

Árvores Urbanas: Avaliação de Risco de Queda



Biólogo Sérgio Brazolin

Cidades no Brasil

(IBGE, 2013)

80 % da população brasileira vive
nas cidades





E num belo verão em São Paulo...



Árvores caem e param a Marginal do Pinheiros



DANIEL TEIXEIRA/AG

Bloqueio. Pista local da Marginal do Pinheiros foi interditada

Jornal O Estado de São Paulo (22/12/2014)

São Paulo, SP (2014 - 2015)

“Cerca de 900 árvores caíram em SP em 15 dias, diz balanço da Prefeitura”

(Portal G1 - Globo – 12/01/2015)

“Mais de 1.700 árvores caíram em São Paulo nos últimos três meses”

(Portal G1 - Globo – 17/02/2015)



São Paulo, SP (2014 - 2015)

“Árvore cai em táxi e mata passageiro em São Paulo”

(Estadão, 23/12/2014)



São Paulo, SP (2014 - 2015)

“Homem morre eletrocutado após queda de árvore em SP”

(Estadão, 25/02/2015)





Quais os fatores envolvidos na queda de uma árvore?

Olhar do IPT...

FATORES INTRÍNSECOS (ÁRVORE)

(Propriedades; defeitos; tensões de crescimento; peso próprio; dendrometria; arquitetura)



FATORES EXTRÍNSECOS (AMBIENTE)


(Solo; **vento**; condições de entorno; **organismos xilófagos**; patógenos)



AÇÃO ANTRÓPICA

(poda inadequada; injúrias; **falta de planejamento** e informação)





Qual o conhecimento/perfil
necessário para a avaliação de
risco de árvores?

Sensatez!!!



Avaliação de risco

Áreas do conhecimento

BOTÂNICA

- Taxonomia
- Morfologia externa
- Anatomia
- Fisiologia vegetal
 - Nutrição
 - Crescimento
- Plantas superiores
 - Epífitas
 - Semiparasitas
 - Parasitas

FITOSSANIDADE/FITOPATOLOGIA

- Entomologia (insetos)
- Micologia (Fungos)
- Virologia
- Bacteriologia
- Nematologia

ARQUITETURA

- Planejamento urbano

ENGENHARIA

- Biomecânica
- Propriedades básicas (madeira)
- Tecnologia



Entomologia e micologia



cupins



Coleobrocas

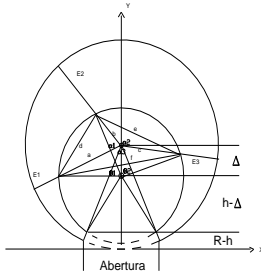


Fungos apodrecedores

Planejamento urbano

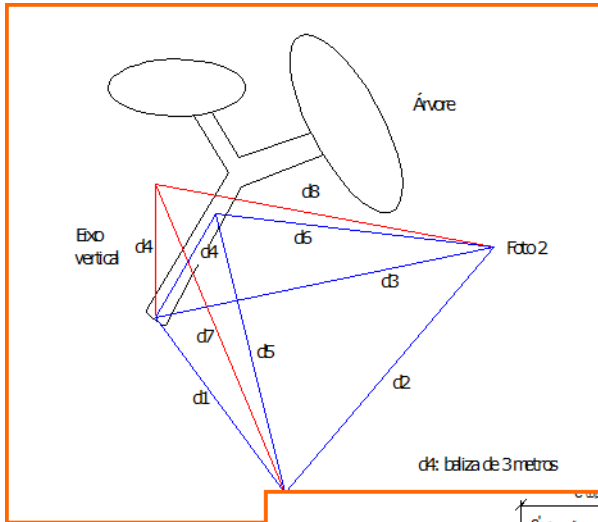


Biomecânica



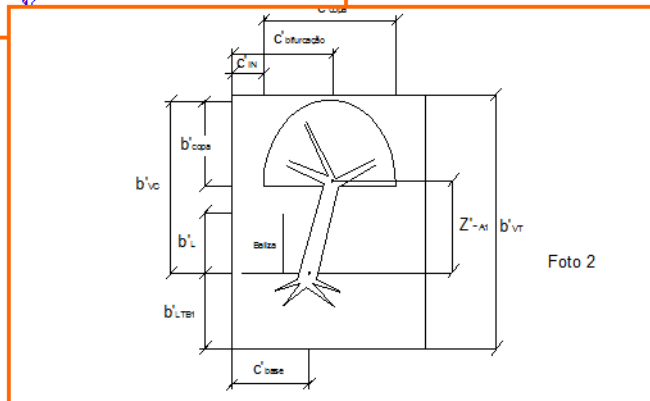
$$\int \frac{ds}{e} = 2 \int_{\alpha=0}^{\alpha=\pi} \left(\frac{r + \frac{c-r}{2}}{(c-r)} \right) * \left[\frac{(R * \cos \alpha - \Delta) * R * \cos \alpha + R^2 * \sin^2 \alpha}{(R * \cos \alpha - \Delta)^2 + R^2 \sin^2 \alpha} \right] d\alpha$$

$$J_t = \frac{4A_m^2}{\int \frac{ds}{e}} \quad W_x = \text{mínimo} \left(\frac{I_x}{y_G}; \frac{I_x}{(2R - y_G)} \right)$$



$$CG_1 = y_{G1} - y_G \quad f_{c,0,k} = 0,7 * f_{c0} \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$J_t = \frac{2}{3} \int_{\alpha_0}^{\alpha_N} (c-r)^3 \left(r + \frac{c-r}{2} \right) * \left[\frac{(R * \cos \alpha - \Delta) * R * \cos \alpha + R^2 * \sin^2 \alpha}{(R * \cos \alpha - \Delta)^2 + R^2 \sin^2 \alpha} \right] d\alpha$$



$$\int \frac{ds}{e} = 2 \int_{\alpha=0}^{\alpha=\pi} \left(\frac{r + \frac{c-r}{2}}{(c-r)} \right) * \left[\frac{(R * \cos \alpha - \Delta) * R * \cos \alpha + R^2 * \sin^2 \alpha}{(R * \cos \alpha - \Delta)^2 + R^2 \sin^2 \alpha} \right] d\alpha$$

