



ipt

INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

Resíduo de poda de árvores urbanas: como reaproveitar?



www.ipt.br

EXPEDIENTE

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT

Diretora Presidente do IPT: **Liedi Légi Bariani Bernucci**

Diretor de Operações: **Adriano Marim de Oliveira**

Diretora IPT Open: **Claudia Caparelli**

Diretora Financeira e Administrativa: **Flávia Gutierrez Motta**

Diretora de Inovação e Negócios: **Claudia Echevengúá Teixeira**

Diretor da Fundação de Apoio ao IPT – FIPT: **Fulvio Vittorino**

Unidade Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente – CIMA

Diretor Técnico: **Fabício Araújo Mirandola**

*Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos,
Saneamento e Florestas – SPRSF*

Gerente Técnica: **Sofia Julia Alves Macedo Campos**

Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental – SIRGA

Gerente Técnica: **Larissa Felicidade Werkhauser Demarco**

Unidade Habitação e Edificações – HE

Diretor Técnico: **Fulvio Vittorino**

Laboratório de Tecnologia e Desempenho de Sistemas Construtivos – LTDC

Gerente Técnica: **Luciana Alves de Oliveira**

Unidade Energia – EN

Diretor Técnico: **João Carlos Savio Cordeiro**

Laboratório de Bioenergia e Eficiência Energética – LBE

Gerente Técnica: **Adriana Garcia**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

Reitor da USP: **Carlos Gilberto Carlotti Junior**

Vice-Reitora: **Maria Arminda do Nascimento Arruda**

Diretor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU: **Eugenio Fernandes Queiroga**

Vice-Diretora: **Maria Camila Loffredo D'Ottaviano**

Departamento de Tecnologia da Arquitetura – AUT

Chefe: **Roberta Consentino Kronka Mülfart**

RESÍDUO DE PODA DE ÁRVORES URBANAS: COMO REAPROVEITAR?

ORGANIZADORAS

Caroline Almeida Souza
Giuliana Del Nero Velasco

Equipe Técnica – Autores em ordem alfabética

Aline Ribeiro Machado (IPT)
Ana Paula de Souza Silva (IPT)
Camila Camolesi Guimarães (IPT)
Caroline Almeida Souza (IPT)
Cassiano Oliveira de Souza (IPT)
Eduardo Alessandro da Silva (FIPT)
Fabiana Oliveira Alexandre (IPT)
Fábio Fernandes de Oliveira (IPT)
Fernanda Peixoto Manéio (IPT)
Giuliana Del Nero Velasco (FIPT)
Heloísa Burkhardt Antonoff (IPT)
Henrique Daniel Delavale (FIPT)
Josué Rodrigues Fischer (IPT)
Jozias da Cruz (IPT)
Larissa Almeida Brito de Lima (BK)
Ligia Antunes Almagro Alves de Souza (IPT)
Luis Fernando de Castro Campanha (BK)
Mariana Hortelani Carneseca Longo (IPT)
Oderlei Rocha dos Santos (IPT)
Paula Kaori Yamamura Ielo (IPT)
Rafael Augusto Camargo (IPT)
Raquel Dias de Aguiar Moraes Amaral (IPT)
Reginaldo Passos da Cruz (IPT)
Reinaldo Araújo de Lima (FIPT)
Roberto Ferreira dos Santos (FIPT)
Sergio Brazolin (IPT)
Suelem Mauricio Fontes Macena (FIPT)
Takashi Yojo (IPT)
Vera Lucia Amorim da Luz (IPT)
Zinaldo Ferreira Dias (FIPT)

FAU – Autores em ordem alfabética

Cyntia Santos Malaguti de Sousa
Tomas Queiroz Ferreira Barata

FAU – Colaboradores em ordem alfabética

Allan dos Santos de Menezes
Ana Maria Silva Souza
Camila Mari Okamoto
Camila Martins Freire
Christian Almeida Campos do Nascimento
Felipe Gustavo de Melo
Gabriela Bertin Freitas
Kauan Cristiano Brito Silva
Letícia de Oliveira Zampereti
Marcelo Hsu de Oliveira
Rodrigo Passos Vasconcelos
Tiago Souto Schutzer
Wilvesley Vitorino Santos

Projeto Gráfico e Diagramação:

Thapcom Design + Ideias

Crédito das fotografias

Ana Paula de Souza Silva (IPT)
Arthur Hunold Lara (FAU)
Christian Almeida Campos do Nascimento (FAU)
Cyntia Santos Malaguti de Sousa (FAU)
Fernanda Peixoto Manéio (IPT)
Jozias da Cruz (IPT)
Marcelo Hsu de Oliveira (FAU)
Marina Ayumi Onoda (FAU)
Raquel Dias de Aguiar Moraes Amaral (IPT)
Rodrigo Passos Vasconcelos (FAU)
Tiago Souto Schutzer (FAU)
Tomas Queiroz Ferreira Barata (FAU)

Agradecimentos

À Prefeitura Municipal de Bertiooga
A Augusto Max Colin
À Maria Solange de Oliveira Pereira Fierro

Organização



Patrocínio



Apoio



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Resíduo de poda de árvores urbanas [livro eletrônico] : como reaproveitar? / organização Caroline Almeida Souza, Giuliana Del Nero Velasco. -- 1. ed. -- São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo : USP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo -, 2022. -- (IPT publicação 3046) PDF.

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-5702-013-5

1. Árvores - Conservação 2. Meio ambiente
3. Gestão ambiental 4. Planejamento ambiental
5. Poda I. Souza, Caroline Almeida. II. Velasco, Giuliana Del Nero. III. Série.

22-140734

CDD-333.72

Índices para catálogo sistemático:

1. Gestão ambiental : Conservação e proteção do meio ambiente : Economia 333.72

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

SUMÁRIO

Por que reaproveitar resíduos de poda?

Contextualização do problema e justificativa para o reaproveitamento de resíduos de poda

5

13

Por onde começar?

Passo a passo para possibilitar o reaproveitamento de resíduos de poda

Usos potenciais dos resíduos de poda da arborização urbana

Informações de cada uma das espécies analisadas no projeto

30

37

Construindo um sistema para reaproveitamento de resíduos de poda

Repensando o sistema atual de poda inserindo o reaproveitamento dos resíduos

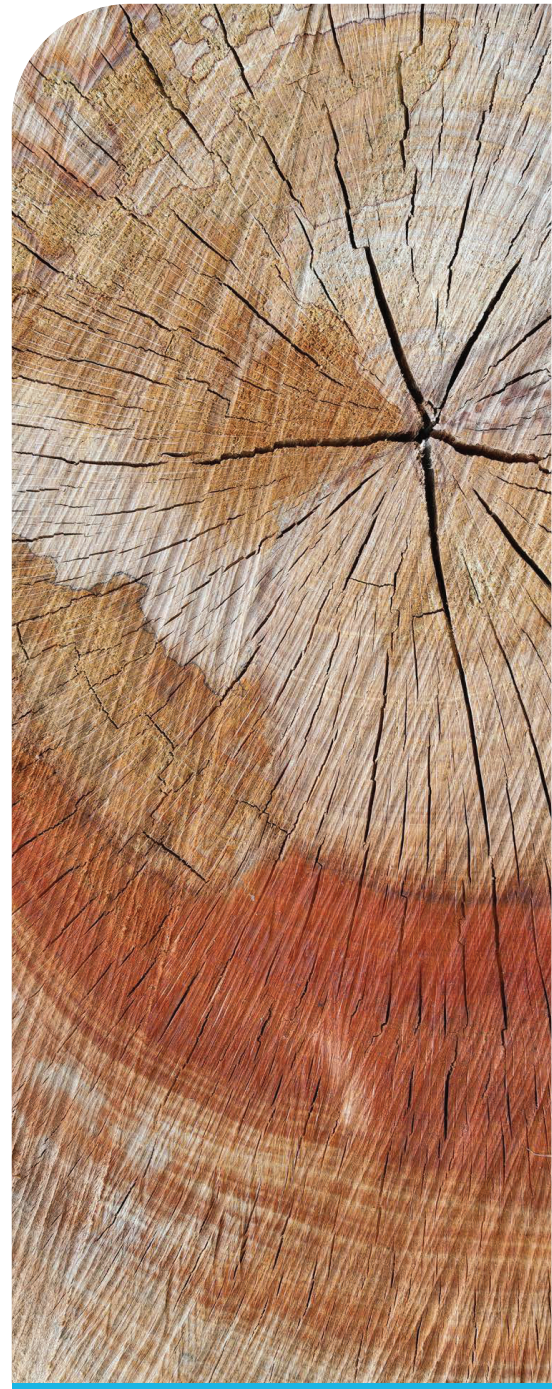
Parcerias para o reaproveitamento de resíduos de poda

Integração de diferentes atores para a melhoria do processo

46

48

Referências



Por que reaproveitar resíduos de poda?

Contextualização do problema e justificativa para o reaproveitamento de resíduos de poda



As árvores das cidades têm um papel essencial de promover qualidade de vida e estão diretamente ligadas à saúde da população urbana. Elas garantem diversos benefícios essenciais como a redução da temperatura do ar e da superfície, o aumento da umidade do ar, a retenção de poluentes do ar em suas folhas e troncos, o abrigo para a fauna, a retenção de água de chuva em suas copas, funcionando como guarda-chuvas na contenção da água e redução do risco de alagamentos, além de tantos outros benefícios

que comprovam que as árvores são extremamente necessárias no ambiente urbano e precisam ser respeitadas e bem cuidadas.

O planejamento e o manejo da arborização urbana implicam em garantir uma adequada área de canteiro permeável no entorno da planta, monitorar periodicamente seu estado de saúde, evitar depredações e realizar podas de limpeza retirando galhos secos ou podres que possam causar algum dano ou acidente.

Principalmente nas calçadas, uma árvore convive com outras estruturas urbanas como postes, redes de energia elétrica e construções e, por isso, sofrem diversas podas para se adequar ao pouco espaço que lhe é oferecido. Infelizmente, na maioria das cidades brasileiras, as podas das árvores urbanas acontecem com uma frequência acima do necessário, com o objetivo de livrar a árvore da fiação elétrica e outras possíveis interferências, sendo alto o volume de material podado, por ano, nas cidades.

POR QUE REAPROVEITAR RESÍDUOS DE PODA?

A Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) estima recolher de 3,5 a 4 mil toneladas de resíduos da poda de árvores por mês. O volume anual pode chegar a 50 mil toneladas (galhos e troncos) (ROCHA *et. al.*, 2015). Bertioga, cidade litorânea do estado de São Paulo, gera 180 toneladas de resíduos de poda por mês (PMB, 2016), o que totaliza mais de 2 mil toneladas por ano. Esses números mostram que a quantidade desse tipo de resíduo é expressiva, seja para um município grande, como São Paulo, ou pequeno, como Bertioga.

O reaproveitamento de resíduos de poda vem sendo estudado globalmente por várias instituições de ensino e pesquisa (SOUZA; GUIMARÃES; VELASCO, 2020), dentre as quais, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP).

O IPT desenvolve projeto que conta com o conhecimento acumulado sobre **madeira**, **florestas urbanas** e **tratamento de resíduos sólidos** e a FAUUSP desenvolve projeto onde aplica sua experiência em ensino, pesquisa e **difusão técnica**. Ambas as instituições buscam alternativas de uso para os resíduos da poda de árvores urbanas com maior agregação de valor e geração de serviços ambientais, porém cada uma se concentra em executar atividades associadas à sua expertise.



Serviços ambientais

Benefícios à qualidade de vida das pessoas associados ao manejo de recursos naturais, como a melhoria do conforto térmico promovida pela arborização das cidades e a fixação de carbono em produtos de madeira que aproveitem resíduos de poda da arborização urbana.

Para avaliar como tornar realidade o reaproveitamento de resíduos de poda, o IPT e a FAUUSP se uniram para pensar em formas de agregar valor aos resíduos de poda da arborização urbana das cidades brasileiras na prática.

A parceria conta com o compartilhamento de resultados e o acompanhamento de atividades dos projetos de cada instituição, além de discussões técnicas sobre o tema e o planejamento da

Objetivos dos projetos sobre reaproveitamento de resíduos de poda, desenvolvidos pelo IPT e pela FAUUSP



Projeto IPT: Soluções Técnicas para gestão de resíduos de árvores urbanas de Bertioga/SP (2020-2022)

- Caracterização tecnológica e energética dos resíduos
- Caracterização do processo de poda, logística e destinação final dos resíduos
- Indicação de rotas tecnológicas viáveis tecnicamente, ambientalmente e economicamente para o aproveitamento de resíduos de poda

Projeto FAUUSP: Valorização de resíduos lenhosos provenientes do manejo arbóreo – Contribuição à gestão para a sustentabilidade no Campus Armando Salles de Oliveira da Universidade de São Paulo (2021-2022)

- Caracterização da cadeia produtiva e do material lenhoso dos resíduos provenientes da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO)
- Caracterização de processos e técnicas de transformação destes resíduos em produtos
- Uso do design na prospecção de soluções criativas e adequadas às potencialidades de uso dos resíduos
- Realização de cursos de qualificação profissional e *workshops* em colaboração com parceiros externos e a comunidade universitária para difusão do conhecimento

POR QUE REAPROVEITAR RESÍDUOS DE PODA?



transferência de tecnologia nas áreas de estudo – o município de **Bertioga/SP** e a Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (**CUASO**), localizada no Butantã, bairro do município de São Paulo que abriga a Universidade de São Paulo.

