permanecem mesmo depois de remover o fungo.



ipt

## FUNGOS DE PODRIDÃO PARDA

- Degradam **celulose** e hemicelulose
- Degradação profunda
- Madeira torna-se mais escura que o normal



Ilustração: LELIS, A. T. et al., 2001

ipt

## FUNGOS DE PODRIDÃO BRANCA

- Degradam todos os componentes da parede celular: celulose, hemicelulose e **lignina**
- Degradação profunda
- Madeira torna-se mais clara do que o normal

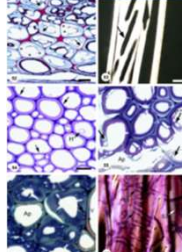


Ilustração: LELIS, A. T. et al., 2001

ipt

## FUNGOS DE PODRIDÃO MOLE

- Degradam celulose e hemicelulose.
- Alta tolerância a ambientes com baixa concentração de O<sub>2</sub>.
- Apresentam crescimento lento.
- Degradação superficial



ipt

## PERFURADORES MARINHOS OU XILÓFAGOS MARINHOS

Xilófagos marinhos são invertebrados que furam e danificam a madeira em oceanos, águas salgadas ou salobras, como fonte de nutrientes e abrigo

### Moluscos e crustáceos



ipt

## O QUE É UM INSETO?

- FILO ARTHROPODA  
(*Arthros*: articulação; *podos*= pés)
  - contém a maioria dos animais conhecidos
  - domina todos os ecossistemas terrestres e aquáticos
- INSECTA
  - 3 pares de patas
  - 1 par de antenas
  - asas (maioria)
  - corpo formado por 3 partes (cabeça, tórax e abdômem)


## INSETOS

INDIVÍDUOS / INSETOS SOCIAIS


brocas / cupins

## ORDEM COLEOPTERA

- Ordem Coleoptera
- Besouros
- 1 par de asas anteriores endurecidas (élitros)
- Milhares de espécies
- Ocorrência: brocas de madeira - todas as etapas de processamento da madeira  
hábito x umidade da madeira



## BROCAS DE MADEIRA



## FAMILIA CERAMBYCIDAE

ATACAM ÁRVORES VIVAS  
elevado teor de umidade



## BROCAS DE MADEIRA

### MADEIRA EM PROCESSO SECAGEM



## BROCAS DE MADEIRA

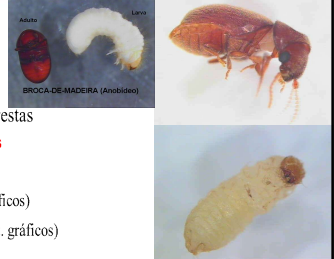
## FAMÍLIAS QUE ATACAM

## MADEIRAS COMPLETAMENTE SECAS



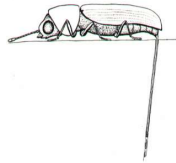
## FAMÍLIA ANOBIIDAE

- Madeira seca (< 30%)
- Postura de ovos
  - superfícies moles e/ou felpudas
  - madeira não polida c/ pequenas frestas
    - preferência por madeiras antigas
  - *G. Anobium* (madeira)
  - *G. Falsogastralus* (livros e mat. gráficos)
  - *G. Trycorinus* (madeira, livros e mat. gráficos)



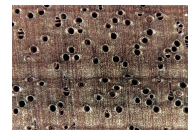
## FAMÍLIA LYCTIDAE

- Família essencialmente xilófaga
- Atacam alburno de folhosas (amido)
- Toleram os mais baixos teores de umidade
- *G. Lyctus* e *Minthea* (mais frequentes)



## ESSENCIAL A PRESENÇA DOS VASOS NA MADEIRA

Visível ao olho nu

cedrorana,  
*Cedrelinga cateniformis*

Visível sob lente

peroba-rosa,  
*Aspidosperma polyneuron*

Ausente

pinho do paraná,  
*Araucaria angustifolia*

## FAMÍLIA LYCTIDAE



Lyctus sp.