$$J_t = \frac{4A_m^2}{\int \frac{ds}{e}} \quad CG_{12} = y_{G12} - y_G$$

Biomecânica das Árvores

RUPTURA – QUEDA DA ÁRVORE

A árvore como uma estrutura

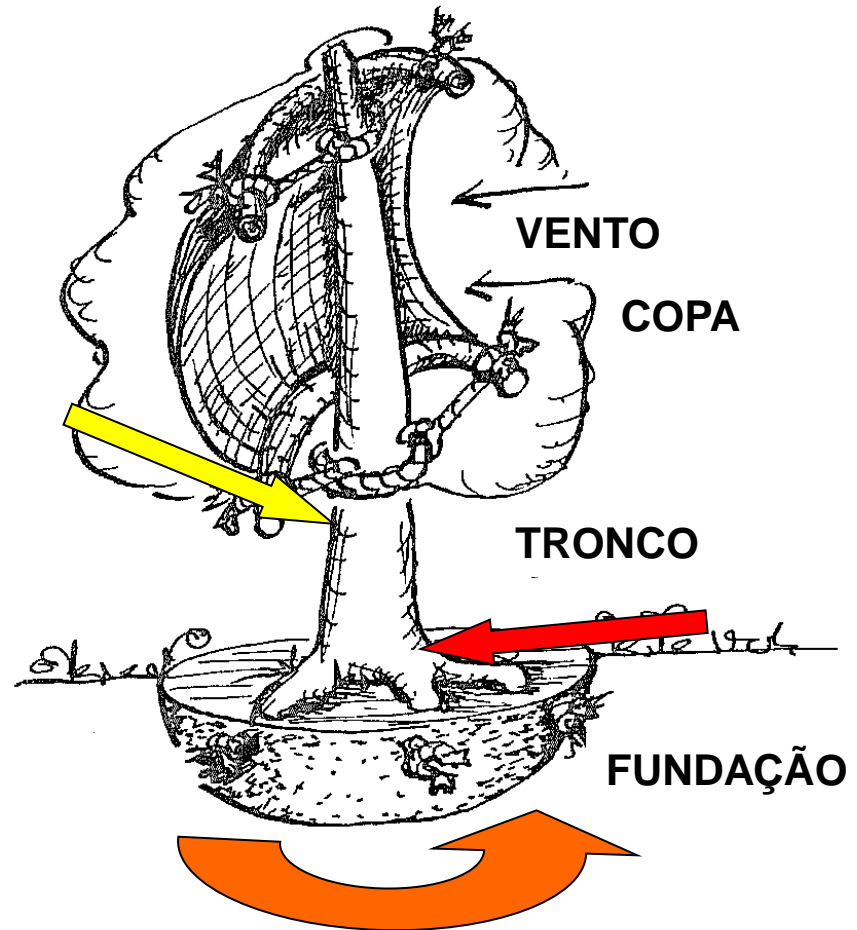
Defeitos naturais

x

Ação antrópica

x

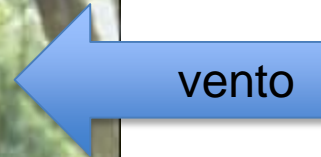
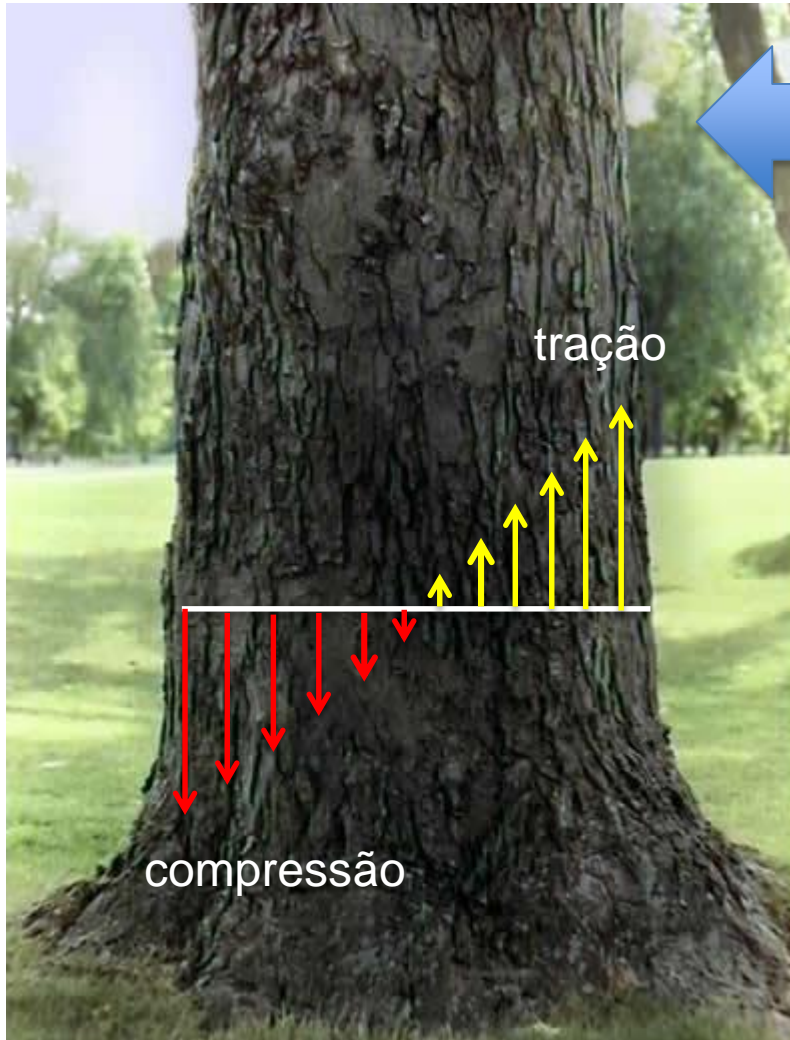
esforços solicitantes
(vento e peso próprio)



Mattheck (1987)

Biomecânica

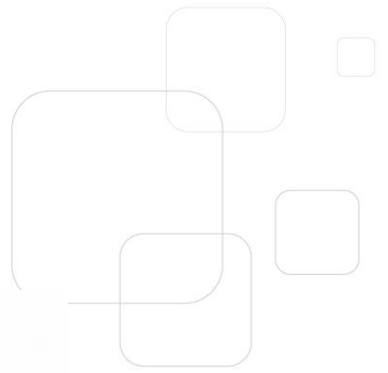
Forças atuantes



Árvore inclinada

Biomecânica

Fraturas



Transversal



Flexão

Biomecânica – crescimento adaptado

Árvore é uma estrutura mecânica com **auto otimização** para defeitos: economia de material, mas forte o necessário



