
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

**APROVEITAMENTO DE MADEIRAS DE PODAS DA ARBORIZAÇÃO
URBANA: ÁREAS DO TRAÇADO INICIAL DE MARINGÁ/PR**

Sheila Luz

Orientador: Prof. Dr. Carlos Humberto Martins

Maringá, Janeiro/2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

**APROVEITAMENTO DE MADEIRAS DE PODAS DA ARBORIZAÇÃO
URBANA: ÁREAS DO TRAÇADO INICIAL DE MARINGÁ/PR**

Sheila Luz

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, da Universidade Estadual de Maringá - UEM, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Humberto Martins.

Maringá, Janeiro/2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

L979a Luz, Sheila
Aproveitamento de madeiras de podas da arborização urbana: áreas do traçado inicial de Maringá/PR / Sheila Luz -- Maringá, 2012.
130 f. , il. , figs. , tabs. , mapas

Orientador: Prof. Dr. Carlos Humberto Martins
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2012.

1. Madeira - Resíduos. 2. Poda de Árvores. 3. Madeira - Aproveitamento. I. Martins, Carlos Humberto, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. III. Título.

CDD 21.ed. 620.12

JLM000423

SHEILA LUZ

APROVEITAMENTO DE MADEIRAS DE PODAS DA
ARBORIZAÇÃO URBANA: ÁREAS DO TRAÇADO INICIAL DE
MARINGÁ/PR

Dissertação apresentada à Universidade Estadual
de Maringá, como parte das exigências do Pro-
grama de Pós-Graduação em Engenharia Urbana,
na área de concentração Infra-estrutura e Sistemas
Urbanos, para obtenção do título de Mestre.

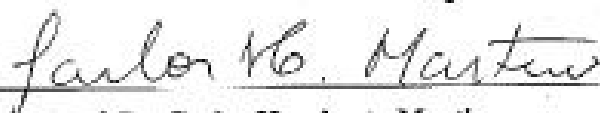
APROVADA em 24 de janeiro de 2012.



Prof. Dr. Bruno C. Domingos De Angelis



Prof. Dr. Jorge Daniel de Melo Moura



Prof. Dr. Carlos Humberto Martins

Orientador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

*A Deus, por estar comigo em todas as etapas da minha
vida, e nesta, mais uma vez.*

*Aos meus pais Maurílio e Gelta, aos meus avós Anísio e
Anália, aos meus irmãos Marcelo e Geisa e ao meu
esposo Ton.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por tornar as coisas possíveis para mim, mesmo quando elas são impossíveis.

Ao meu orientador, Professor Carlos Humberto Martins, que tornou possível a existência deste trabalho, por ter acreditado no meu potencial, idealizado e construído conjuntamente este trabalho e seus desdobramentos, pela essencial participação e contribuição.

Ao Coordenador do PEU, Professor Generoso De Angelis Neto, sempre atento e disponível a todos os alunos, e ao secretário Douglas pela agilidade e prontidão.

Aos Professores Bruno Luiz Domingos De Angelis, José Luiz Miotto, Jorge Daniel de Melo Moura, pelas contribuições dadas ao trabalho para as bancas de exame qualificação e defesa.

À CAPES por ter subsidiado essa pesquisa.

Ao meu esposo, presente em todas as fases deste trabalho, providenciando a logística da pesquisa de campo, e formatações, e pelos momentos em que me ausentei para a finalização da pesquisa. Agradeço à sua compreensão.

Aos meus queridos pais, Maurílio e Gelta, que dedicaram a mim amor, tempo, educação e recursos financeiros para ensinar que sonhos e vocação são prioridades, se tornam objetivos e viram realidade.

Ao meu irmão Marcelo, pelo apoio e ombro amigo, por ter me acompanhado também ao longo da pesquisa nos momentos de coleta de amostras.

A Geisa, minha irmã, que despertou em mim o interesse pela pesquisa. E, desde o primeiro projeto até a leitura e correções do trabalho final, esteve me aconselhando e ajudando. A sua ajuda foi essencial.

Agradeço a Hedy Lamar, minha sogra, por me acompanhar diversas vezes na etapa de levantamento de dados na Prefeitura Municipal de Maringá, e também nas podas. E também ao Ederval, meu sogro, pelo apoio em diversas formas manifestado.

Aos amigos adquiridos no convívio do mestrado, pelas horas de trabalho e pesquisa com a minha amiga Priscila Pati Barbosa e pelo o apoio do colega Paulo Germano com mapas.

Aos marceneiros Silva, Flávio, Enéias e Adriano, que sempre serão a minha equipe. Dedicaram parte de seu tempo na preparação e corte das amostras de madeira de poda.