Esse **projeto conjunto** entre IPT e FAUUSP pretende, dessa forma, apresentar alternativas para superar os desafios relacionados à gestão de resíduos de poda, auxiliando gestores da arborização urbana em diversas escalas, como a municipal, a de bairro, a de condomínio e a de parque urbano.



Áreas de estudo

Projeto conjunto IPT e FAUUSP

BERTIOGA

- População atendida: 65.785 (SEADE, 2022)
- Espécies estudadas: chapéu-de-sol (*Terminalia catappa*) e palheteira (*Clitoria fairchildiana*)
- Estimativa de geração de resíduos de poda: 2.160 t/ano (PMB, 2016)

Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira – CUASO

- População atendida: 80-100 mil (PUSP-C, 2022)
- Espécies estudadas: figueira-benjamim (*Ficus benjamina*), tipuana (*Tipuana tipu*) e jambolão (*Syzygium cumini*)
- Estimativa de geração de resíduos de poda: 1.552 t/ano (MELLUCCI; LIMA; FAJERSZTAJN, 2020)

POR QUE REAPROVEITAR RESÍDUOS DE PODA?

A gestão dos resíduos de poda está pautada na ordem de prioridade estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), considerando a reutilização, reciclagem e tratamento, e representa um grande desafio para os municípios brasileiros. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRASIL, 2020), em 2019 foi levantada a existência de apenas 44 unidades de manejo de material proveniente de poda e 73 usinas de compostagem em todo o Brasil. Essas unidades receberam, respectivamente, 142.625,1 toneladas e 304.637,3 toneladas de resíduos orgânicos no referido ano, em comparação com um total de 57.010.162,1 toneladas destinadas a aterros sanitários, aterros controlados e lixões.

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares (BRASIL, 2022), a degradação dos resíduos orgânicos nos aterros e lixões é uma das principais fontes de geração de metano, um gás com potencial de efeito estufa 24 vezes maior que o do dióxido de carbono, além da possibilidade de geração de outros impactos ambientais, como a poluição do solo, água superficial e subterrânea pelo chorume gerado no processo de decomposição, e atração de pragas e vetores – organismos que podem danificar a infraestrutura urbana e transmitir doenças. Dessa forma, o Planares indica que é imperativa a implementação de políticas e ações para redução, reciclagem e valorização dos resíduos orgânicos, para mitigar as emissões de gases de efeito estufa, reduzir impactos ambientais relacionados à disposição inadequada e aumentar a vida útil dos aterros existentes.

O Planares coloca como meta o aumento da reciclagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU), com recuperação de 13,5 % de toda a fração orgânica gerada no país, em relação à massa total de RSU, até 2040. Nesse contexto, o projeto conjunto entre IPT e FAUUSP, de avaliação das alternativas de reaproveitamento de resíduos de poda, contribui para apoiar os municípios brasileiros no cumprimento das metas estabelecidas pelo Brasil para a gestão de resíduos orgânicos, além de atender às seguintes diretrizes colocadas pelo Planares:

- Diretriz 2A: Reduzir a geração de resíduos sólidos urbanos e aumentar a recuperação de produtos
 - Estratégia 8: Incentivar o uso de produtos alternativos aos de uso único que já possuam soluções viáveis e disponíveis no mercado
- Reduzir a geração de resíduos e a quantidade de rejeitos encaminhados para a disposição final ambientalmente adequada
 - Estratégia 23: Fomentar pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e sistemas que visem o desvio de RSU da disposição final



POR QUE REAPROVEITAR RESÍDUOS DE PODA?

Em adição, o projeto contribui para a pesquisa e desenvolvimento de novos usos possíveis para os resíduos de poda, além do tratamento e valorização por compostagem e biodigestão, buscando-se o estímulo do empreendedorismo e geração de emprego e renda.

O projeto também tem forte conotação ambiental e social, estando conectado ao cumprimento dos **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)** estabelecidos pela ONU, com destaque para os objetivos e metas apresentados abaixo.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável contemplados pelo projeto

6 ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO



Meta 6.6: Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos (acabar com os lixões).

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL



Meta 7.2: Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global

8 TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO



Meta 8.3 Promover políticas orientadas para o desenvolvimento que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas.

Meta 8.4: Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental.

9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA



Meta 9.5 Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais nos países em desenvolvimento, incentivando a inovação e aumentando o número de trabalhadores de P&D e os gastos públicos em P&D.

Meta 9.b Apoiar o desenvolvimento tecnológico, a pesquisa e a inovação nacionais nos países em desenvolvimento.

10 REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES



Meta 10.2 Até 2030, empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente da idade, gênero, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outra.

11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS



Meta 11.4 Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo.

Meta 11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.

12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS



Meta 12.2 Gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

Meta 12.4: Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Meta 12.5: Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.

Meta 12.8 Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza.

13 AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA



Meta 13.b Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos, inclusive com foco em mulheres, jovens, comunidades locais e marginalizadas.



17 PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO



Meta 17.16 Reforçar a parceria global para o desenvolvimento sustentável, complementada por parcerias multissetoriais que mobilizem e compartilhem conhecimento, expertise, tecnologia e recursos financeiros, para apoiar a realização dos objetivos do desenvolvimento sustentável em todos os países, particularmente nos países em desenvolvimento.

Meta 17.17 Incentivar e promover parcerias públicas, público-privadas e com a sociedade civil eficazes, a partir da experiência das estratégias de mobilização de recursos dessas parcerias.

Este guia tem o objetivo de apresentar:

- Os resultados do projeto conjunto entre IPT e FAUUSP, um estudo de caso em Bertioga e na CUASO, que:
 - quantificou resíduos de poda da arborização urbana gerados em Bertioga e na CUASO
 - analisou em laboratório as amostras de resíduos de poda de cinco espécies coletadas em Bertioga e na CUASO
 - indicou os usos potenciais dos resíduos das cinco espécies analisadas
 - reuniu e sistematizou as informações de identificação, caracterização e indicação de usos das espécies em fichas técnicas ilustradas
 - propôs sistema de gestão e tecnologias de tratamento de resíduos de árvores urbanas para possibilitar o reaproveitamento de resíduos de poda em Bertioga e na CUASO
 - identificou diferentes rotas tecnológicas para aplicação dos resíduos lenhosos em produtos e componentes, com agregação de valor e fixação do CO₂
 - desenvolveu procedimentos metodológicos para realização de oficinas de experimentação e capacitação no desenvolvimento de produtos e componentes, voltadas a comunidades de artesãos e alunos de cursos de design e arquitetura
- Um passo a passo para possibilitar o reaproveitamento de resíduos de poda e supressão de árvores da arborização urbana para replicação da experiência do projeto em outras áreas de arborização urbana, seja ela de um município, de um bairro, de um parque, de um condomínio, entre outros.



Público alvo

Gestores municipais, gestores de áreas verdes públicas e privadas, atores interessados em reaproveitar resíduos de poda (ex.: cooperativas de reciclagem, artistas, marceneiros, artesãos, serrarias), instituições públicas e privadas interessadas no reaproveitamento de resíduos de poda (ex.: universidades, institutos de ensino e pesquisa, ONGs, etc.)

Por onde começar?

Passo a passo para possibilitar o reaproveitamento de resíduos de poda

Passo 1: Conhecer a arborização e o processo de poda e supressão de árvores urbanas.

Para começar o planejamento do reaproveitamento de resíduos de poda é preciso conhecer minimamente as árvores da área de interesse, que pode ser a arborização de um município, de um bairro, de um parque, de um condomínio ou de outro território definido.

Apesar de nem sempre ser simples ter o inventário e cadastro da arborização urbana, informações como espécies mais frequentes e mais podadas já são suficientes para iniciar o planejamento de reaproveitamento de resíduos de poda, já que indicam quais espécies de árvores têm maior potencial de ter seus resíduos de poda reaproveitados atualmente e no futuro.

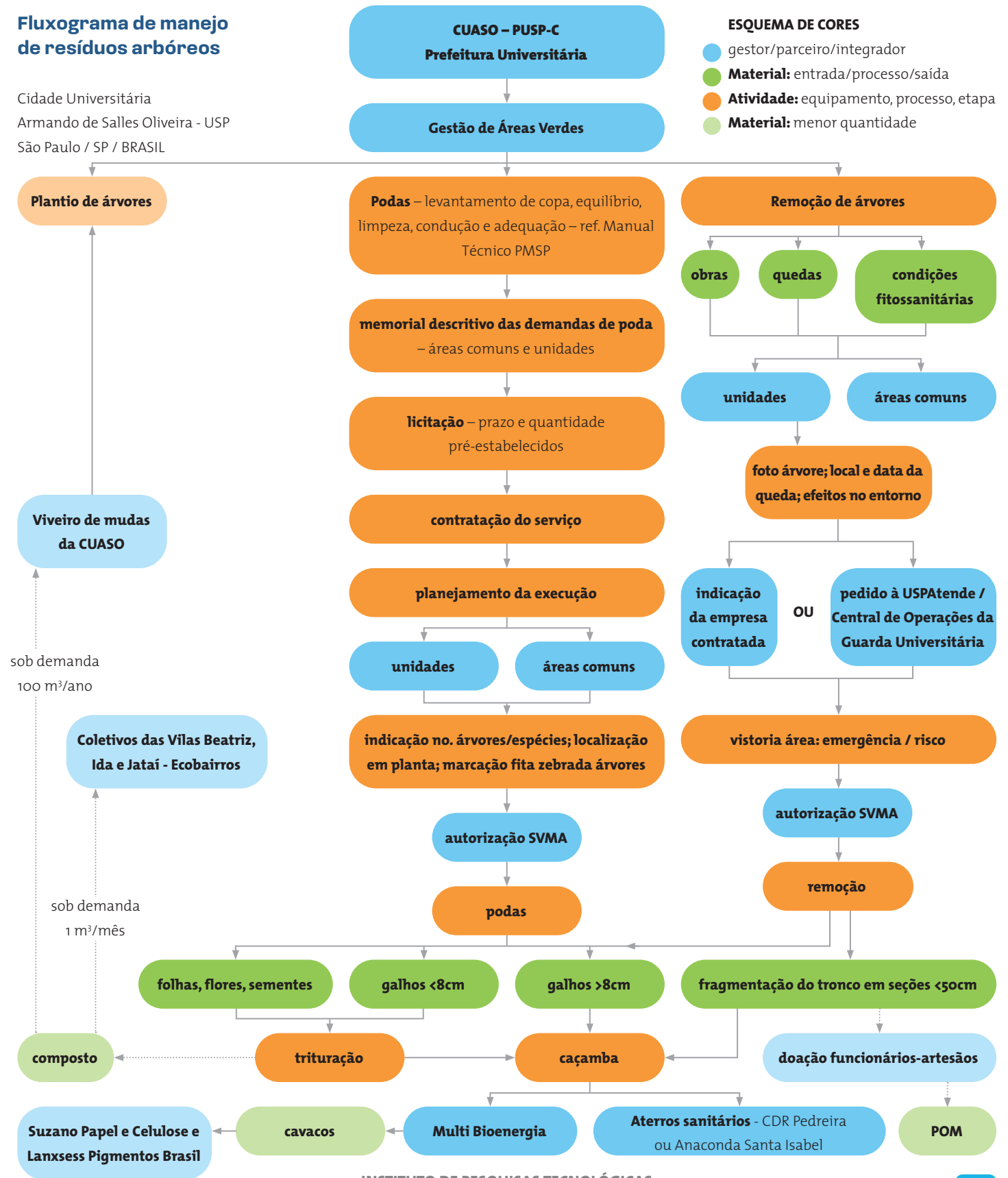
Da mesma forma, as informações sobre o processo de poda e supressão de árvores, são importantíssimas para organizar o reaproveitamento de seus resíduos, já que indicam características, tais como: os diferentes procedimentos de solicitação para a realização da operação – seja por pedidos provenientes de cidadãos, seja por necessidade de realização de obras –; os diferentes atores envolvidos – como empresas terceirizadas responsáveis pela poda e supressão de árvores e empresa concessionária de energia elétrica, responsável pela poda e supressão de árvores sob a rede elétrica aérea no território de interesse –; e os diferentes locais de destinação final dos resíduos. Todas essas informações sobre o processo ajudam a identificar procedimentos a serem melhorados ou alterados para possibilitar o reaproveitamento de resíduos de poda, como, por exemplo, a necessidade de separar resíduos a serem reaproveitados e reservar um local específico para destiná-los, o que requer comunicar a empresa responsável pela poda, indicando os



cuidados a adotar na operação de poda e as dimensões mínimas dos resíduos a serem reaproveitados. O processo de poda e supressão realizado atualmente pela PUSP-C na CUASO ilustra a organização dessas informações em um fluxograma.

Fluxograma de manejo de resíduos arbóreos

Cidade Universitária
Armando de Salles Oliveira - USP
São Paulo / SP / BRASIL



POR ONDE COMEÇAR?

Esse conjunto de informações pode ser obtido analisando-se documentos disponíveis sobre a arborização urbana e sobre seu processo de poda, somado a visitas técnicas à área de interesse e à interação com as equipes responsáveis pelo monitoramento e poda de árvores urbanas.

Espécies mais frequentes

- Inventário da arborização urbana
- Equipe de monitoramento da arborização urbana

Espécies mais podadas

- Processos de solicitação de poda e supressão de árvores
- Registro de poda sob a rede elétrica
- Equipes de poda da arborização urbana

Fontes de informações importantes para iniciar o planejamento do reaproveitamento de resíduos de poda.