Forma ou composição química



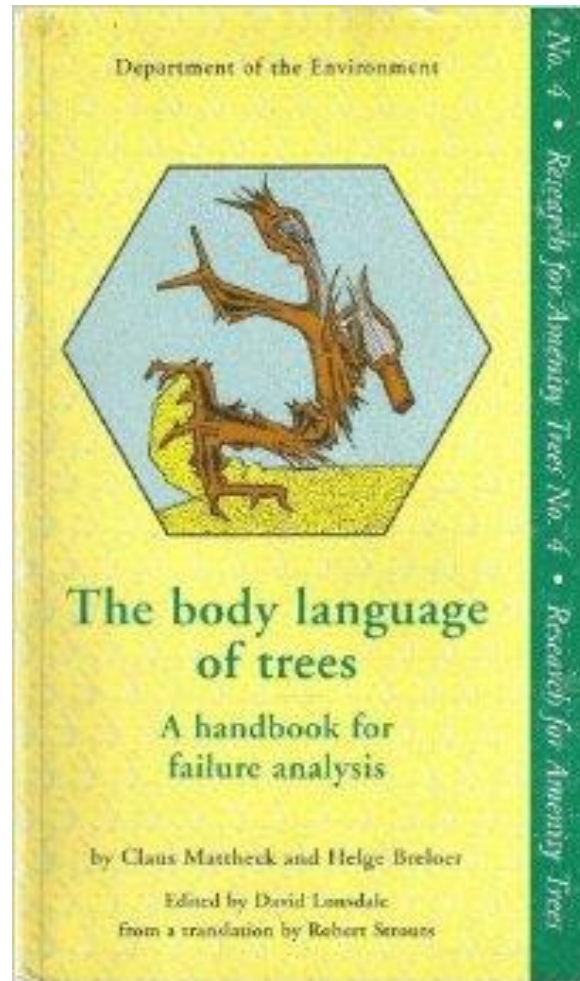
Biomecânica

Auto otimização

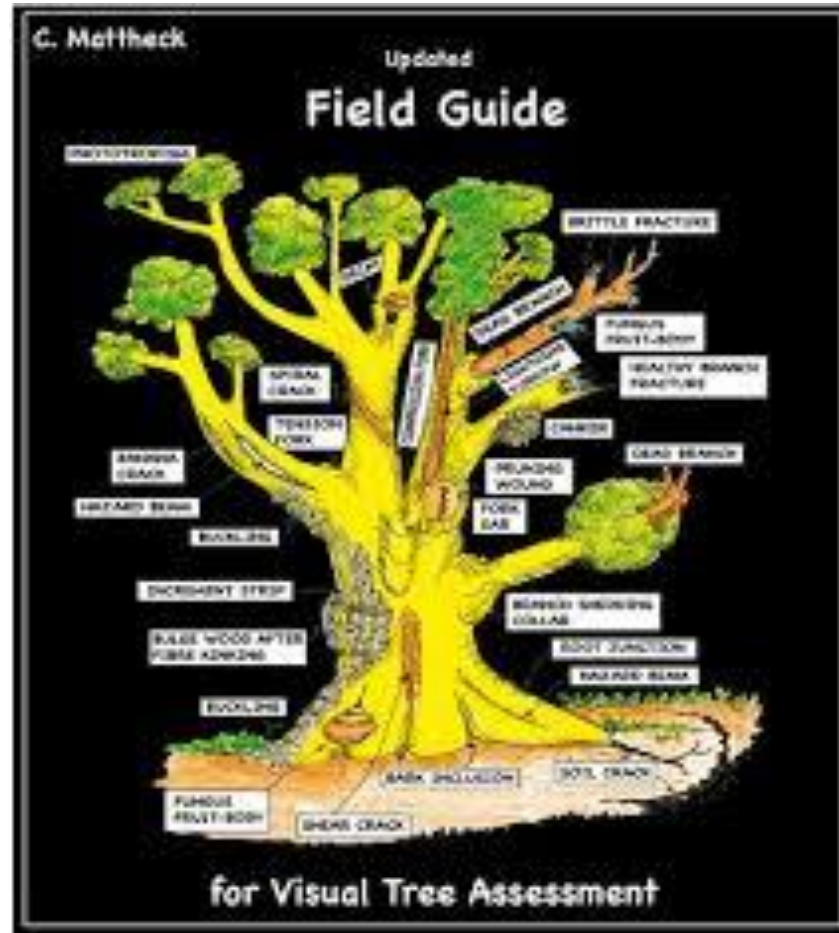


Mattheck (2007)