À Semusp e ao Setor de Parques e Jardins da Prefeitura Municipal de Maringá/PR, que permitiram a realização da pesquisa provendo dados sobre a arborização e podas da cidade. E aos funcionários das equipes de poda e remoção da Semusp, que me receberam e me auxiliaram nas coletas das amostras.

À Companhia de Energia Elétrica do Paraná (COPEL) de Maringá, que me recebeu e permitiu a pesquisa sobre as podas que realiza na região de Maringá e pela colaboração do Técnico Florestal Milton Figueiredo.

À Profa. Célia Tavares, pelo apoio na utilização dos laboratórios do Departamento de Engenharia Química da Uem, e à ajuda da Engenheira Química Elenice Abreu, que me acompanhou na realização dos ensaios feitos no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental.

RESUMO

Caracterizada como cidade verde devido à presença de 28.153 árvores na área do traçado inicial de Maringá, que consiste hoje nas áreas denominadas das zonas 1 até a zona 10 e zona 12, foi desenhada pelo engenheiro Jorge Macedo de Vieira, encarregado pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP) para a realização do projeto, que imprimiu ao desenho da cidade o caráter das soluções do tipo *garden city* (SAMPAIO, 2006; REGO, 2001). A CMNP investiu em pessoas capacitadas para planejar também a arborização, com isso foram plantadas na cidade varias espécies, e essa variedade permite florações subseqüentes em diferentes locais da cidade durante a maior parte do ano, reforçando o princípio estético do projeto e implementando a qualidade de vida na área urbana. Por meio da arborização planejada, os moradores da cidade de Maringá podem desfrutar dos benefícios que ela gera, e devido a essa premissa existe a preocupação com a qualidade atual dessa arborização e, por fim, com o resíduo florestal das podas e remoções realizadas por órgãos públicos e privados. A pesquisa tem como objetivo geral elencar formas de aproveitamento das madeiras das podas e remoções da arborização viária da cidade de Maringá/PR, com foco nas espécies arbóreas da área do traçado inicial da cidade. Foram realizadas entrevistas na Secretaria Municipal de Serviços Públicos (SEMUSP), setor da Prefeitura de Maringá responsável pelos procedimentos de poda e remoção da arborização, a fim de se obter dados sobre a realização das podas e sobre a gestão dos resíduos de podas no que tange a madeira da arborização, além do acompanhamento das podas e visitas ao local de disposição desses resíduos, que, até o ano de 2011, se encontram depositados na pedreira municipal de Maringá. Foram separados para este estudo as três espécies arbóreas mais frequentes na cidade: *Caesalpinia peitophoroides* (Sibipiruna), *Tabebuia avellanedae* (Ipê Roxo) e a *Tipuana tipu* (Tipuana), e, das podas dessas espécies, examinou-se três formas de aproveitamento da madeira. E devido aos cortes de poda pensou-se em aproveitar a madeira de poda para galhos com no mínimo 5 cm de diâmetro em diante e também dos fustes, com isso as três formas de aproveitamento estudadas foram referente a transformação da madeira em pequenos objetos de madeira (POM), e ainda como elementos estruturais na construção civil e na transformação da madeira em carvão vegetal. Para essas verificações, amostras de madeiras de poda da arborização viária foram coletadas e submetidas a análises das características físico-químicas das madeiras de acordo com as normas: ABNT NBR 14660:2004 (preparação da amostragem), ABNT NBR 11941:2003 (densidade básica) e ABNT NBR 14984:2003 (densidade aparente de cavacos), esses ensaios vão constatar a possibilidade do uso da madeira na fabricação de POM, e a norma ABNT NBR 7190:1997 modelo simplificado (determinação da classe de resistência da madeira) que verifica se essas madeiras se encaixam em alguma classe de madeira utilizada como elemento estrutural de construção civil, e os ensaios para a fabricação de carvão e análise imediata do carvão ANBT NBR 8112:1986. De acordo com os resultados dos ensaios, constatou-se que as madeiras de poda do Ipê Roxo se encaixa no padrão de alta densidade, o que indica maior resistência, e a Sibipiruna, se classifica como madeira de densidade moderada, podendo ser utilizada em móveis, já a Tipuana foi caracterizada como baixa densidade, ideal para fabricação de POM, neste caso as peças podem ser trabalhadas manualmente. Os resultados obtidos em laboratório mostraram que a madeira de poda tem potencial elevado de aproveitamento dentro da norma de estruturas de madeira (ABNT NBR 7190:1997) com o Ipê Roxo na

classe C 40, a Sibipiruna na classe C 30 e a Tipuana na classe C 20. Para a produção de carvão foi identificado que as espécies com potencial para a carbonização, são o Ipê Roxo e a Sibipiruna. O aproveitamento dessas madeiras poderá ser motivado e efetuado pela Prefeitura do Município de Maringá por meio de projetos sociais, reintegrando pessoas e provendo renda.