Imagem: IPT/2007



Imagem: IPT/2007



## FAMÍLIA LYCTIDAE





## INSETOS

INDIVÍDUOS / INSETOS SOCIAIS


brocas / cupins



## TÉRMITAS – CUPINS - SUB ORDEM ISOPTERA ORDEM BLATTODEA

- ASPECTOS POSITIVOS
  - reciclagem de matéria orgânica
  - aeração do solo
  - fixação de nitrogênio

~275 ESPÉCIES CUPINS  
~92%




## TÉRMITAS – CUPINS - SUB ORDEM ISOPTERA ORDEM BLATTODEA

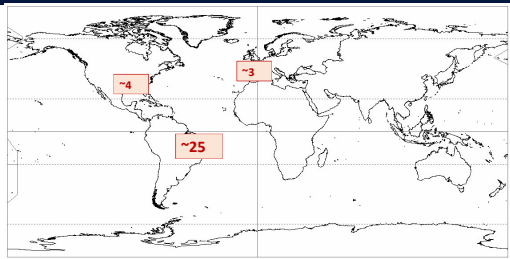

ASPECTOS NEGATIVOS

- ação sobre florestas e plantações
- ação sobre edificações e acervos

~25 ESPÉCIES DE CUPINS  
~8%

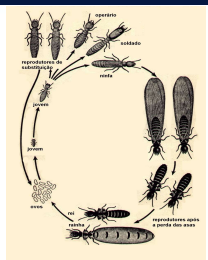



## CUPINS NÚMERO DE ESPÉCIES PRAGA

## CUPINS

- Insetos sociais
- Castas
  - operários
  - soldados
  - reprodutores
    - primários
    - secundários

## ALIMENTAÇÃO DOS CUPINS - CELULOSE



**SIMBIOSE - MUTUALISMO**





### CUPINS SUBTERRÂNEOS FORMAÇÃO DE NINHO FORA DE CONTATO COM SOLO

The images illustrate the formation of a subterranean termite nest within a building's structure, specifically showing a worker and a soldier caste. A red box highlights the nest area, which is shown in a detailed cross-section view.

### CUPIM DE MADEIRA SECA FAMÍLIA KALOTERMITIDAE

The images show a termite colony in dry wood. Labels identify 'Operário' (worker) and 'Soldado' (soldier) castes. The bottom right image shows a cross-section of a wooden beam heavily infested with termites.

### CUPINS SUBTERRÂNEOS - FAMÍLIA RHINOTERMITIDAE SUB-FAMÍLIA COPTOTERMITINAE

This slide includes a map of South America showing the distribution of Coptotermes species: C. havillandi, C. rigor, and C. testaceus. It also features illustrations of the insects and a photograph of a termite nest.

### CUPINS SUBTERRÂNEOS - FAMÍLIA RHINOTERMITIDAE SUB-FAMÍLIA HETEROTERMITINAE

This slide includes a map of South America showing the distribution of Heterotermes species: H. longiceps and H. longipes. It also features illustrations of the insects and a photograph of a termite nest.

### CUPINS ARBORÍCOLAS - FAMÍLIA TERMITIDAE SUB-FAMÍLIA NASUTITERMITINAE

This slide includes a map of South America showing the distribution of Nasutitermes species: N. corniger and N. guayanae. It also features illustrations of the insects and a photograph of a termite nest on a tree trunk.

### IMPORTÂNCIA IDENTIFICAÇÃO CUPINS

**CUPINS XILÓFAGOS X CUPINS NÃO XILÓFAGOS**

**O QUE FAZER???**

The diagram illustrates the importance of identifying termites, distinguishing between wood-eating (xilófagos) and non-wood-eating (não xilófagos) species. It shows a person thinking, a large arrow pointing to the question 'O QUE FAZER???' (What to do???) and a silhouette of a head filled with question marks.

## É REALMENTE UM PROBLEMA?

ipt

## COMO AGIR DIANTE DE OCORRÊNCIAS??

ipt

## CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

- 1º PASSO

- DIAGNÓSTICO

OBJETIVOS DO DIAGNÓSTICO

- ✓ **QUAIS ORGANISMOS XILÓFAGOS OCORREM NO LOCAL??**
- ✓ **TAMANHO DA POPULAÇÃO**
- ✓ **INTENSIDADE DE ATAQUE**

ipt

## INFESTAÇÕES DE CUPINS EM GRANDES ÁREAS MAPA DE TENDÊNCIA DE INFESTAÇÃO

**HETEROTERMES ASSU**  
**1ª GRANDE OCORRÊNCIA**  
**EM ÁREA URBANA**

ipt

## DIAGNÓSTICO

ANÁLISE DO MATERIAL

ANÁLISE DE COMPONENTES

↓

MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS

ipt

## EQUIPAMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO

SONDAGEM  
COM  
VÍDEO BOROSCOPIA

ipt

### EQUIPAMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO



**RAIO X PORTÁTIL**

ipt

### EQUIPAMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO



**SONDAGEM MECÂNICA**

**PENETRÔMETRO**

ipt

### EQUIPAMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO



**SONDAGEM COM BOROSCOPIO**

ipt

### EQUIPAMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO



**IMAGENS EM INFRA VERMELHO**

**DETECÇÃO ACÚSTICA (CUPINS)**

ipt

### EQUIPAMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO



**ULTRASSOM**

ipt

### EQUIPAMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO



**DETECÇÃO POR RADAR**

ipt

### EQUIPAMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO



**TOMOGRAFIA**

ipt

This slide illustrates non-destructive diagnostic equipment. It features a photograph of a person using a device on a tree trunk, a cross-sectional tomography scan showing internal moisture or density variations, and a 3D cylindrical model of a tree trunk with internal scanning paths.