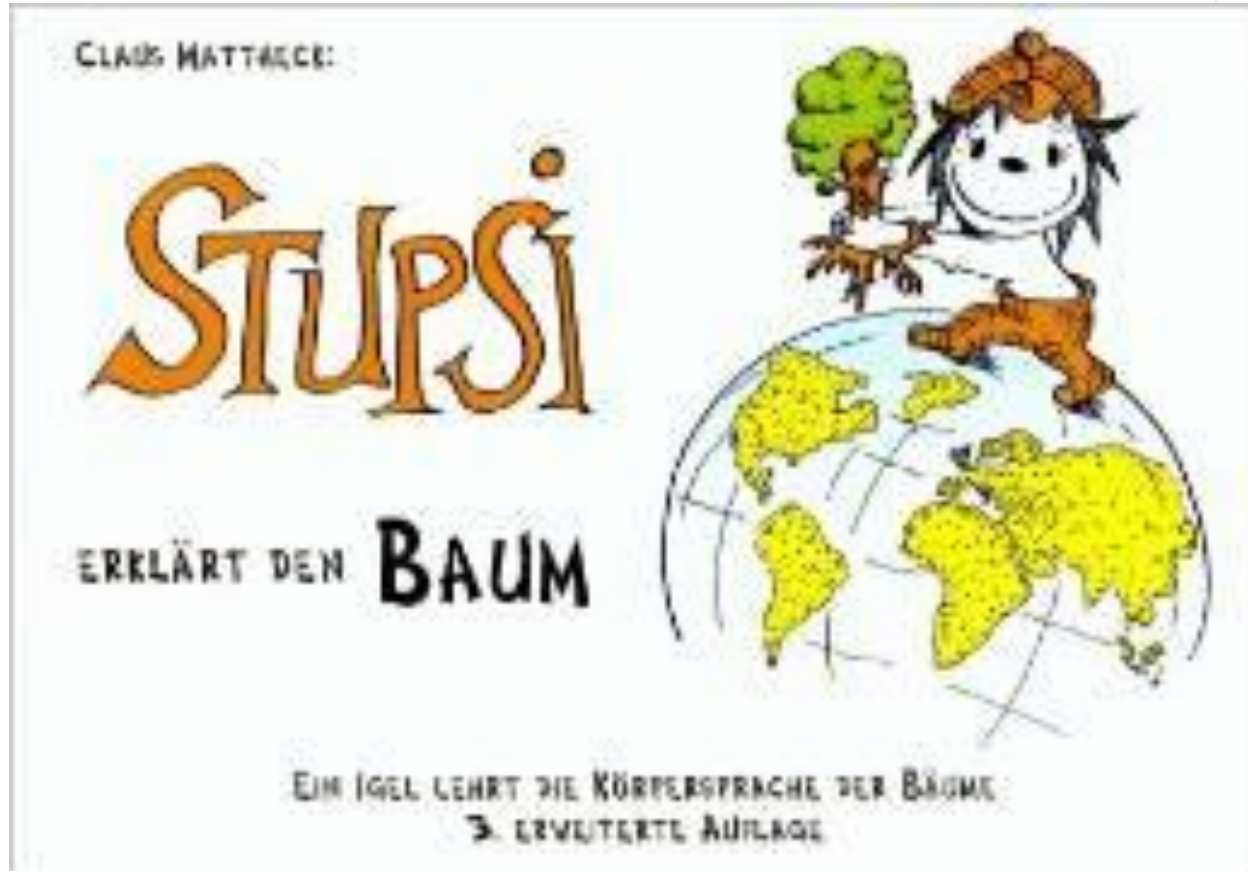
Biomecânica de Árvores



Biomecânica de Árvores



Biomecânica de Árvores





Como é feita a avaliação de risco de uma árvore?

(Projeto de Norma ABNT)

Avaliação de Risco

Nível de inspeção

Nível 1 – Análise Visual Externa

- Localização
- Identificação botânica
- Dendrometria
- Condições de entorno
- Estado Fitossanitário
- Estado geral (raiz, fuste e copa)
- Ação antrópica
- Biomecânica
- Análise de alvo
- Análise de risco de queda
- Ação antrópica
- Ação do vento
- Manejo...



Avaliação de Risco

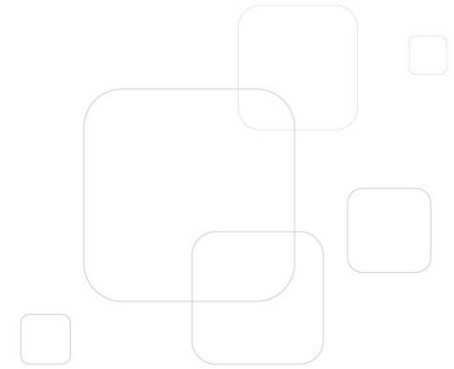
Nível de inspeção

Nível 2 – Análise externa e **interna**

- Processos de biodeterioração
- Defeitos mecânicos (rachaduras...)



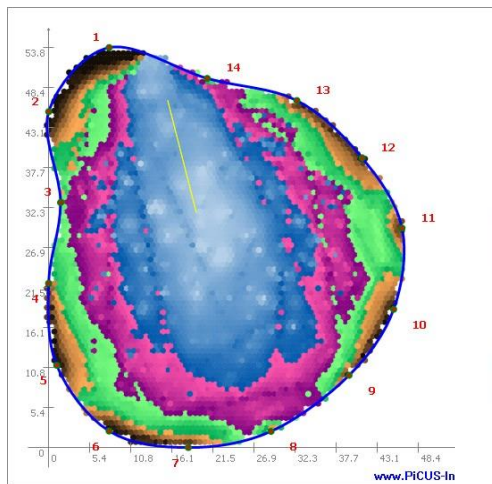
Apodrecimento do cerne
("heart rot")



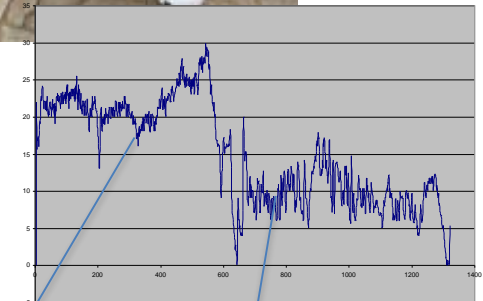
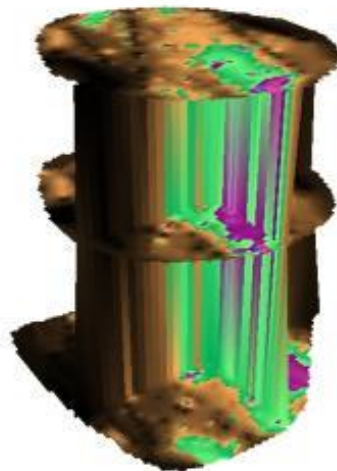
Tecnologias Não Destrutivas



Penetrógrafo



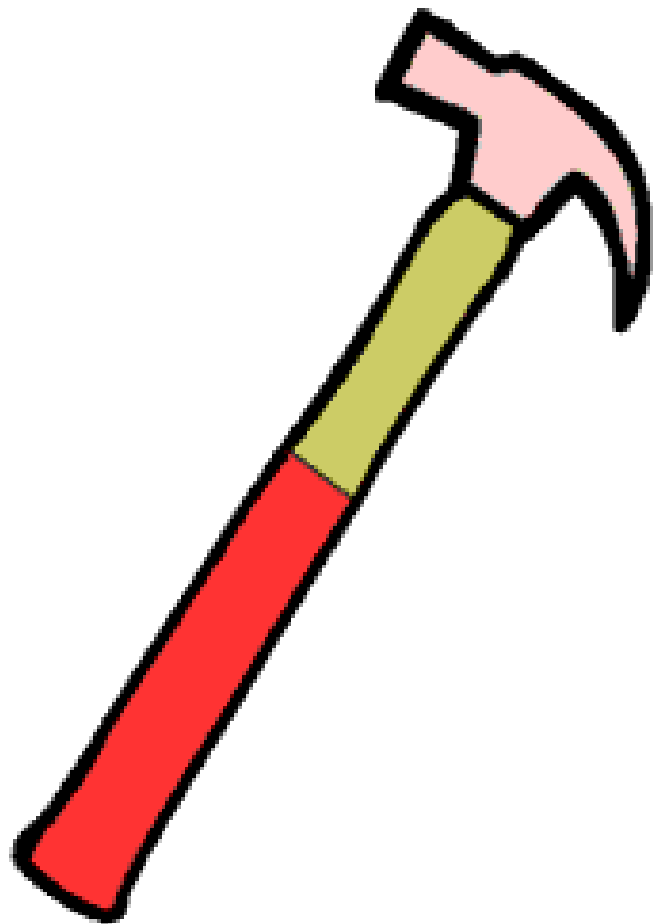
Tomografia



Lenh
o
sadio

Lenho
deteriorado

Tecnologia não destrutiva



Avaliação de Risco

Nível de inspeção

Nível 3 – Análise da **resistência e ancoragem da árvore e galhos em grandes alturas.**