No estudo de caso de Bertioga, as informações-chave para o planejamento do reaproveitamento de resíduos de poda foram obtidas em quatro etapas, descritas a seguir.

Etapa 1 | Análise do inventário da arborização urbana da cidade:

Analisou-se o “Inventário da Arborização Urbana de Bertioga” (DET-ZEL CONSULTING, 2011), que apresentava lista de espécies mais frequentes e sua localização geográfica. Porém, este inventário tinha mais de 10 anos e estava desatualizado, o que pode ser muito comum na gestão da arborização urbana em outros locais, já que, nem sempre, o responsável pela arborização tem condições financeiras e de recursos humanos para monitorá-la e atualizar seu inventário.

Para solucionar dúvidas sobre as espécies mais frequentes e sobre as mais podadas, foi fundamental ouvir as equipes envolvidas no monitoramento e poda da arborização urbana de Bertioga e planejar uma visita técnica ao município para caracterizar a arborização e acompanhar o processo de poda e supressão de árvores, desde o corte até sua destinação final.

Etapa 2 | Visita técnica de reconhecimento da arborização urbana e do local de destinação de resíduos de poda:

Nessa etapa realizou-se uma visita técnica à Bertioga para reconhecer a área do Centro de Gerenciamento e Beneficiamento de Resíduos (transbordo) – área de destinação dos resíduos de poda e supressão de árvores do município –, além de percorrer alguns bairros e loteamentos residenciais, não considerados no inventário da arborização urbana do município, como os loteamentos residenciais localizados em Guaratuba e na Costa do Sol.

Nesta visita foi possível complementar as informações do inventário existente, reconhecendo o padrão atual da arborização urbana nos diferentes setores do município de Bertioga, incluindo a identificação dos tipos de podas e ações de manejo realizadas na arborização da cidade.

As principais informações obtidas nesta visita foram:

- Não há separação do material proveniente de poda e supressão de árvores na área de destinação final (Centro de Gerenciamento e Beneficiamento de Resíduos) – **informação importante para indicar necessidades de alteração no procedimento de disposição final destes resíduos para possibilitar seu reaproveitamento;**
- Os condomínios e loteamentos possuem gestão independente para as atividades relacionadas à poda de árvores e manejo das áreas verdes, e nem sempre os resíduos são dispostos no Centro de Gerenciamento e Beneficiamento de Resíduos – **informação importante para desenhar o “Mapa da**

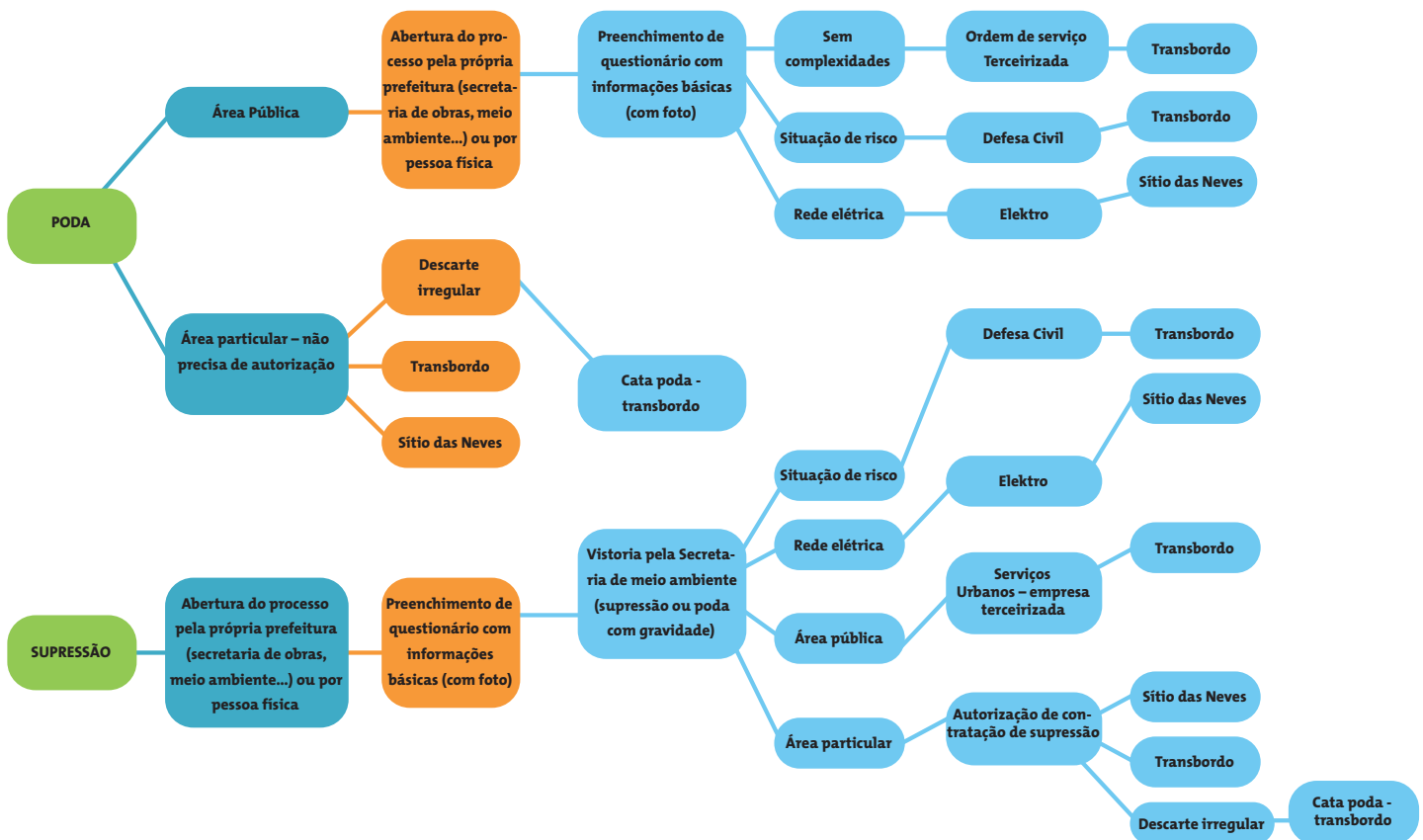
POR ONDE COMEÇAR?

poda de Bertioiga”, indicando diferentes atores envolvidos e diferentes locais de destinação final de resíduos;

- Dentre as árvores de grande porte, observou-se o predomínio de chapéu-de-sol (*Terminalia catappa*), falsa-seringueira (*Ficus elastica*) e sombreiro / palheteira (*Clitoria fairchildiana*), além de muitos exemplares de palmeiras jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). Em alguns bairros destaca-se a presença de muitos exemplares de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) e de figueira-benjamim (*Ficus benjamina*) – **informação importante para indicar as espécies mais prováveis de serem podadas por serem maiores e mais frequentes;**
- Constatação de poucas evidências de podas recentes nas árvores – **informação importante para indicar a sazonalidade da realização das podas no município que deve ser considerada na estimativa anual de resíduos de poda gerados em Bertioiga.**

Etapa 3 | Oficina sobre a poda e supressão de árvores na arborização urbana de Bertioiga:

Na terceira etapa realizou-se uma oficina *on-line* sobre a arborização urbana e o processo de poda do município, com dinâmicas participativas para coletar todo o conhecimento da prefeitura sobre a arborização urbana e seu processo de poda e supressão. Como resultado, além de solucionar dúvidas sobre as espécies mais frequentes e mais podadas atualmente em Bertioiga, tivemos a construção coletiva do “Mapa da poda de Bertioiga” – um fluxograma do processo de poda e supressão de árvores do município.



“Mapa da poda de Bertioiga” – Fluxograma do processo de poda e supressão de árvores em Bertioiga.

As principais informações obtidas foram:

- Loteamentos com mais recursos contratam empresa particular para a poda. Loteamentos mais antigos não contratam empresa de poda – **informação importante para desenhar o “Mapa da poda de Bertioga”, indicando diferentes atores envolvidos e diferentes locais de destinação final de resíduos;**
- Procedimentos para solicitações de manejo são diferentes para poda e supressão de árvores. Para poda, o cidadão identifica a necessidade e solicita ordem de serviço; para supressão, é necessário ordem de serviço e vistoria por engenheiro agrônomo da prefeitura – **informação importante para desenhar o “Mapa da poda de Bertioga”, indicando procedimentos diferentes para solicitar o serviço em Bertioga;**
- Tempo do processo de solicitação de poda e supressão: até 30 dias. Há execução de poda constantemente para atender os pedidos. A maioria dos processos, atualmente, são solicitados pela própria prefeitura, já que há muita demanda de supressão de árvores devido à obras em andamento em Bertioga – **informação importante para indicar o fluxo de realização das podas e supressão no município que deve ser considerado na estimativa de resíduos de poda gerados anualmente em Bertioga;**
- Em área particular, quando há risco de queda, aciona-se a Defesa Civil para realizar a poda ou supressão – **informação importante para desenhar o “Mapa da poda de Bertioga”, indicando diferentes atores envolvidos e diferentes locais de destinação final de resíduos;**
- Há descarte irregular de resíduos de poda. A prefeitura tem programa de “cata poda” que criou a cultura de “a prefeitura passa catando a poda, se eu deixar na calçada”. Para tentar solucionar esse problema, a prefeitura está preparando norma para indicar regras de descarte (o que pode e o que não pode) – **informação importante para desenhar o “Mapa da poda de Bertioga”, indicando diferentes atores envolvidos e desafios enfrentados na gestão de resíduos de poda;**
- Espécies abundantes, com maior demanda de poda e supressão são: figueira-benjamim (*Ficus benjamina*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*), chapéu-de-sol (*Terminalia catappa*) e palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) – **informação importante para indicar as espécies mais prováveis de serem podadas ou suprimidas por serem mais frequentes e com maior demanda ;**
- Cortam galhos grossos (acima de 10 cm de diâmetro) em pequenos pedaços e troncos em pedaços grandes. As folhagens e galhos finos de até 10 cm de diâmetro serão triturados (previsto em contrato) – **informação importante para indicar necessidades de alteração no procedimento de poda e supressão de árvores para possibilitar o reaproveitamento de seus resíduos com definição das dimensões mínimas;**
- Estimativa do volume de resíduos gerados – **informação importante para estimar a quantidade anual de resíduos de poda com potencial de ser reaproveitado:**
 - Áreas públicas: 30 caminhões/mês x 15,84 m³/caminhão x 12 meses = 5.702,4 m³/ano.
 - Áreas particulares: 52 caminhões/mês x 5 m³/caminhão (caminhão menor) x 12 meses = 3.120 m³/ano

Etapa 4 | **Visita técnica de caracterização do processo de poda e supressão de árvores no município de Bertioga:**

Com uma melhor compreensão do processo de poda realizado em Bertioga, a quarta etapa consistiu numa visita técnica para acompanhar a supressão de uma árvore (chapéu-de-sol), que gerou resíduos de folhas, galhos e tronco. A visita também foi importante para mostrar, na prática, como o processo de poda e supressão de árvores é realizado atualmente pelo principal ator envolvido – a prefeitura, por meio da empresa terceirizada responsável pela execução da operação – desde o corte até a disposição final no Centro de Gerenciamento e Beneficiamento de Resíduos, sem separação por tipo de resíduo.

A caracterização do processo de poda e supressão de árvores, com registro de dados, como localização geográfica, dimensões da árvore, tipos de resíduos gerados, destinação final e também de imagens é **importante para indicar necessidades de alteração de procedimentos para possibilitar o reaproveitamento de resíduos (ex.: prever a separação de resíduos a serem reaproveitados em local específico).**

Check-list para conhecer a arborização e o processo de poda e supressão de árvores urbanas – sugestão de atividades:

- **Levantar informações sobre a arborização urbana da área de interesse:** inventários da arborização, relatório de plantios, lista de espécies plantadas.
- **Envolver as equipes de monitoramento, poda e supressão de árvores da arborização urbana da área de interesse:** promover discussões sobre a arborização urbana para solucionar dúvidas sobre as árvores, seus processos de poda e supressão, contando com as pessoas que trabalham diretamente com o tema.
- **Realizar visitas técnicas de reconhecimento da arborização urbana da área de interesse:** verificar, na prática, o padrão atual da arborização, identificando os tipos de podas, as ações de manejo adotadas e outras características relevantes.
- **Realizar visitas técnicas de reconhecimento do processo de poda e supressão de árvores da área de interesse:** verificar o processo, na prática, registrando os motivos da realização dos manejos, tipos de resíduos gerados, suas dimensões e destinação final.

Materiais de apoio e ferramentas:

- **Roteiro para visita técnica de caracterização da arborização**
 - Percorrer bairros mais arborizados e mais podados:
 - Registrar exemplos de características principais da arborização com localização geográfica (endereço ou ponto de GPS)
 - Árvores com evidências de poda
 - Espécies mais frequentes e porte predominante
 - Equipamentos públicos/edificações com potencial de conflitos com a arborização urbana – ex.: rede de energia elétrica aérea
 - Equipamentos e materiais de apoio:
 - Mapa da área de interesse (digital ou impresso)
 - Tablet para uso de câmera fotográfica e GPS
 - Ficha de campo para registro das informações coletadas (digital ou impressa)
 - Softwares de gestão da arborização urbana (se disponível)

POR ONDE COMEÇAR?