### OUTROS MÉTODOS PARA O DIAGNÓSTICO NÃO DESTRUTIVO



**TREINAMENTO DE CÃES**

MAN'S BEST FRIEND TERMITES WORST ENEMY

ipt

This slide shows alternative non-destructive diagnostic methods, specifically dog training. It includes a large photo of a beagle and smaller photos of other dogs. The text 'TREINAMENTO DE CÃES' is in red. Below the photos, it says 'MAN'S BEST FRIEND' and 'TERMITES WORST ENEMY'.

### DIAGNÓSTICO



**ONDE REALIZAR O DIAGNÓSTICO???**

ipt

This slide poses the question 'ONDE REALIZAR O DIAGNÓSTICO???' (Where to perform the diagnosis???) in red. It features a 3D white figure with question marks above its head and a silhouette of a head with question marks inside, symbolizing the diagnostic process.

### ACESSAR AS PEÇAS DE IMPORTÂNCIA ESTRUTURAL



ipt

This slide shows various methods for accessing structural components. It includes a photo of a person in a blue harness working in a confined space, a photo of a rusted metal beam with 'T-7E' written on it, and a photo of a wooden structural frame.

### ACESSAR AS PEÇAS DE IMPORTÂNCIA ESTRUTURAL



ipt

This slide illustrates termite damage and access. It features a photo of a hallway with wooden floorboards, a close-up of termite damage on wood, and a photo of a person working in a crawlspace.

### ACESSAR AS PEÇAS DE IMPORTÂNCIA ESTRUTURAL



ipt

This slide shows structural access in a building. It includes a photo of a person working on a wooden roof structure, a photo of a staircase with a metal mesh barrier, and a photo of a wooden floor joist structure.

### VERIFICAR ABRANGÊNCIA DA INFESTAÇÃO



ipt

### ALGUMAS SITUAÇÕES DE CAMPO!!!

IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO PRÉVIA DE EDIFICAÇÕES

DESAFIOS

DEFINIÇÃO DA ESPÉCIE CUPIM

ipt

### PALÁCIO DOS CAMPOS ELÍSEOS - SP



ipt

### MUSEU DE ARTE SACRA, BA



5 ESPÉCIES DE CUPINS  
1 AINDA NÃO DESCRITA

ipt

### GINÁSIO DO PACAEMBU - SP



LOCALIZAÇÃO DAS PEÇAS - IMPORTÂNCIA ESTRUTURAL

ipt

### CASARÃO DO CHÁ, MOGI DAS CRUZES, SP



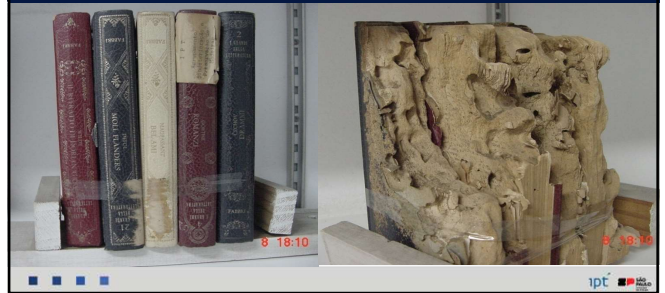
TÉCNICA CONSTRUTIVA E LOCALIZAÇÃO DAS PEÇAS

ipt

**PASSAGEM DE CUPINS SUBTERRÂNEOS PELO INTERIOR DE UM BLOCO CERÂMICO**



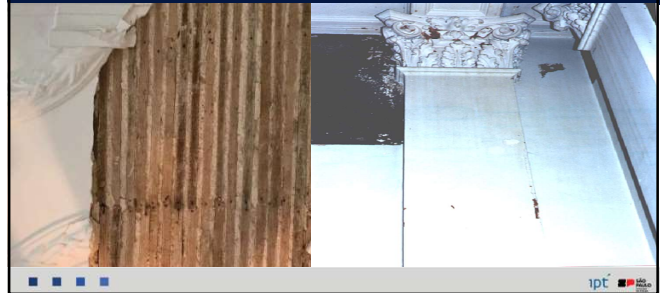
**A IMPORTANCIA DA ATENÇÃO DURANTE INSPEÇÃO**



**CARACTERIZAÇÃO DO AGENTE CAUSADOR DO ATAQUE  
NINHO DE *MICROCEROTERMES* EM VIGA/COLUNA DE EDIFICAÇÃO**



**CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS  
FORRO/TETO E COLUNA EM ESTUQUE EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS**