“Após galho matar estudante, árvores são mapeadas na USP de São Carlos”

(Folha de São Paulo, 20/03/2013)



Drones



Galhos de risco - escalada 

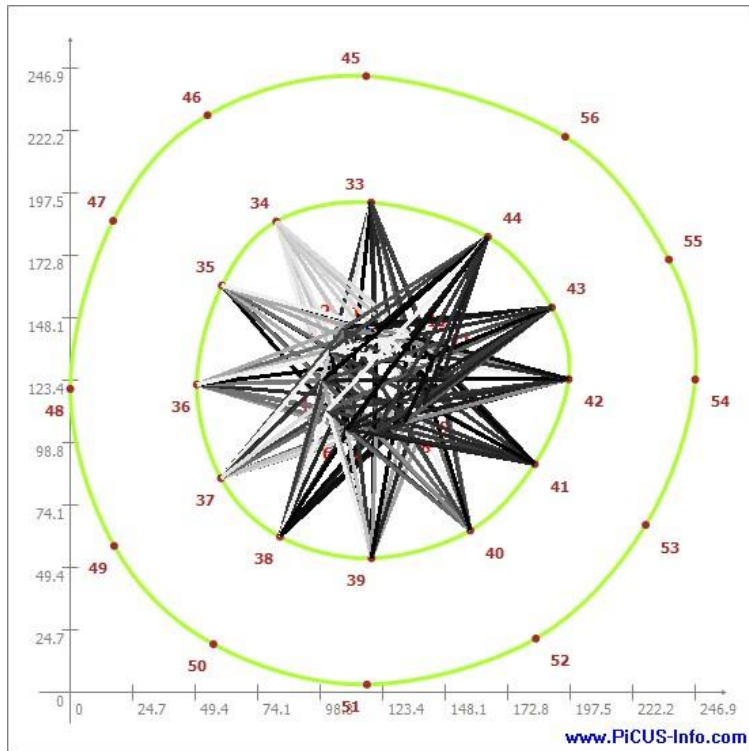
Tomografia de impulso mecânico

Detector de raízes

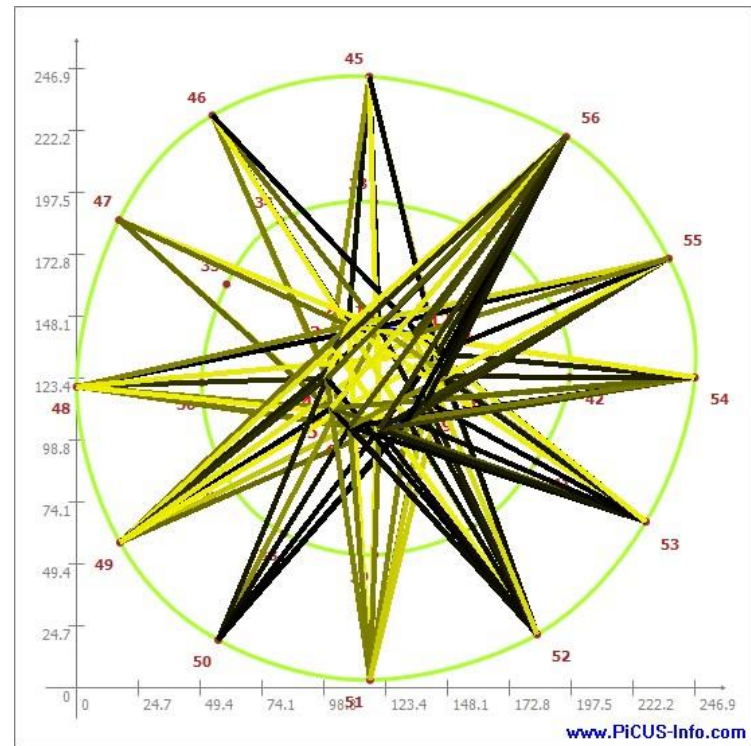


Tomografia de impulso mecânico

Detector de raízes

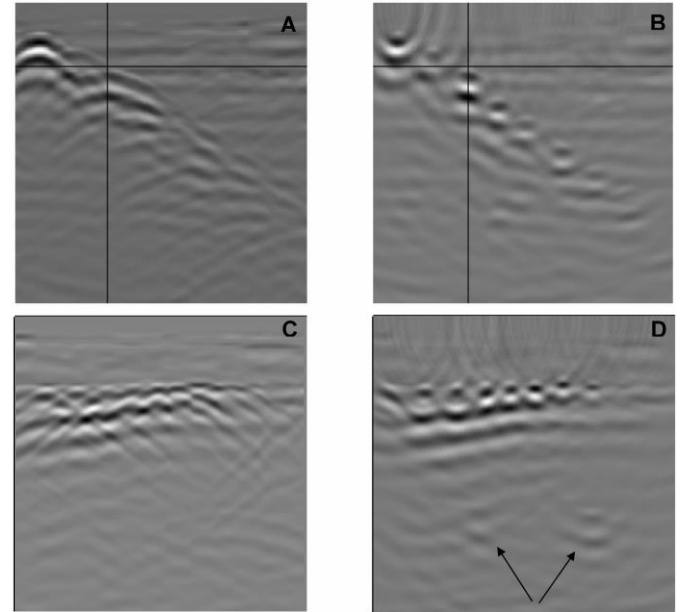


50 cm



100 cm

Radar

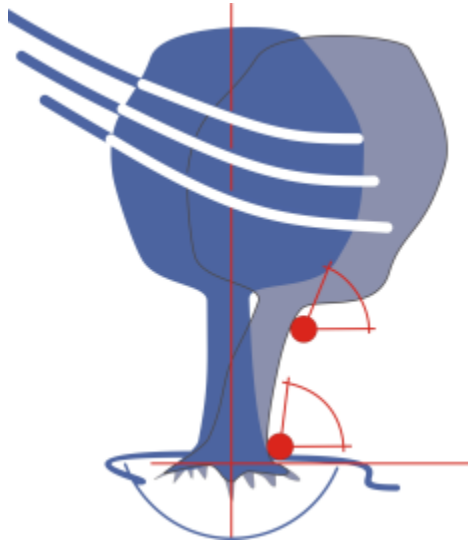


Barton e Montagu (2004)