- **Roteiro para oficina sobre a poda e supressão de árvores na arborização urbana da área de interesse**
 - Apresentação da oficina
 - Estrutura (temas a discutir e dinâmicas de grupo a realizar)
 - Apresentação dos participantes (papel de cada um na arborização)
 - Objetivo da oficina: promover a interação entre equipes e parceiros locais que atuam no monitoramento da arborização e no processo de poda e supressão de árvores
 - Dinâmica: “mapa” da poda da área de interesse:
 - Construção coletiva de fluxograma (“mapa”) do processo de poda e supressão de árvores, desde a solicitação do manejo até a destinação final de resíduos, destacando:
 - Processo burocrático de solicitação da poda e de supressão de árvores
 - Diferença do manejo
 - Em área pública
 - Em área privada
 - Situações de risco
 - Sob a rede de energia elétrica
 - Atores envolvidos nas operações
 - Destinações finais dos resíduos
 - Desafios enfrentados nos manejos de poda e supressão e na gestão destes resíduos de árvores



POR ONDE COMEÇAR?

- Ficha de acompanhamento do processo de poda e supressão de árvores da área de interesse

| | | | |
|--|-------------------|--|---|
| Data: | | Responsável: | |
| Endereço da poda ou supressão: | | | |
| Ponto GPS | | | |
| Equipe responsável pela operação | Prefeitura | Terceirizada | Concessionária de energia elétrica |
| | | | |
| Origem do resíduo: | | | |
| <input type="checkbox"/> Poda de condução | | <input type="checkbox"/> Poda de adequação | <input type="checkbox"/> Poda emergencial |
| <input type="checkbox"/> Queda de árvore inteira * | | <input type="checkbox"/> Queda de galhos | |
| <input type="checkbox"/> Outros: | | | |
| Nome da espécie: | | | |
| Altura (m) | | CAP (cm) | |
| Tipo de resíduo podado: | | | |
| <input type="checkbox"/> Galhos | | <input type="checkbox"/> Raiz | <input type="checkbox"/> Folhagem / Flores / Frutos |
| <input type="checkbox"/> Queda de árvore inteira * | | | |
| <input type="checkbox"/> Outros: | | | |
| Quantidade de galhos podados (n): | | | |
| Diâmetro médio dos galhos podados (cm): | | | |
| <input type="checkbox"/> < 8 cm | | <input type="checkbox"/> 8 cm | <input type="checkbox"/> 8,1 a 15 cm |
| <input type="checkbox"/> 15,1 a 25 cm | | <input type="checkbox"/> Acima de 25 cm | |
| Comprimento médio dos galhos podados (cm): | | | |
| (*) Remoção ou queda de árvore inteira: | | | |
| CAP (cm): | | Altura total da árvore (m): | |
| Comprimento até a primeira ramificação: | | Altura da copa (m): | |
| Largura da copa (m): | | Outras informações: | |



Passo 2: Quantificação da composição física e gravimétrica média dos resíduos de poda e supressão de árvores

A determinação da composição física e gravimétrica de resíduos de poda possibilita a realização de estudos de aplicação de tecnologias de tratamento, reaproveitamento e reciclagem desses materiais, reduzindo assim o desperdício de um material nobre e a disposição destes em aterros. A metodologia aplicada para estes ensaios e utilizada no estudo de caso de Bertiooga atendem às seguintes referências:

1. NBR 10.007/2004 “Amostragem de resíduos sólidos”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), disponível pra aquisição [aqui](#)
2. Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste (ASTM D 5231/2016); disponível para aquisição [aqui](#)
3. “Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado” (VILHENA, 2018). Disponível [aqui](#)
4. Curso de gestão de resíduos da CETESB, 2017. Apostilas de 1999 na biblioteca da Cetesb de Pinheiros-SP (CETESB, 2017). Disponível para consulta na biblioteca da Cetesb, unidade de Pinheiros.



Composição física e gravimétrica de resíduos

Método quantitativo de avaliação da constituição de uma massa pré-determinada de resíduos, onde se determina o percentual de cada material em relação ao peso total da massa de resíduos.

Para a obtenção da amostra, inicialmente é realizado um estudo sobre a geração dos resíduos de poda e supressão na região a ser estudada para então escolher os caminhões a serem amostrados, objetivando-se a obtenção de uma amostra representativa da região. Se possível, pesar os caminhões antes e após o descarregamento do material e, em seguida, seguir com a amostragem.



Fluxograma de atividades do ensaio de determinação da composição física e gravimétrica de resíduos de poda e supressão de árvores

POR ONDE COMEÇAR?

Para o município de Bertiooga, o ensaio foi realizado durante 03 dias, com a obtenção de 05 amostras, provenientes de 05 caminhões de coleta de resíduos de poda e supressão, conforme **Tabela 1**. Os caminhões foram pesados cheios e vazios e foi determinada a massa coletada durante os 03 dias. Após o descarregamento do material, foi realizada amostragem representativa por meio de homogeneização e quartearamento, até a obtenção de massa necessária.

Tabela 1. Dados dos caminhões amostrados.

| Amostra | Data da coleta | Caminhão | Peso do caminhão cheio (kg) | Peso do caminhão vazio (kg) | Total coletado pelo caminhão (kg) | Peso da amostra (kg) |
|--------------|----------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| É-Poda-1 | 23/02/21 | OPO 8002 (Molise) | 10.750 | 8.970 | 1.780 | 19,05 |
| É-Poda-2 | 23/02/21 | Cata-poda* | 9.540 | 8.450 | 1.090 | 8,83 |
| É-Poda-3 | 24/02/21 | Jd. Vista Linda** | 9.850 | 8.400 | 1.450 | 57,70 |
| É-Poda-4 | 24/02/21 | Vista Linda | 12.880 | 9.650 | 3.230 | 59,0 |
| É-Poda-5 | 25/02/21 | Jd. Paulista | 9.500 | 8.290 | 1.210 | 38,15 |
| TOTAL | | | | | 8.760 | 182,73 |

*Diversos locais; **Supressão de árvore



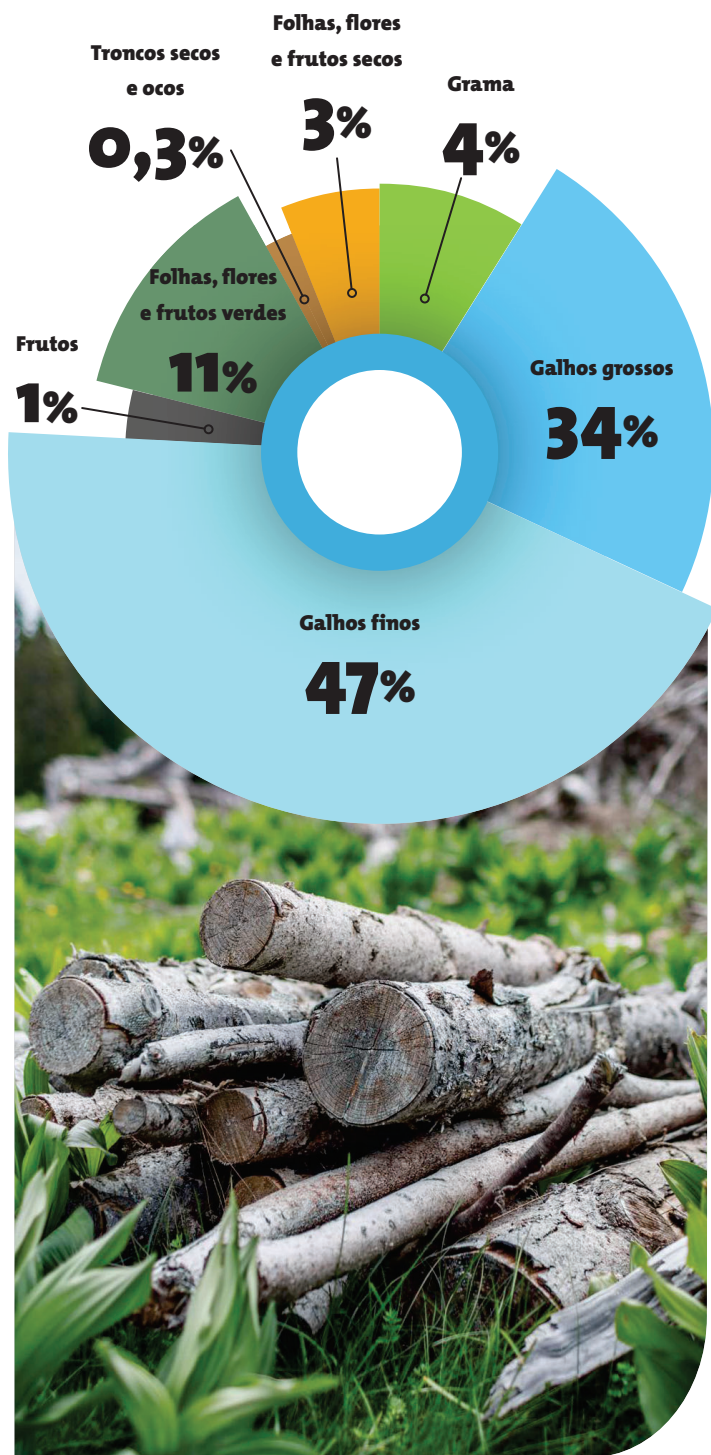
A amostra foi pesada em tambor de 200 litros, de massa conhecida, e assim determinada a massa específica dos resíduos (**Tabela 2**). Em seguida a amostra foi descarregada no solo, forrada com lona, e o material foi segregado nas seguintes frações: troncos; galhos grossos (maiores de 8 cm de diâmetro); galhos finos (menores de 8 cm de diâmetro); folhas, flores e frutos; e vegetação de capina. As frações foram pesadas separadamente e, assim, determinada a composição física e gravimétrica dos resíduos dispostos na Central de Resíduos de Bertiooga (**Tabela 2**).

Tabela 2. Resultados da massa específica e da composição física e gravimétrica dos resíduos.

| Determinações | É-Poda-1 | É-Poda-2 | É-Poda-3* | É-Poda-4 | É-Poda-5 | Média Ponderada |
|--|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------------|
| Densidade aparente (kg/m³) | 97 | 45 | 99 e 190 | 253 | 158 | 140 |
| Composição (%) | | | | | | |
| Troncos secos e ocós | - | - | 44 | - | - | 0,3 |
| Galhos grossos | 23 | 45 | 14 | 55 | 26 | 34 |
| Galhos finos | 58 | - | 19 | 39 | 58 | 47 |
| Folhas/flores/frutos/verdes | 16 | 23 | 21 | 7 | - | 11 |
| Folhas/flores/frutos/secos | - | - | - | - | 16 | 3 |
| Raízes | - | 4 | - | - | - | 1 |
| Grama | - | 28 | - | - | - | 4 |
| Frutos | 3 | - | - | - | - | 1 |
| Não arbóreo** | - | - | 2 | - | - | 0 |

*Foram obtidos 2 tambores; **Cana-de-açúcar, plantas de paisagismo

Composição dos resíduos de poda de Bertioiga (%)



Com base na composição obtida e, considerando uma geração mensal de resíduos de poda, de 180 t/mês (PMB, 2016), estima-se a massa de materiais dispostos na Central de Gerenciamento de Resíduos do município de Bertioiga, conforme apresentado na **Tabela 3**.

Tabela 3. Massa disposta mensalmente na Central de Gerenciamento de Resíduos de Bertioiga.

| Materiais | Massa disposta (t/mês) |
|-----------------------------|------------------------|
| Troncos secos e ocos | 0,62 |
| Galhos grossos | 60,54 |
| Galhos finos | 85,27 |
| Folhas/flores/frutos/verdes | 4,80 |
| Folhas/flores/frutos/secos | 19,02 |
| Raízes | 1,24 |
| Gramma | 1,03 |
| Frutos | 7,45 |
| Não arbóreo | 0,03 |

Além da caracterização gravimétrica dos resíduos, foram obtidas 01 amostra de folhas, frutos e flores; 01 amostra de galhos finos e 01 amostra de galhos grossos que foram encaminhadas para a Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental (**SIRGA**) da Unidade de Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente (**CIMA**) do IPT, para a realização de análises laboratoriais, conforme resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados das análises laboratoriais nas amostras de resíduos de poda.

| Determinações | pH | Teor de umidade (w%) | Teor de Matéria Orgânica (%) | Teor de voláteis 550 °C (%) |
|----------------------|------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Galhos grossos | 5,18 | 49,4 | 94,78 | 94,87 |
| Galhos finos | 5,66 | 48,2 | 93,56 | 93,64 |
| Folhas/flores/frutos | 5,88 | 57,7 | 88,85 | 89,05 |

As caracterizações quanto aos teores de umidade, matéria orgânica e voláteis, assim como a determinação do pH, auxiliam no desenvolvimento de tecnologias de tratamento de resíduos como, por exemplo, sistemas de compostagem aeróbia ou anaeróbia, tratamento térmico ou até mesmo sistemas de segregação mecanizada e trituração de resíduos.

Passo 3: Caracterização tecnológica das espécies de árvores analisadas: ensaios realizados em amostras de resíduos de poda e supressão de árvores.

Ensaio físico e mecânico

A **caracterização tecnológica da madeira de resíduos de poda e supressão de árvores por meio de ensaios físicos e mecânicos** é importante para indicar o potencial de uso da madeira destes resíduos para finalidade estrutural e para fabricação de móveis e pequenos objetos de madeira (POM).

Para caracterização tecnológica dos resíduos de poda e supressão das espécies de árvores analisadas utilizou-se a norma:

- ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira, que foi revisada em junho/2022 e desmembrada em sete partes. Os ensaios não sofreram alteração em relação à versão anterior e a parte referente aos ensaios está disponível para aquisição [aqui](#).