**OCORRÊNCIA DE CUPINS SUBTERRÂNEOS EM  
CAIXÕES PERDIDOS (1/2)**



**OCORRÊNCIA DE CUPINS SUBTERRÂNEOS EM  
CAIXÕES PERDIDOS (2/2)**





### ESTRUTURA DE NINHOS DE CUPINS SUBTERRÂNEOS EM ESPAÇO DE PISO ENTRE ASSOALHO E ESTUQUE



### OCORRÊNCIA DE CUPINS SUBTERRÂNEOS EM PAREDES



### OCORRÊNCIA DE CUPINS SUBTERRÂNEOS FORA DE CONTATO COM O SOLO



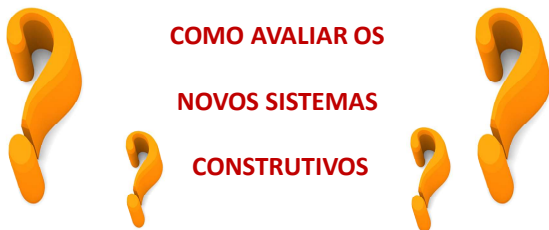
### CONCLUSÕES

O SUCESSO NA EXECUÇÃO DE QUALQUER INTERVENÇÃO EM EDIFICAÇÕES DEPENDERÁ DO DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA



O CONHECIMENTO DA BIOLOGIA DOS INSETOS É ESSENCIAL

### DESAFIOS



### CONSTRUÇÕES EM WOOD FRAME



### Madeira lamelada colada (MLC) ou Glued Laminated Timber (GLULAM)

- Peças de madeira para fins estruturais, composta de lamelas coladas umas às outras e dispostas com as fibras paralelas ao eixo longitudinal da peça final.



### Madeira lamelada colada cruzada (MLCC) ou Cross Laminated Timber (CLT)

- Painéis de madeira para fins estruturais, constituídos por lamelas de madeira maciça coladas e dispostas lateralmente, formando camadas cruzadas ortogonalmente entre si.



### O PROBLEMA EM EDIFICAÇÕES A IMPORTANCIA DA INSPEÇÃO PRELIMINAR

#### TRATAMENTO QUÍMICO X SUBSTITUIÇÃO DE PEÇAS EDIFICAÇÕES E OBRAS

- TRATAMENTO QUÍMICO
  - MADEIRAS
  - BARREIRA QUÍMICA
- UTILIZAÇÃO ISCAS



- ELIMINAÇÃO DA INFESTAÇÃO
  - TECNOLOGIA PARA TRATAMENTO

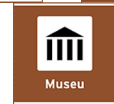
### IMPORTÂNCIA DA EDIFICAÇÃO OU OBRA

PATRIMÔNIO  
HISTÓRICO E  
ARTÍSTICO  
NACIONAL



CONDEPHAAT

CONPRES



### O QUE FAZER NO CASO DE PEÇAS CONDENADAS?

- QUAL ATIVIDADE DEVE SER PRIORIZADA PARA A RECUPERAÇÃO DA EDIFICAÇÃO?????



### O QUE FAZER NO CASO DE PEÇAS CONDENADAS?

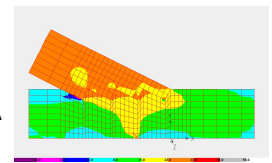
- SUBSTITUIÇÃO DAS MADEIRAS COMPROMETIDAS



- TRATAMENTO QUÍMICO ADEQUADO PARA ELIMINAÇÃO/CONTROLE DA INFESTAÇÃO



- PROTEÇÃO DAS MADEIRAS




**CONTROLE DA BIODETERIORAÇÃO  
PROTEÇÃO PREVENTIVA DE MADEIRAS**





ipt 

Muito obrigado pela atenção!


- GONZALO LOPEZ
- gonzalo@ipt.br


 [linkedin.com/school/ipt/](https://www.linkedin.com/school/ipt/)

 [instagram.com/ipt\\_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)

 [youtube.com/@iptbr/](https://www.youtube.com/@iptbr/)

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)

 **ipt** INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

 **SÃO PAULO** GOVERNO DO ESTADO