Necessita de P&D e validação

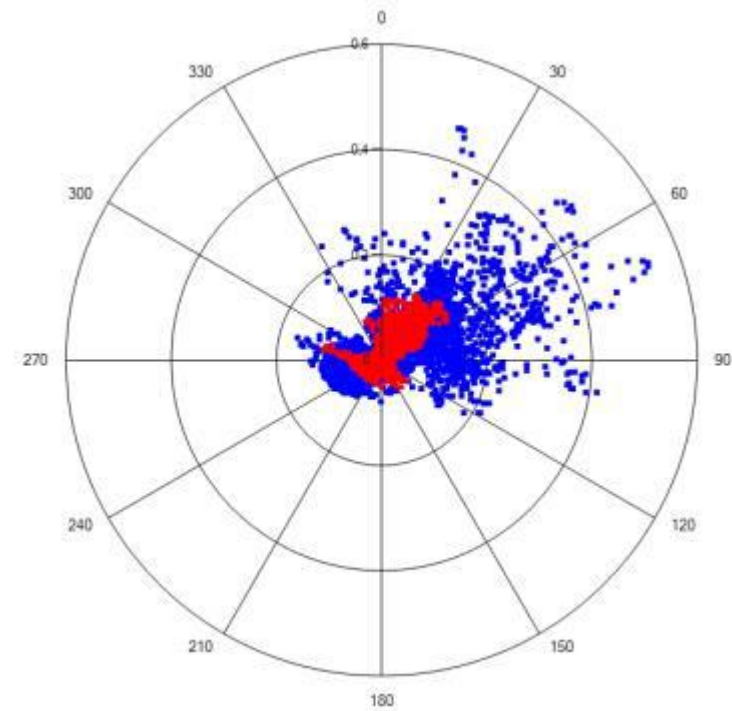
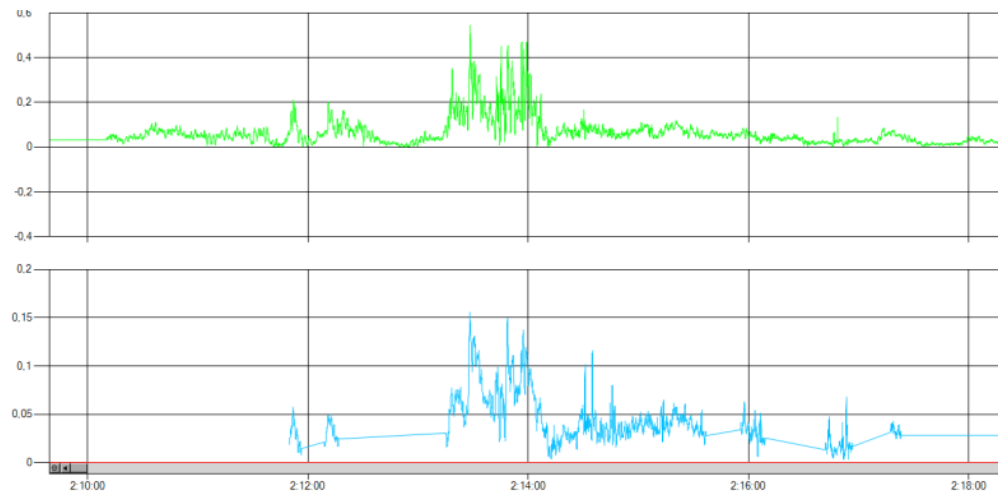
Sistemas de instrumentação