Segundo esta norma a caracterização objetiva parametrizar as propriedades físicas e mecânicas de forma genérica sem se preocupar com uso final, que dependerá desses parâmetros. Os parâmetros físicos e mecânicos sempre têm uma parcela associada à metodologia de ensaio, por isso a necessidade de seguir os padrões dos corpos de prova. Além disso, o material deve representar as características de madeira uniforme sem presença de medula ou defeitos como nós e inclinação das fibras, pois a presença destas anomalias afeta diretamente as propriedades físicas como a densidade, a retratibilidade e a resistência mecânica à compressão, bem como a sua rigidez (módulo de elasticidade). Portanto, foram especificados galhos ou troncos com pelo menos 80 mm de diâmetro e com comprimento superior a 1000 mm e preferivelmente no estado verde (ponto de saturação das fibras (PSF) com teor de umidade acima de 30%). Os ensaios físicos e mecânicos foram realizados no Laboratório de Tecnologia e Desempenho de Sistemas Construtivos – LTDC da Unidade de [Habitação e Edificações](#) do IPT.



Os **corpos de prova** são segmentos de madeira, com a forma de extração e seus dimensionais definidos por norma e que buscam representar as características da amostra.

A **densidade básica** da madeira é a massa específica convencional definida pela razão entre a massa seca pelo volume saturado. A massa seca é determinada mantendo-se os corpos de prova em estufa a 103°C até que a massa permaneça constante. O volume saturado (volume acima do ponto de saturação das fibras) é determinado em corpos de prova submersos em água até atingirem peso constante.

A **densidade aparente** da madeira é a massa específica obtida pela razão entre massa e volume, estando ambos na mesma umidade.

A **retratibilidade** é uma propriedade que determina o grau de estabilidade dimensional da madeira. Ela mede, nas direções axial, radial e tangencial da madeira, a redução de suas dimensões em função da secagem dos corpos de prova. Portanto, para esta análise, os corpos de prova devem conter umidade acima do ponto de saturação das fibras.

A **resistência** é a aptidão da matéria suportar tensões. A resistência é determinada convencionalmente pela máxima tensão que pode ser aplicada a corpos de prova isentos de defeitos do material considerado, até o aparecimento de fenômenos particulares de comportamento além dos quais há restrição de emprego do material em elementos estruturais. De modo geral estes fenômenos são os de ruptura ou de deformação específica excessiva.

A **rigidez** é a resistência de um corpo à deformação quando uma força é aplicada, ou seja, é a medida da resistência oferecida por um corpo à uma deformação. A rigidez dos materiais é medida pelo valor médio do módulo de elasticidade, determinado na fase de comportamento elástico-linear.

POR ONDE COMEÇAR?

Os ensaios físicos realizados para madeira verde foram os de densidades aparente a 12% e a básica e a retratibilidade, no caso da palheteira, enquanto que para as demais espécies de madeira abaixo do PSF, não foi realizado o ensaio de retratibilidade. Os ensaios mecânicos realizados foram o de resistência e módulo de elasticidade paralelo à direção das fibras e resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, corrigidos ao teor de umidade de 12%. Para os ensaios de resistência também foram apresentados, além da média, o valor característico, que corresponde ao percentil de 5% da distribuição de probabilidade que melhor se ajusta aos valores obtidos nos ensaios realizados sobre condições específicas. A determinação experimental deste valor depende, entre outros fatores, do número de ensaios, da distribuição e da variabilidade dos resultados dos ensaios. O ensaio de determinação do teor de umidade foi realizado para todas as espécies. O resumo dos resultados da avaliação das cinco espécies de árvores conhecidas popularmente, como: chapéu-de-sol, palheteira, figueira-benjamim, tipuana e jambolão – são apresentados na **Tabela 5**.

| Amostra | Densidade (kg/m ³) | | Compressão paralela às fibras (MPa) | | Cisalhamento paralela às fibras - f_v (MPa) |
|--------------------------|--------------------------------|--------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| | aparente a 12% | básica | Resistência f_{co} | Módulo de elasticidade - E_{co} | |
| chapéu-de-sol | | | | | |
| Média | 569 | 475 | 41,7 | 8913 | 9,3 |
| Valor característico | | | 39,1 | | 7,9 |
| palheteira | | | | | |
| Média | 733 | 601 | 43,5 | 10650 | 13,2 |
| Valor característico | | | 40,9 | | 10,0 |
| figueira-benjamim | | | | | |
| Média | 550 | 460 | 35,7 | 6827 | 9,5 |
| Valor característico | | | 31,0 | | 6,7 |
| tipuana | | | | | |
| Média | 621 | 485 | 41,1 | 10644 | 9,8 |
| Valor característico | | | 29,2 | | 6,9 |
| jambolão | | | | | |
| Média | 673 | 556 | 34,5 | 5716 | 10,6 |
| Valor característico | | | 34,5 | | 9,2 |

Tabela 5 – Resultados médios e característicos de densidade aparente, densidade básica, resistência e módulo de elasticidade à compressão, e resistência ao cisalhamento paralelo às fibras a 12% de teor de umidade.

A classe de resistência foi avaliada segundo a ABNT NBR 7190:1997, item 6.3.5, Tabela 9. Conforme esta norma, o chapéu-de-sol, a figueira-benjamim e o jambolão não poderiam ser enquadrados em nenhuma das classes de resistência. Já a palheteira se enquadra na classe C20 e pode ser usada em estruturas de madeira. No caso da tipuana, apesar de a densidade não se enquadrar na classe C20, possui propriedades de resistência e módulo de elasticidade os quais possibilitariam o seu uso em estruturas como C20.

Embora apenas a palheteira tenha atingido uma classe de resistência para uso com finalidade estrutural, todas as espécies avaliadas são indicadas para usos como mobiliários, brinquedos, utensílios diversos, como POM, ou para qualquer aplicação que não exija um rigor estrutural.

Ensaio físico-químico para verificação de potencial energético

Os resíduos de podas de árvores urbanas também têm potencial de uso energético, mas para entender esse potencial é necessário fazer a sua caracterização físico-química a partir de ensaios como as análises elementar e imediata e o poder calorífico. Conhecer as propriedades físico-químicas das biomassas, como os resíduos de árvores urbanas, é importante para definir e escolher o processo mais adequado de conversão energética dos referidos resíduos, sendo uma das etapas do planejamento quando se pensa em aproveitamento energético.

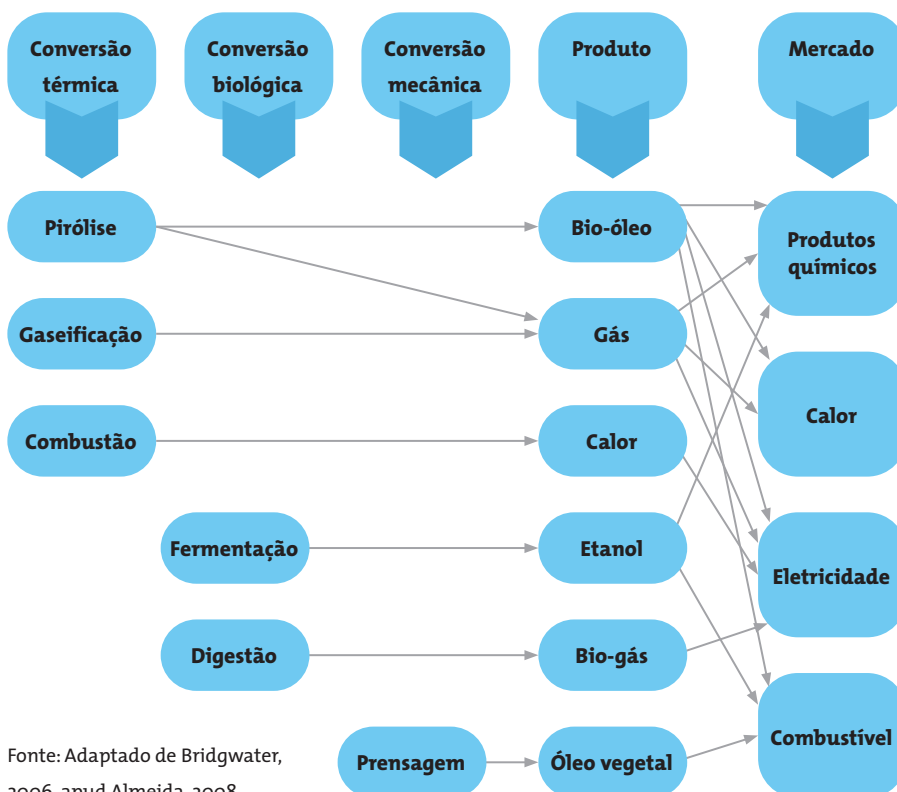
POR ONDE COMEÇAR?

A **análise química elementar CHNSO** determina o teor dos elementos que formam parte da composição química das biomassas que vão originar biocombustíveis, tais como: carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), enxofre (S), oxigênio (O) e outros componentes de menor importância. É considerada uma análise importante para avaliar a qualidade da biomassa para geração de energia.

A **análise imediata** define o teor, em percentagem, de massa de carbono fixo, materiais voláteis, cinzas e umidade. O conhecimento desses teores vai influenciar no rendimento e na eficiência dos processos de aproveitamento energético.

O **poder calorífico** de uma biomassa é uma das propriedades físico-químicas consideradas mais importantes na escolha de um combustível para uso em processos de aproveitamento energético. O poder calorífico é obtido utilizando uma bomba calorimétrica e é definido como a quantidade de energia liberada na queima completa de uma determinada massa de combustível. Sua quantificação se dá em termos da energia por quantidade de massa, sendo expressa em KJ/kg.

Combustão (queima de biomassa em altas temperaturas e na presença abundante de oxigênio produzindo vapor) gaseificação (a biomassa é queimada na ausência de oxigênio produzindo um gás inflamável chamado de *syngas*, ou gás de síntese) e pirólise (a queima da biomassa acontece em altas temperaturas, sem oxigênio, para acelerar o processo de decomposição e, os produtos obtidos podem ser líquidos, como o bio-óleo ou sólidos, como o carvão vegetal) são exemplos de processos termoquímicos para aproveitamento energético de biomassas. Dentre os processos bioquímicos têm-se a fermentação, para converter açúcar em etanol, e a digestão anaeróbica para produção de biogás. Os processos mecânicos podem ser exemplificados com a compactação de resíduos na forma de *pellets*, moagem ou picagem de biomassa e extração mecânica do óleo em filtro prensa (BRIDGWATER, 2006). A **Figura 1** resume esses processos, indicando seus produtos e aplicações.



Fonte: Adaptado de Bridgwater, 2006, apud Almeida, 2008.

Figura 1: Processos de conversão de biomassa, produtos e aplicações

Diante disso, pensando no planejamento para uso energético, iniciou-se o preparo das amostras de resíduos de poda de árvores urbanas (figueira-benjamim, tipuana, jambolão, palheteira e chapéu-de-sol) e a primeira atividade foi moer cada amostra em moinho de martelo para diminuir a granulometria até 2,80 mm. A partir dessa granulometria, as amostras foram caracterizadas *in natura* sendo necessária a preparação destas conforme os métodos propostos pelas normas ASTM E1757 ([disponível aqui](#)) e ISO 14780 ([disponível aqui](#)). Essa preparação foi realizada no Laboratório de Bioenergia e Eficiência Energética – LBE da Unidade de Energia do IPT, por meio das seguintes etapas: secagem e moagem, sendo necessária granulometria menor que 60 *mesh* para atender aos requisitos das normas empregadas na caracterização físico-química.

POR ONDE COMEÇAR?

Os métodos utilizados para os ensaios foram:

Determinação dos teores de carbono, hidrogênio e nitrogênio, baseada na ASTM D5373-21 – Método A: [\(disponível aqui\)](#).

Determinação do teor de carbono fixo, ASTM D3172-13(21)e1: [\(disponível aqui\)](#).

Determinação do teor de cinzas, baseada na ASTM D1102-84(21): [\(disponível aqui\)](#).

Determinação do teor de enxofre total, baseada na ASTM D4239-18e1 – Método A: [\(disponível aqui\)](#).

Determinação do teor de matérias voláteis, ASTM D1762-84(21): [\(disponível aqui\)](#).

Determinação do teor de oxigênio, ASTM D3176-15: [\(disponível aqui\)](#).

Determinação do poder calorífico, baseada na ASTM D5865/D5865M-19: [\(disponível aqui\)](#).

Determinação do teor de umidade, baseada na ASTM E871-82(19): [\(disponível aqui\)](#).

Os resultados dos ensaios físico-químicos das amostras de podas de árvores urbanas estão apresentados na **Tabela 6** e, foram realizados em base seca.

O teor de carbono é uma propriedade química com maior percentagem de massa na composição elementar das amostras avaliadas. Essa característica contribui na combustão, gerando mais energia. Para todas as amostras avaliadas, o valor médio foi determinado acima de 48%. As biomassas com maiores teores de carbono indicam um grande potencial para serem utilizadas em processos térmicos (SANTOS *et al.*, 2011).

Já as concentrações elevadas de enxofre e nitrogênio, segundo Oberberger (2005), contribuem negativamente para a saúde humana e para o meio ambiente. Isto acontece devido à formação de óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO_2) durante a combustão das biomassas, porém em amostras de espécies de origem florestal, esses índices são baixos. As amostras apresentaram composição similar quanto à análise elementar (CHNSO).