Sensores de movimento



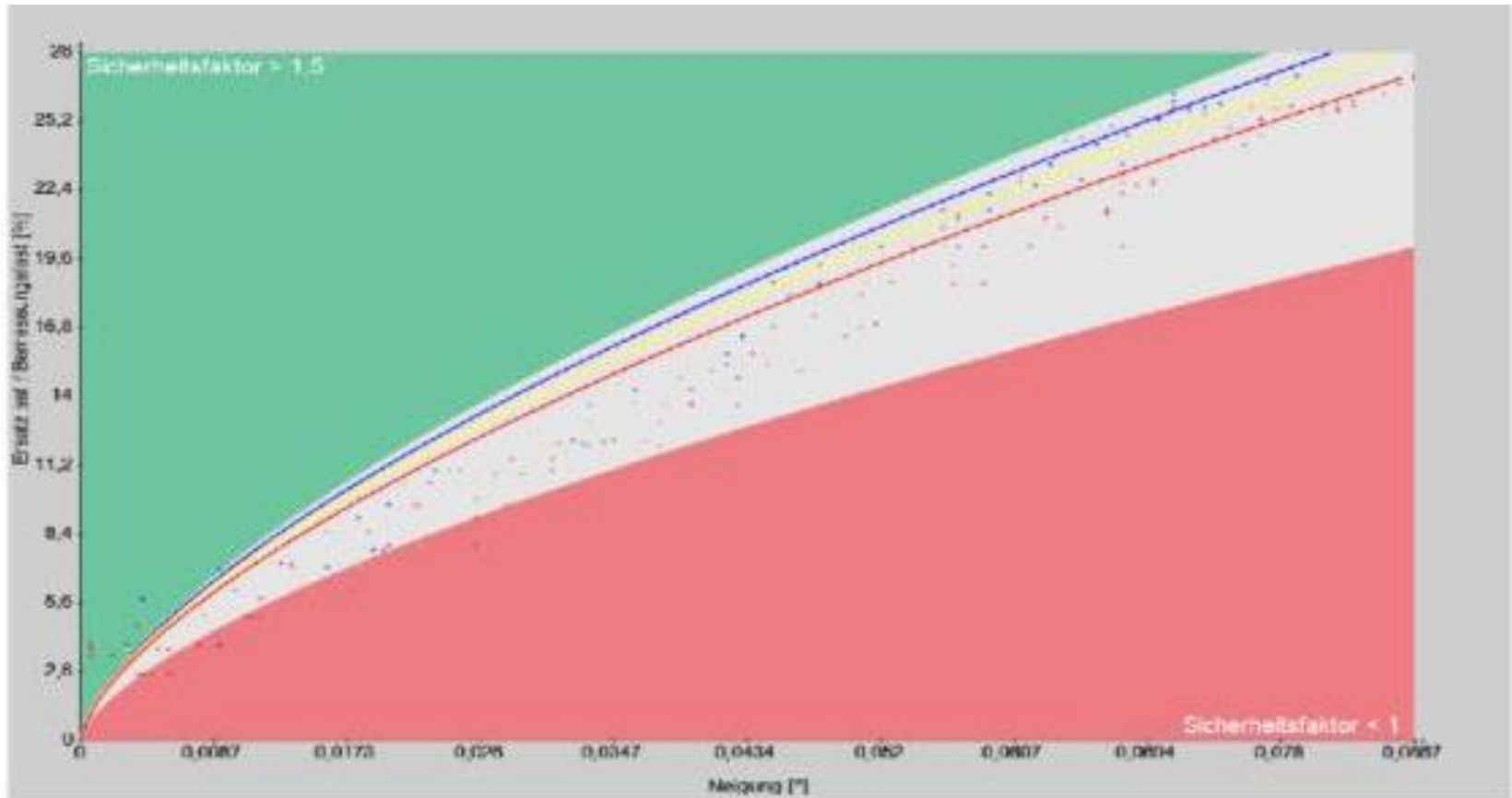
Sistemas de instrumentação

Sensores de movimento



Sistemas de instrumentação

Sensores de movimento



Necessita de P&D e validação

Projeto Ame Jardins



Projeto Ame Jardins (2200 árvores)



Manejo		Nível de alerta - nº árvores (%)	
		Mínimo	Máximo
Monitoramento	Inclinação do fuste	34 (2)	5 (<1)
	Biodeterioração	440 (20)	54 (2)
	1ª bifurcação	10 (<1)	5 (<1)
Poda	Condução	65 (3)	1 (<1)
	Limpeza e manutenção	1308 (59)	45 (2)
	Emergencial	656 (30)	45 (2)
	Galho com risco	92 (4)	4 (<1)
	Equilíbrio da copa	97 (4)	3 (<1)
	Alívio da copa	467 (21)	38 (2)
	Adequação	79 (4)	4 (<1)
Remoção	Árvore	---	322 (15)
	Vegetação interferente	11 (1)	---
Outros	Adequação de canteiro	43 (2)	1 (<1)
	Avaliação téc. especializada	15 (1)	1 (<1)

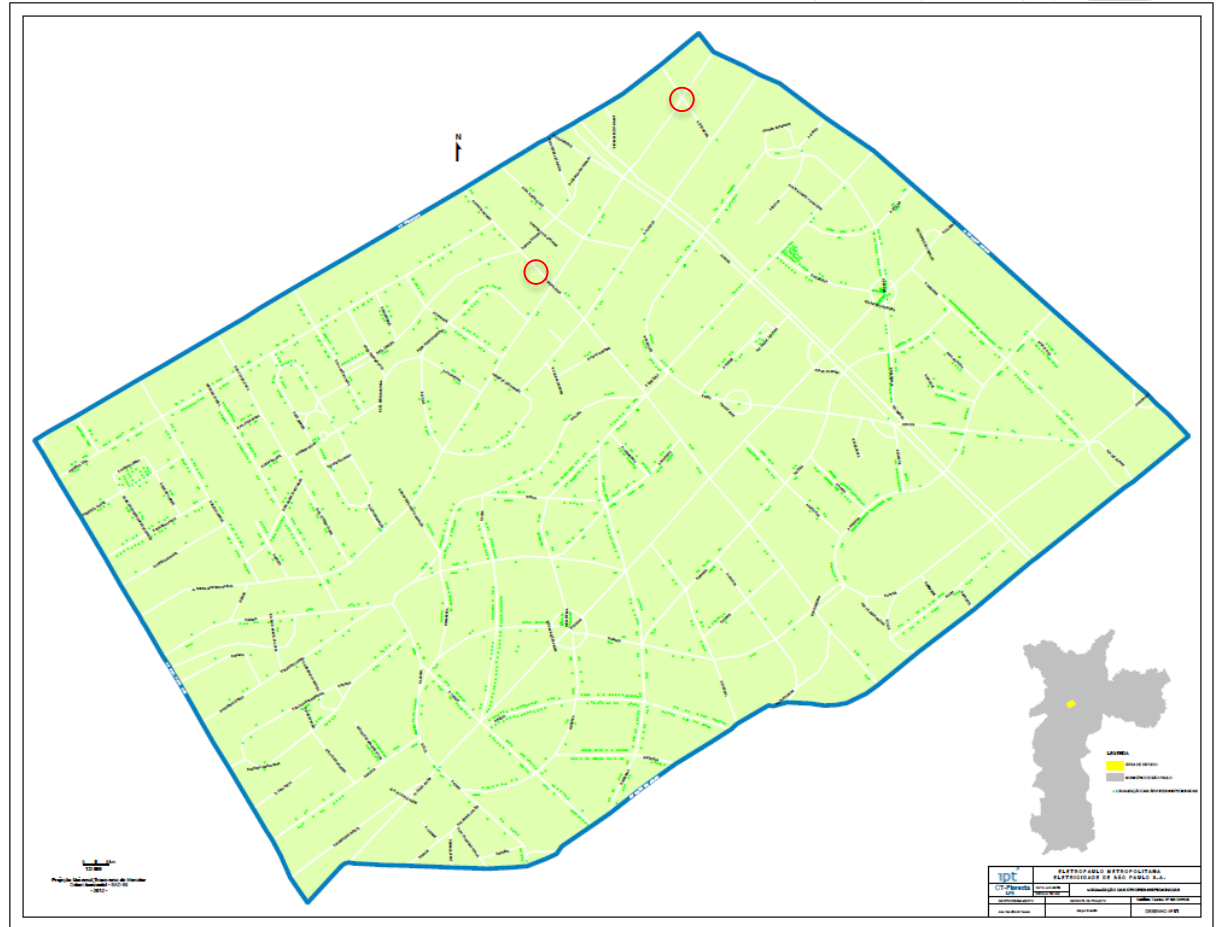
Projeto Ame Jardins

Manutenção preventiva (resultados)

Subprefeitura de Pinheiros

Queda de 328 árvores
(01.12.14 a 28.02.15)

Dados da Defesa Civil



Plano de Manejo Preventivo – uma necessidade



Qual a situação nas prefeituras?

(Experiência IPT)

Prefeituras

Responsabilidade pela arborização urbana **Verba Restrita para arborização urbana**

X

Princípio da Eficiência

“A **Administração Pública** deve **aperfeiçoar os serviços prestados**, buscando otimizar os resultados e atender o interesse público com maiores índices de adequação, **eficácia** e satisfação.”