POR ONDE COMEÇAR?



As amostras apresentaram uma baixa variação em relação aos resultados de Poder Calorífico Inferior (PCI) e Poder Calorífico Superior (PCS) que podem estar relacionados aos valores baixos para os teores de umidade. O teor de cinzas pode ser considerado elevado para amostras de origem florestal e, pode estar relacionado ao fato de os ensaios terem sido realizados com casca.

Tabela 6: Resultados dos ensaios físico-químicos das amostras de poda de árvores urbanas do projeto.

| Ensaio | Amostras de podas de árvores urbanas | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | figueira-benjamim | tipuana | jambolão | palheteira | chapéu-de-sol |
| No material seco: | | | | | |
| Carbono - % massa | 49,1 | 48,4 | 49,2 | 49,3 | 49,7 |
| Hidrogênio - % massa | 6,18 | 6,06 | 6,12 | 6,46 | 6,03 |
| Nitrogênio - % massa | 0,5 | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| Oxigênio - % massa | 38,10 | 39,91 | 40,78 | 42,04 | 39,47 |
| Enxofre - % massa | < 0,1 | 0,13 | < 0,1 | < 0,1 | 0,10 |
| Cinzas - % massa | 6,1 ± 1,2 | 4,6 ± 0,9 | 3,3 ± 0,7 | 1,7 ± 0,4 | 4,1 ± 0,8 |
| Materiais voláteis - % massa | 73,2 | 73,8 | 76,2 | 78,7 | 73,6 |
| Carbono fixo - % massa | 20,7 | 21,6 | 20,5 | 19,6 | 22,3 |
| Poder calorífico - MJ/kg* | | | | | |
| Superior | 18,78 ± 0,11 | 19,19 ± 0,11 | 19,21 ± 0,11 | 19,51 ± 0,11 | 19,46 ± 0,11 |
| Inferior | 17,45 | 17,88 | 17,89 | 18,12 | 18,16 |
| Umidade total - % massa | 11,2 | 12,4 | 13,8 | 9,8 | 18,7 |

*1MJ/kg = 238,8 kcal/kg; a incerteza expandida é baseada em uma incerteza padronizada combinada, multiplicada por um fator de abrangência $k = 2,00$, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95%.

É possível também calcular a estimativa de potencial de geração de energia elétrica a partir dos resíduos de árvores urbanas. Para isso é necessário ter alguns parâmetros como o volume de resíduos disponível, a densidade básica das espécies, o poder calorífico inferior (PCI), o teor de umidade dos resíduos e a eficiência de conversão termelétrica. Assim, a potência poderá ser calculada a partir do potencial de geração de energia elétrica e o fator de capacidade do equipamento que irá gerar a energia (COELHO *et al.*, 2020).

Usos potenciais dos resíduos de poda da arborização urbana

Informações de cada uma das espécies analisadas no projeto

A seguir são apresentadas as fichas técnicas contendo um resumo das características e usos potenciais de cada espécie.



Chapéu de sol

Terminalia catappa

Origem Áreas litorâneas da Índia, Indochina,

Malásia, Austrália, Oceania, Filipinas e Taiwan

Altura até 35m **DAP** até 150cm

Aplicação ornamental, gramados, recuperação áreas degradadas.

Madeira baixa densidade, estabilidade dimensional, eventuais rachaduras na secagem

Poder calorífico (MJ/kg):

superior 19,46 ± 0,11; **inferior** 18,16

Densidade: aparente 569 kg/m³(12% umidade);

básica 475 kg/m³

Compressão paralela às fibras (MPa):

módulo de elasticidade 8913 Eco ;

resistência (média) 41,7 fco

Cisalhamento paralelo às fibras (Mpa):

(média) 9,3 fv

Não se enquadra em nenhuma classe de resistência especificada na norma NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira.

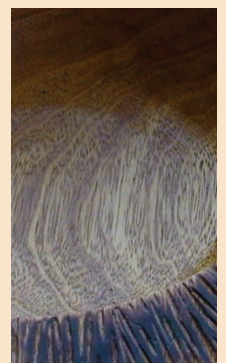
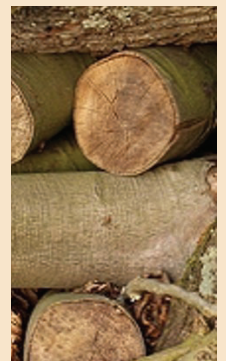
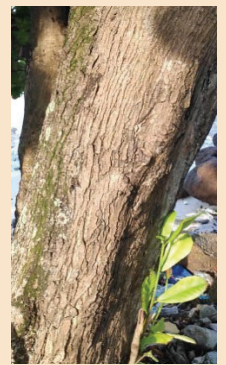
*Amostras de madeira de supressão de árvore da arborização urbana de Bertioga, coletadas p/ ensaios físicos e mecânicos - galhos maiores de 8 cm e comprimento de 1,5 m; e partes do tronco com comprimento total de 1,5 m**

Informações complementares

*IPT, 2021 – Projeto de Capacitação: Soluções Técnicas para gestão de resíduos de árvores urbanas de Bertioga/SP – “É Poda!” – Relatório Técnico 162313-205.

KLINGENBERG et al., 2020

FRANCIS (1989) apud CHAGAS (2009)



Usos indicados mobiliários, brinquedos, utensílios diversos ou para qualquer aplicação que não exija um rigor estrutural.



Ficus benjamim

Ficus Benjamina

Origem Malásia, Índia, Filipinas, Tailândia

Altura até 40m **DAP** até 100 cm

Aplicação não deve ser usada em vias públicas, por possuir raízes muito agressivas

Madeira baixa densidade, boa estabilidade dimensional, eventuais rachaduras na secagem

Poder calorífico (MJ/kg):

superior 18,78 ± 0,11; **inferior** 17,45

Densidade: aparente 550 kg/m³(12% umidade);

básica 460 kg/m³

Compressão paralela às fibras (MPa):

módulo de elasticidade 6827 Eco ;

resistência (média) 35,7 fco

Cisalhamento paralelo às fibras (Mpa):

(média) 9,5 fv

Não se enquadra em nenhuma classe de resistência especificada na norma NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira.

Amostras de madeira de poda de árvore da arborização urbana da CUASO/USP, coletadas p/ ensaios físicos e mecânicos - galhos maiores de 8 cm e comprimento de 1,0 m.

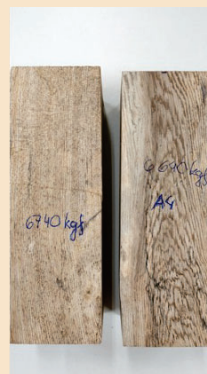
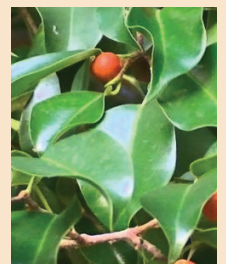
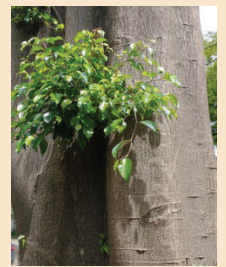
Informações complementares

SILVA Jr. & LIMA, 2010, p. 78.

FERREIRA et al., 2015

VALE, SARMENTO & ALMEIDA, 2005

KLINGENBERG et al., 2020



Usos indicados mobiliários, brinquedos, utensílios diversos ou para qualquer aplicação que não exija um rigor estrutural.



Jambolão

Syzygium cumini

Origem Índia, Filipinas e Sri Lanka

Altura até 25 m **DAP** até 100 cm

Aplicação paisagística ornamental, quebra-vento

Madeira esbranquiçada e durável – boa resistência a água, cupins e brocas.

Poder calorífico (MJ/kg):

superior 19,21 ± 0,11; **inferior** 17,89

Densidade: aparente 673 kg/m³(12% umidade);

básica 556 kg/m³

Compressão paralela às fibras (MPa):

módulo de elasticidade 5716 Eco;

resistência (média) 34,5 fco

Cisalhamento paralelo às fibras (Mpa):

(média) 10,6 fv

Não se enquadra em nenhuma classe de resistência especificada na norma NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira.

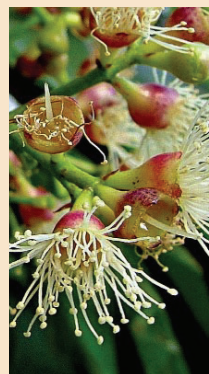
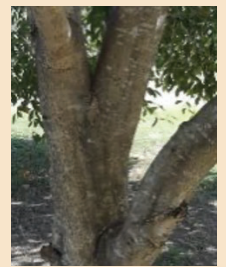
Amostras de madeira de poda de árvore da arborização urbana da CUASO/USP, coletadas p/ ensaios físicos e mecânicos - galhos maiores de 8 cm e comprimento de 1,0 m.

Informações complementares

SILVA Jr. & LIMA, 2010.

VALE, SARMENTO & ALMEIDA, 2005

PORTAL SÃO FRANCISCO



Usos indicados mobiliários, brinquedos, utensílios diversos ou para qualquer aplicação que não exija um rigor estrutural.



Palheteira, Sombreiro

Clitoria fairchildiana

Origem Brasil – Região Norte, Floresta Ombrófila Densa na Amazônia, disseminada em outras regiões.

Altura até 15m **DAP** até 50 cm

Aplicação arborização urbana – parques, jardins e estradas, recuperação de áreas degradadas.

Madeira moderadamente pesada, de baixa resistência

Poder calorífico (MJ/kg):

superior 19,51 ± 0,11; **inferior** 18,12

Densidade: aparente 733 kg/m³(12% umidade); básica 601 kg/m³

Compressão paralela às fibras (MPa):

módulo de elasticidade 10650 Eco;

resistência (média) 43,5 fco

Cisalhamento paralelo às fibras (Mpa):

(média) 13,2 fv

Enquadra-se na classe C20 de resistência especificada na norma NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira.

*Amostras de madeira de supressão de árvore da arborização urbana de Bertioga, coletadas p/ ensaios físicos e mecânicos - galhos maiores de 8 cm e comprimento de 1,5 m; e partes do tronco com comprimento total de 1,5 m**

Informações complementares

*IPT, 2021 – Projeto de Capacitação: Soluções Técnicas para gestão de resíduos de árvores urbanas de Bertioga/SP – “É Poda!” – Relatório Técnico 162313-205.

HORTO BOTÂNICO CRUZ, 2019.



Usos indicados estruturas de madeira, mobiliários, brinquedos, utensílios diversos.



Tipuana

Tipuana tipu

Origem Argentina e Bolívia

Altura até 12 m **DAP** 160 cm

Aplicação ornamental

Madeira moderadamente pesada, cerne e alborno indistintos, branco-amarelados; grã direita e irregular; baixa durabilidade ao ataque de cupins, brocas e xilófagos.

Poder calorífico (MJ/kg):

superior 19,19 ± 0,11; **inferior** 17,88

Densidade: aparente 621 kg/m³(12% umidade);

básica 485 kg/m³

Compressão paralela às fibras (MPa):

módulo de elasticidade 10644 Eco;

resistência (média) 41,1 fco

Cisalhamento paralelo às fibras (Mpa):

(média) 9,8 fv

Apesar da densidade não se enquadrar na classe C20, da norma NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira, possui propriedades de resistência e módulo de elasticidade que possibilitariam o seu uso.

Amostras de madeira de poda de árvore da arborização urbana da CUASO/USP, coletadas p/ ensaios físicos e mecânicos - galhos maiores de 8 cm e comprimento de 1,0 m.

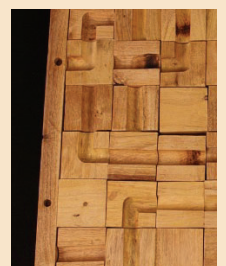
Informações complementares

SILVA Jr. & LIMA, 2010.

KLINGENBERG, NOLASCO & DIAS, 2018.

BRAZOLIN et al., 2011; ROLLO, 2009

[RICHTER et al, 2019](#); [REMADE, 2021](#)



Usos indicados estruturas de madeira, mobiliários, brinquedos, utensílios diversos.

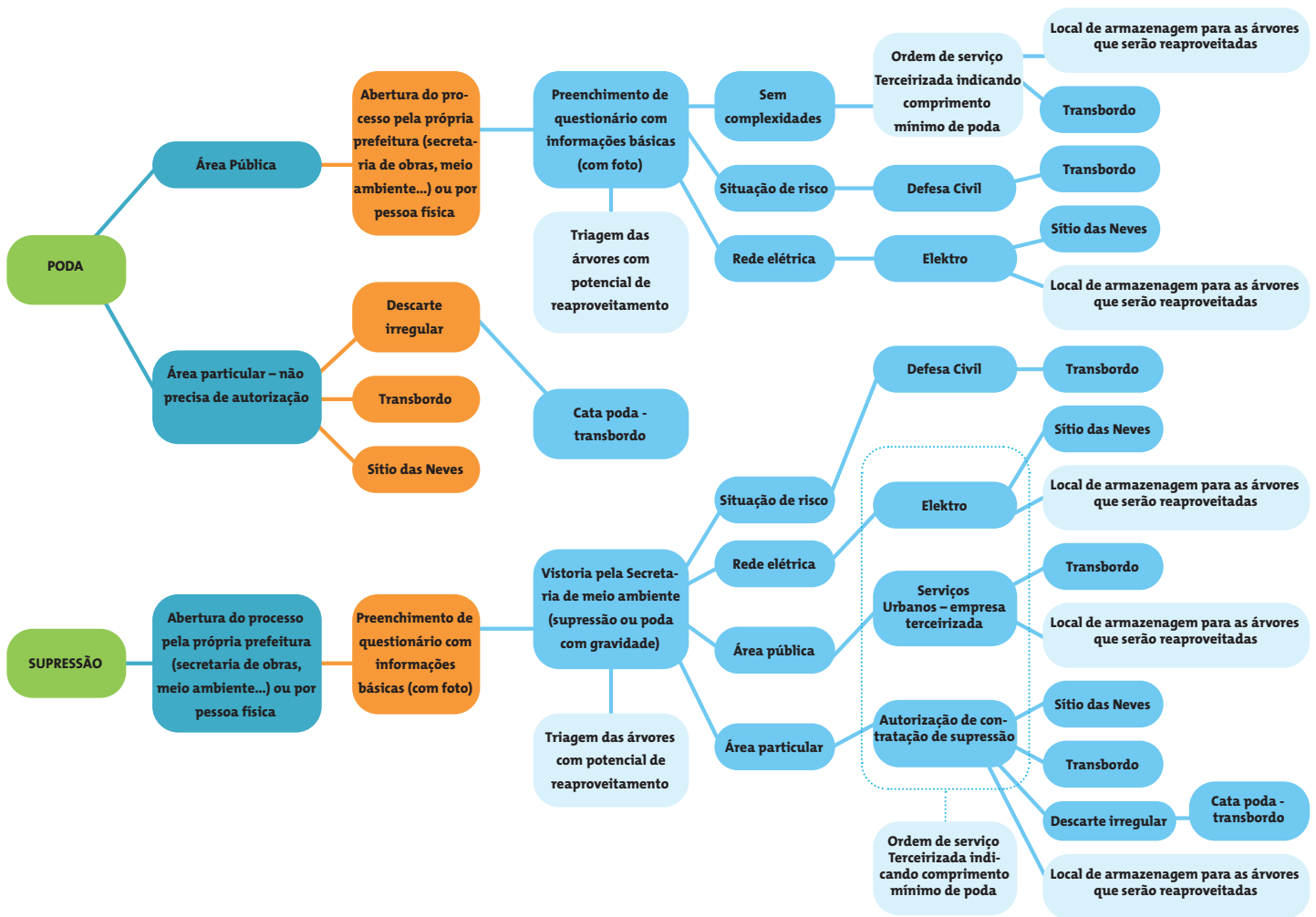


Construindo um sistema para reaproveitamento de resíduos de poda

Repensando o sistema atual de poda inserindo o reaproveitamento dos resíduos

Para construir um sistema para reaproveitamento de resíduos de poda é necessário ajustar alguns procedimentos e avaliar a estrutura disponível, verificando a necessidade de novos equipamentos e reforma de espaços.

- Ajustes no processo de poda e supressão de árvores, conforme fluxograma proposto para Bertioiga
- Avaliar o volume de resíduos gerados, definindo:
 - Principal tipo de resíduo a ser reaproveitado (ex.: em Bertioiga o maior volume é de galhos finos – principal uso: POM, como artesanato)



CONSTRUINDO UM SISTEMA PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE PODA

- Resíduos secundários (ex.: em Bertioga a serragem pode ser misturada com resina para confecção fazer objetos de decoração)
- **Avaliar a estrutura existente e a necessária**
 - Construção, aquisição ou reforma de galpão de armazenagem de resíduos a reaproveitar
 - Estrutura para transformar os resíduos em produtos (ex.: serraria, marcenaria)
 - Aquisição de novos equipamentos (ex.: picador para compostagem e para uso energético)
- **Definir parceiros para o reaproveitamento dos resíduos (ex.: associação de artesãos, cooperativas)**
- **Ressaltar os benefícios relacionados ao aproveitamento dos resíduos de poda**

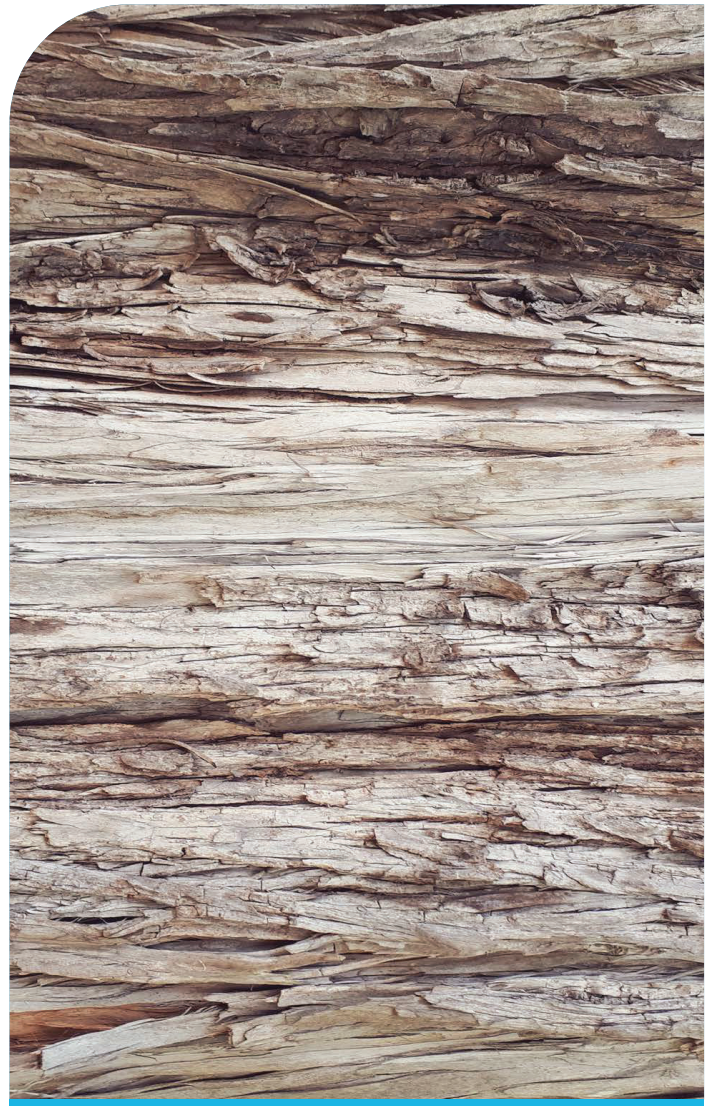
BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

- **Redução das emissões de gases de efeito estufa nos aterros sanitários:**

A reutilização e reciclagem dos resíduos de poda contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa nos aterros sanitários, principalmente as emissões de metano. De acordo com Inácio *et al.* (2010), 1,0 mg de resíduos orgânicos apresenta um fator de emissão de cerca de 0,85 t CO₂ equivalente, referente às emissões de metano, em um período de 10 anos. Se enviada para compostagem, essa mesma quantidade de resíduos geraria apenas 0,084 t CO₂ equivalente, resultando em potencial de redução de emissões de metano de até 90 %.
- **Fixação de carbono em produtos de madeira:**

A partir da densidade básica pode-se calcular a quantidade de carbono por metro cúbico de madeira verde, sendo que a massa de carbono é a metade do valor da densidade básica. Tomando-se a

amostra de figueira-benjamim como exemplo a qual possui densidade básica de 460 kg/m³, tem-se que, em cada m³ da árvore existe 230 kg de carbono, que, multiplicado pelo valor da relação entre os pesos moleculares do CO₂ e do C (3,666), se transforma em 843 kg de CO₂. Com essas informações para cada espécie, pode-se calcular o carbono fixado em produtos de madeira de poda e o correspondente valor em CO₂.





BENEFÍCIOS SOCIAIS

- **Potencial para geração de emprego e renda**

A exploração de diferentes rotas tecnológicas para utilização dos galhos de poda em pequenos objetos de madeira (POM) ou componentes construtivos modulares, demonstrou um rico potencial de aplicação da madeira de espécies até então muito pouco aproveitadas, tirando partido da diversidade de suas cores e texturas, desde que as propriedades sejam compatíveis com o uso pretendido. Com equipamentos e ferramentas tradicionais da marcenaria (tais como serra de fita, serra circular, desengrossadeira, lixadeira e torno de

bancada), ou utilizando máquinas de fabricação digital comumente disponíveis em *FabLabs*, pode-se conseguir resultados surpreendentes. Pode-se explorar as formas rústicas naturais dos galhos ou desdobrá-los em pranchas ou bolachas, aparelhadas ou não; toronar as seções mais retilíneas dos galhos, criando cilindros ou peças mais sinuosas e/ou com concavidades para uso em mobiliário ou utensílios decorativos; ou ainda gerar peças modulares menores que podem se transformar em elementos conectores, compor painéis em mosaico (com inúmeras aplicações em interiores) ou ainda darem origem a jogos e brinquedos, de caráter educativo ou não.

CONSTRUINDO UM SISTEMA PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE PODA

- **Uso em programas educativos**

Os componentes gerados pelo pré-processamento da madeira de poda – envolvendo os processamentos primário (desengrosso, desdobro, secagem, tratamento eventual contra pragas) e secundário (transformação do material em peças e/ou componentes

em formatos similares aos comerciais) permitem sua utilização em programas educativos voltados a alunos de cursos técnicos ou universitários, como as oficinas de curta duração, atividades didáticas e de iniciação científica realizadas junto aos cursos de arquitetura, urbanismo e design da FAUUSP.



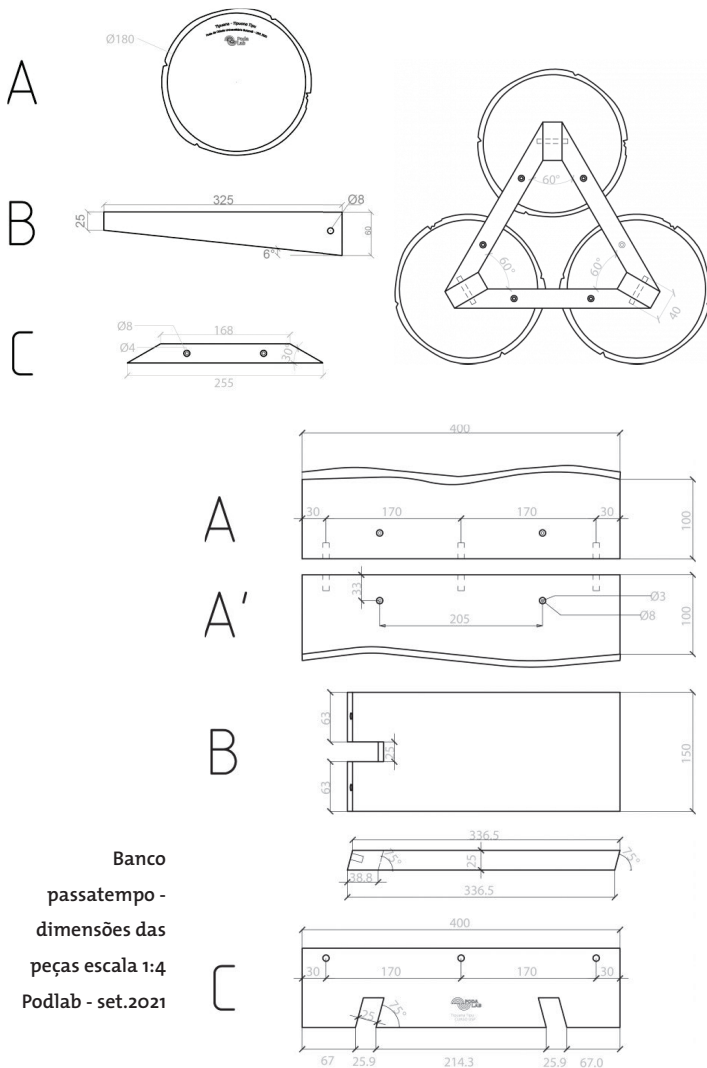
Foto do tabuleiro final em madeira.



Jogo com embalagem em papelão.



CONSTRUINDO UM SISTEMA PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE PODA



• Alternativa para população vulnerável

A utilização do material pode representar uma importante alternativa, a custo reduzido ou subsidiado pelo Poder Público ou outras fontes geradoras para artesãos ou populações vulneráveis dos centros urbanos, com apoio de oficinas de capacitação e treinamento, como as realizadas pela equipe da FAUUSP junto ao Fórum de Saberes Artesanais da Ubatuba, quando, para demonstração do potencial de aproveitamento da madeira de poda, foram elaborados projetos simples de banquinhos e disponibilizados aos artesãos locais no formato de *open-design*, preparados os componentes e montados junto com eles durante o evento, em outubro de 2021.

Neste contexto em especial, os artesãos vinham enfrentando muitas dificuldades para encontrar madeira de procedência legal na região para trabalharem, devido ao fato da maior parte do território do município ser composto por Mata Atlântica protegida por legislação ambiental. Esta alternativa, portanto, representou uma nova perspectiva para eles, passando a ser, inclusive, garantida por legislação municipal específica.



BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

- Aumento da vida útil dos aterros sanitários existentes (menor necessidade de investimento em construção de novo aterro e aquisição de novos terrenos para implantação de aterros)
- Aumento e diversificação da atividade econômica local (empreendedorismo com uso de resíduos/economia circular)
- Economia de gastos com mobiliários e outros objetos que possam ser substituídos pelos feitos com os resíduos
- Impulsionamento ao empreendedorismo sustentável

Diversos negócios de design têm surgido e se destacado no país no nicho de produtos sustentáveis ou *eco-chic*, criando e comercializando móveis e pequenos objetos com emprego da madeira de poda, onde até mesmo pequenos defeitos são explorados como diferencial. Um dos casos é o DaPoda-Design Living Lab, que nasceu do próprio grupo de pesquisa da FAUUSP e foi contemplado com a premiação internacional *What Design Can Do* em 2021.