(Constituição Federal; Emenda Constitucional 19/1998)



Prefeituras

Dificuldades e carências

- Pessoal (quantidade, terceiros, salários incompatíveis)
- Treinamento e **Qualificação** para avaliação de risco
- **Protocolo de inspeção** (inexistente ou inadequado)
- Equipamentos para **análise externa** e prospecção interna
- Ferramenta de gestão confiável (software)

Nome Usuário - Sair

Banco de espécies | Inventário | Planejamento | Queda

Inspeções

Árvore nº: 05678000-4- Inspeção nº: 5
Bairro- Endereço:

Dados Principais	Condição Entorno	Dendrometria	Estado Fitossanitário	Avaliação Radicular
Avaliação Fuste	Avaliação Copa	Ação Antrópica	Análise Interna	Análise Risco
Relatório de Risco	Fotos	Recomendações		

Dados Principais

Inspeção | Localização | Identificação botânica | Vitalidade

Responsável *

Data *

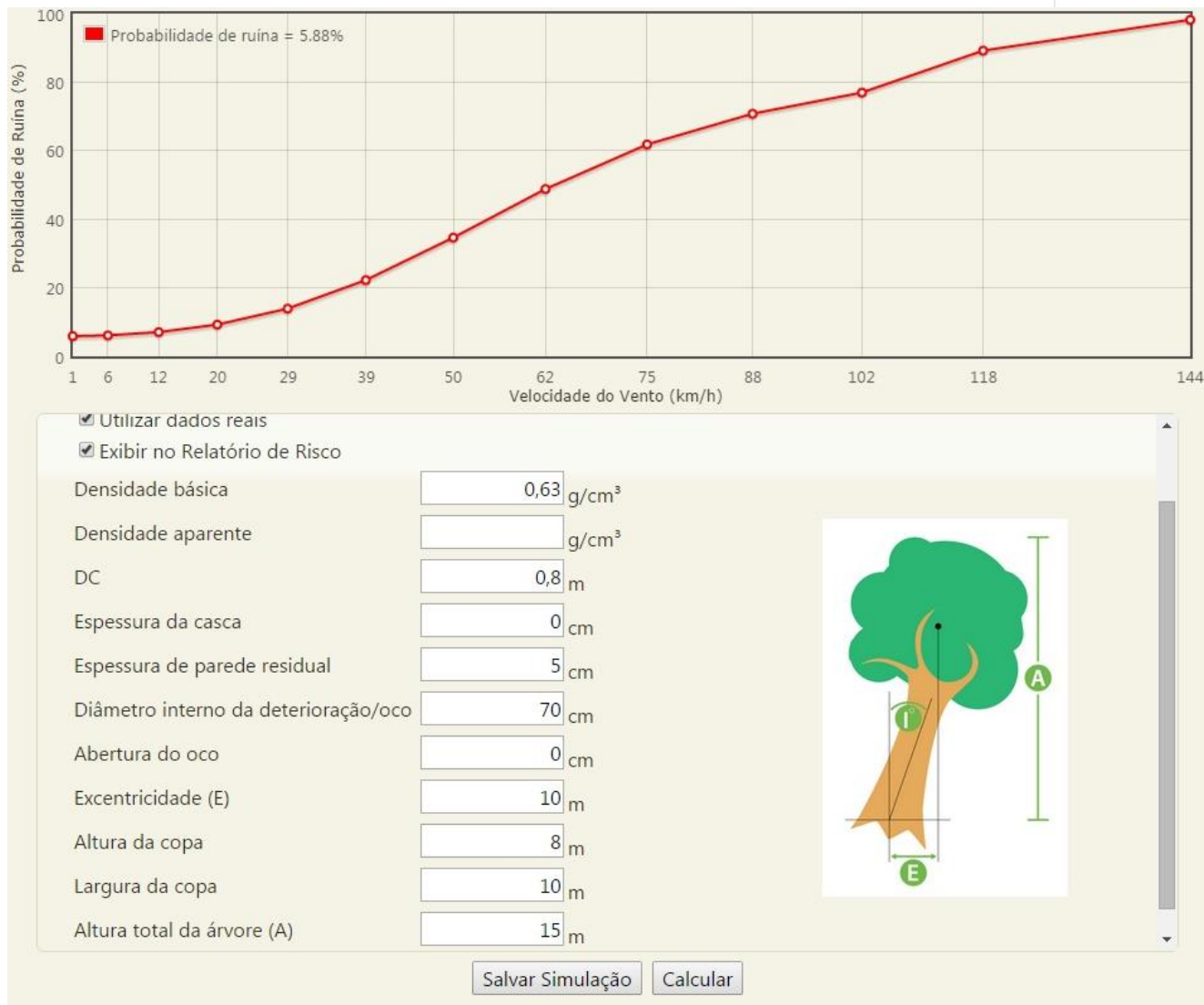
Sistema web
Intranet ou internet



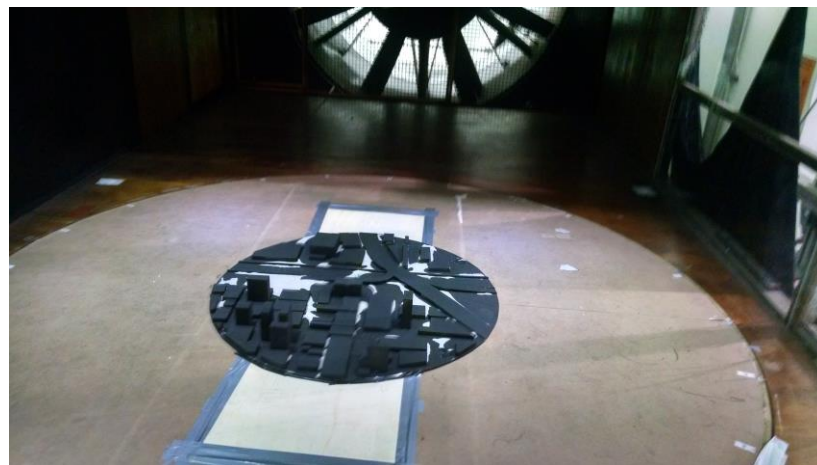
Sistema móvel para inspeção
de árvores

Análise de Risco

Modelo de Cálculo estrutural – Ferramenta auxiliar



Ação do vento - pesquisa



Técnicos e Arboristas!
O que nos move a ir em frente?

Respeito à natureza
Respeito ao ser humano

Ética
Responsabilidade

Coragem!!!





Sérgio Brazolin
0 11 3767-4533
brazolin@ipt.br