Ateliê Pedro Petry

O empresário, com uma carreira de 35 anos, desde o início aplicou princípios da sustentabilidade e da economia circular em seu negócio: valorizou a origem e as características da madeira, minimizou desperdícios e prolongou a vida útil dos materiais. E assim construiu uma linguagem própria, pautada na pesquisa e experimentação. Em seu processo criativo ele dialoga com a madeira e combina outros materiais, como metal, vidro e acrílico. Suas soluções construtivas incorporam fendas, falhas, buracos, rachaduras e irregularidades; parte da personalidade e originalidade das suas peças vêm destes detalhes, que geralmente são considerados *defeitos* - como o processo de 'costura' de rachaduras, com cipó-titica trefilado, cozido e alvejado.

Jovem, ao acompanhar o processo de manejo das árvores e etapas operacionais de uma fábrica de móveis, percebeu o desperdício de matéria-prima (aparas) ao longo da cadeia produtiva; buscou oportunidades de aproveitamento do material rejeitado e, ao identificá-las, procurou se capacitar, realizando cursos no Brasil e na Alemanha.

Hoje seu ateliê, alocado em um galpão de 2.000 m², na cidade de Itú/SP, conta com showroom, estoque, almoxarifado, marcenaria completa e serralheria, além de pátio de estocagem com 3.000 m², onde as madeiras são classificadas por espécies, dimensões e tipologia. A matéria prima utilizada (em média, 12 m³/mês de madeira bruta) vem de madeiras que praticam manejo florestal certificado na região Amazônica e de podas e supressões de árvores em áreas urbanas particulares. Em interação com podadores autônomos, ele consegue indicar previamente os melhores modos de corte, obtendo peças de maiores dimensões que geram produtos de maior valor agregado - quando a árvore é removida por completo, aproveita até as raízes.

O manejo do material recebido é feito com empilhadeira (toras pequenas) ou caminhão com munck (toras grandes). As madeiras são numeradas, catalogadas e permanecem no pátio para secagem - em média, por dois anos. A remoção de galhadas, seguida do pré-corte das madeiras, favorece produções em maior escala, pois: padroniza as dimensões, acelera a secagem, reduz o volume ocupado, facilita a armazenagem paletizada e o inventário do material. O ateliê já trabalhou com mais de 320 espécies entre exóticas e nativas, cujas amostras compõem uma rica xiloteca.

Os diferenciais do seu processo produtivo são: desenvolvimento de ferramental apropriado e capacitação constante de sua equipe de marceneiros, com foco na estruturação de uma linha de produtos, pautada em diferentes escalas, que abrange: de objetos de decoração à arquitetura de interiores; de peças únicas, produzidas por encomenda, a peças seriadas, comercializadas no varejo.

Serraria Ecológica de Guarulhos

Guarulhos é segunda maior cidade do estado de São Paulo, Brasil, e por meio de sua Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA), investe há mais de uma década em práticas sustentáveis que visam, sobretudo, valorizar resíduos de manejo arbóreo urbano empregando-os na qualificação de espaços públicos com produtos madeireiros oriundos de tais resíduos. O município produz cerca de 20 m³/dia de resíduos de podas e remoções de árvores na área urbana. No primeiro semestre de 2020, mais de 1.900 podas foram realizadas, sendo que 80% dos resíduos – volume composto por folhas, ramos e galhos – destinaram-se à compostagem, e os outros 20% (troncos, galhos grossos e supressões de árvores condenadas) à fabricação de móveis, playgrounds, decks, sarrafos e outros utensílios voltados às áreas públicas do município. Nos primeiros quatro meses de 2020, foram produzidos 882 metros lineares de madeiramento, além de 48 toneladas de composto.

- O processo de beneficiamento dos troncos de maior diâmetro ocorre na Serraria Ecológica, unidade que desde 2018 é vista como modelo para outros municípios que ainda destinam os seus resíduos arbóreos a aterros sanitários. De acordo com o supervisor da unidade, Irênio Mota, o aproveitamento do material se distribui de acordo com os seguintes usos: a) folhas, ramos e galhos de dimensões menores são triturados, passam pela compostagem, e o adubo orgânico é utilizado no plantio de árvores, na produção de mudas e no paisagismo das áreas verdes do município; b) os galhos de diâmetro intermediário são utilizados como lenha; c) os troncos de maior diâmetro são desdobrados e empregados na construção civil (ripas, caibros, vigas e pontaletes), na produção mobiliário público, brinquedos educativos e pequenos objetos de madeira (POM) e; d) a serragem proveniente dos processos de usinagem é doada para propriedades rurais. A destinação de cada tipo de madeira se dá conforme parâmetros de densidade, durabilidade, aparência e formato original do resíduo arbóreo.



Parcerias para o reaproveitamento de resíduos de poda

Integração de diferentes atores para a melhoria do processo

A implementação de políticas públicas e/ou de planos de gestão bem-sucedidos voltados ao reaproveitamento dos resíduos de poda – seja no âmbito de municípios, bairros, parques, condomínios ou outros perfis de território – depende do contato, troca de informações, experiências e interação entre todos os agentes envolvidos nas diferentes etapas de manejo do material, conforme preconizado pelo 17º objetivo de desenvolvimento sustentável – ODS 17. Estes agentes podem ter ligação direta com o processo, tais como órgãos públicos, agências reguladoras, empresas, prestadores de serviço e fornecedores de equipamentos; ou oferecerem diversos tipos de suporte ao seu funcionamento. Neste contexto a articulação com os sistemas de ciência e tecnologia – C&T, e de pesquisa e desenvolvimento – P&D é fundamental, já que mudanças no processo podem exigir pesquisas e soluções inovadoras voltadas à evolução dos processos de reaproveitamento e ampliação de benefícios ambientais, econômicos e sociais; e envolvem professores-pesquisadores, consultores, especialistas e suas instituições de origem, como universidades, laboratórios e institutos de pesquisa.

Este é o objetivo da Rede PodaLab, que abrange estes dois perfis de atores, incluindo desde serrarias, marcenarias, artistas, designers, cooperativas, *startups*, universidades, consultores, entre outros, e encontra-se disponível no link: <https://sites.usp.br/podalab/rede-poda-lab/>



Referências

ALMEIDA, M.B.B. **Bio-óleo a partir da pirólise rápida, térmica ou catalítica, da palha da cana de açúcar e seu co-processamento com gasóleo em craqueamento catalítico**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2008, 149p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 5231/2016**: Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. Pensilvania, EUA, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.007/2004**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 03 de agosto de 2010, p. 02.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento-SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2019. Brasília, SNS/MDR, 2020. 244p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: MMA, 2022. 209p.

BRAZOLIN, S., FILHO, M. T., YOJO, T., NETO M. A. O., CHAGAS, M.P. E MOUTINHO, V. H. P. Avaliação do lenho biodeteriorado de árvores de tipuana (*Tipuana tipu*) em área urbana: análise macroscópica e massa específica aparente. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 291-299, set. 2011.

BRIDGWATER, T., 2006. Biomass for energy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 12, p. 1755-1768.

CHAGAS, M. P. Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores *Grevillea robusta* A. Cunn., *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009. Disponível em: < Microsoft Word - CHAGAS_MATHEUS_PERES.doc (usp.br) > Acesso em 17 de dezembro de 2021.

COELHO, S. T. *et al.* **Atlas de bioenergia do Estado de São Paulo**. São Paulo: IEE – USP, 2020. 250p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Curso de gestão de resíduos da CETESB, 2017**. São Paulo, CETESB, 2017. (Apostilas de 1999 na biblioteca da Cetesb de Pinheiros-SP). Disponível para consulta na biblioteca da Cetesb, unidade de Pinheiros.

CRUZ, E. D. Germinação de sementes de espécies amazônicas: palheiteira (*Clitoria fairchildiana* R.A.Howard). Comunicado técnico 314. Belém, PA: Embrapa, 2019. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1113311/1/ComTec314.pdf> > Acesso em 17 de janeiro de 2022.

DETZEL CONSULTING. **Relatório do inventário da arborização urbana de Bertioga**. Inventário e proposta de Plano Diretor da arborização urbana de Bertioga. Curitiba, PR, Detzel Consulting, 2010. 72p.

FERREIRA, K. B. et al. Caracterização físico-química da madeira de *Ficus benjamina*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2., Belo Horizonte. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia da Madeira, 2015. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/123274920-li-congresso-brasileiro-de-ciencia-e-tecnologia-da-madeira-belo-horizonte-20-a-22-set-2015.html> >. Acesso em 16 de dezembro de 2021.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE. **SEADE Municípios**: Bertioga 2022. Disponível em <https://municipios.seade.gov.br/>. Acesso em 18 nov. 2022.

REFERÊNCIAS

- HORTO BOTÂNICO – Museu Nacional. Clitoria fairchildiana. Disponível em: <https://www.museunacional.ufrj.br/hortobotanico/arvoresearbus-tos/clitoriafairchildiana.html> Acesso em: 21 de novembro de 2022.
- INÁCIO, C. T.; BETTIO, D. B.; MILLER, P. R. M. **O papel da compostagem de resíduos orgânicos urbanos na mitigação de emissão de metano.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 22p.
- KLINGENBERG, D.; NOLASCO, A. M.; DIAS Jr, A. Propriedades físicas de sete espécies provenientes da arborização urbana. In: XVI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira / III Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos / SP, 2018.
- KLINGENBERG, D.; NOLASCO, A. M.; DIAS Jr. A.; SOUZA, E. C. de. Propriedades tecnológicas de sete espécies provenientes da arborização urbana. In: GONÇALVES, F. G. (org.). Engenharia Industrial Madeireira: tecnologia, pesquisa e tendências. Guarujá: Editora Científica, 2020, p. 305–316. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articulos/201101966.pdf>. Acesso em 16 de dezembro de 2021.
- MELLUCCI, A. M.; LIMA, D. V.; FAJERSZTAJN, H. Gestão de resíduos de podas na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO) – USP. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU, 13., 2020, São Paulo. **Anais...** Disponível em <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/nutau2020/41.pdf> Acesso em 23 nov. 2022.
- OBERNBERGER, Ingwald; BRUNNER, Thomas; BÄRNTHALER, Georg. Chemical properties of solid biofuels—significance and impact. **Bio-mass and bioenergy**, v. 30, n. 11, p. 973-982, 2006.
- PORTAL SÃO FRANCISCO. Jambolão – O que é. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/bem-estar/jambolao>. Acesso em 16 de dezembro de 2021
- PREFEITURA DO CAMPUS USP DA CAPITAL - PUSP-C. **CUASO em números.** 2022. Disponível em <https://puspc.usp.br/cuaso-em-numeros/>. Acesso em 18 nov. 2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA BALNEÁRIA DE BERTIOGA - PMB. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Bertiooga, 2016. Disponível em http://www.bertiooga.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/04/PGIRS-BERTIOGA-29_04_16.pdf . Acesso em 22 nov. 2022.
- REMADE. Madeiras bolivianas e exóticas. Disponível em: <http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/1355/madeiras-bolivianas-e-exoticas/tipa>. Acesso em 16 de dezembro de 2021.
- RICHTER, H.G. E DALLWITZ, M.J. Madeiras comerciais – Tipua-na tipu. 2019. Disponível em: <https://www.delta-intkey.com/wood/pt/www/paptipti.htm> Acesso em 16 de dezembro de 2021.
- ROCHA, A. J. F. et al. Destinação sustentável do resíduo da poda de árvores urbanas. In: **XV Safety, Health and Environment World Congress**, XV. 2015. p. 137-141.
- ROLLO, F. M. A., Identificação de padrões de resposta à tomografia de impulso em tipuanas (Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze). Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.
- SILVA Jr., M. C. & LIMA, R. M. C. 100 árvores urbanas – Brasília: guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2010.
- SOUZA, C. A.; GUIMARÃES, C. C.; VELASCO, G. Del N. Reaproveitamento de resíduos de poda e sua colaboração para atingir os objetivos de desenvolvimento sustentável. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU, 13., 2020, São Paulo. **Anais...** Disponível em <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/nutau2020/40.pdf>. Acesso em 18 nov. 2022.
- VALE, A. T.; SARMENTO, T. R. & ALMEIDA, A. N. (Caracterização e uso de madeiras de galhos de árvores provenientes da arborização de Brasília, DF. In: Ciência Florestal. Santa Maria/RS, 2005. [online]. v.15 (4). 411-420. ISSN 1980-5098. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26437620_Caracterizacao_e_uso_de_madeiras_de_galhos_de_arvores_provenientes_da_arborizacao_de_Brasilia_DF Acesso em 16 de dezembro de 2021.
- VILHENA, André (Coord. Geral). **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo, SP, Compromisso Empresarial para Reciclagem-CEMPRE, 2018. 316p. Disponível em: https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/6-Lixo_Municipal_2018.pdf . Acesso em 07 de dezembro de 2022.



Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Av. Prof. Almeida Prado, 532
Cidade Universitária - São Paulo - SP
CEP 05508-901 - Brasil



www.ipt.br



facebook.com/iptsp



www.instagram.com/ipt_oficial/



www.linkedin.com/school/iptsp



youtube.com/IPTbr



ISBN: 978-65-5702-013-5