Palavras-Chave: Podas de árvores; Madeira; Aproveitamento.

ABSTRACT

Characterized as green city due to the presence of 28,153 trees in the area of the initial outline of Maringa, which nowadays consists in the named areas of zones 1 to zone 10 and zone 12, was designed by the engineer Jorge Macedo de Vieira, in charge of Companhia Melhoramentos Norte do Parana (CMNP) for the releasing of the project which printed on the city outline the character of solutions *garden city* type (SAMPAIO, 2006; REGO, 2001). CMNP invested on people also capable of planning afforestation, planting a lot of species in the city and allowing subsequent flowerings in different places of the city during most of the year, reinforcing the aesthetical principle of the project and implementing the quality of life in the urban area. Through planned afforestation, the inhabitants of Maringa are able to make use of the benefits it generates and, due to this premise, there is a concern with the current quality of this afforestation and, in the end, with the forest residue of the pruning and relocation done by public and private sectors. The research aims in a general way to elicit ways to use wood from the pruning and relocation of the street afforestation in Maringa, focusing on the species of trees in the areas of the initial outline of the city. Interviews were released in the Public Services County Secretary (SEMUSP), department of Maringa city hall responsible for the pruning procedures and relocation of the trees, in order to obtain data on the pruning and on residue management concerning afforestation wood, apart from the observation of pruning and visiting the place of storage of this residue which, until 2011, was placed in the county quarry. The three most frequent tree species chosen for this study were: *Caesalpinia peitophoroides* (Sibipiruna), *Tabebuia avellanedae* (Ipê Roxo) and the *Tipuana tipu* (Tipuana) and, from the pruning of these species, it was examined three ways of using the wood. And, due to the pruning cuts, it was considered to use such wood from branches with the minimum of 5cm of diameter onwards and also the shafts, therefore the three ways of using wood studied were related to the transformation of wood in small wooden objects (SMO), and also as structural elements in the civil construction and transformation of wood in vegetable coal. For these conclusions samples of the pruned wood from the street afforestation were collected and taken under analysis of physical chemical characteristics of the wood according to the standards: ABNT NBR 14660:2004 (preparing for sampling), ABNT NBR 14984:2003 (apparent density of splinters), these rehearsals will testify the possibility of the use of the wood in the making of SWO, and standard ABNT NBR 7190:1997 simplified model (determination of the degree of wood resistance) which verifies that this wood matches any type of wood used as structural element of civil construction, and the rehearsals for the making of coal and immediate analysis of the coal ABNT NBR 8112:1986. According to the rehearsal results, it was verified that the wood from pruning of *Ipê Roxo* suits the standard of high density, which means more resistant, and *Sibipiruna* classifies as moderate density, which may be used in furniture. On the other hand, *Tipuana* was characterized as being low density, ideal for the making of SWO, in this case, pieces can be dealt manually. The obtained results in laboratory show that pruning wood has got elevated usage potential considering the standard of wood structure (ABNT NBR 7190:1997) with the *Ipê Roxo* on the C 40 type, *Sibipiruna* on the C 30 and *Tipuana* on C 20. For the making of coal it was noticed that the species with potential for carbonization are the *Ipê Roxo* and *Sibipiruna*. The use of these types of wood will be able to be motivated and practiced by Maringa City Hall through social projects, reintegrating people and providing income.

Key words: Trees pruning; Wood; Usage.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE SIGLAS	XV
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Geral	19
1.1.2 Específicos	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Arborização.....	21
2.1.1 Arborização urbana – benefícios	22
2.1.2 Requisitos e cuidados com a arborização viária	24
2.1.3 Práticas de Poda e Remoção	26
2.2 Características da madeira	28
2.2.1 Biodegradação da madeira.....	30
2.3 Defeitos da madeira.....	31
2.3.1 Fatores anatômicos	31
2.3.2 Defeitos de secagem	32
2.4 Resíduos sólidos verdes urbanos.....	33
2.4.1 Classificação dos resíduos de poda e remoção.....	36
2.4.2 Propriedades físicas da madeira para a verificação dos usos.....	37
2.4.2.1 <i>Umidade</i>	38

2.4.2.2	<i>Densidade</i>	39
	2.4.2.2.1 <i>Densidade Básica e Aparente</i>	40
2.5	Aplicações dos resíduos de poda	41
2.5.1	Principais formas de aproveitamento	42
2.6	Companhia Paranaense de Energia (Copel) – Arborização de vias públicas..	52
2.6.1	Podas realizadas pela Copel	54
2.6.1.1	<i>Execução da tarefa de poda</i>	54
2.6.1.2	<i>Casos especiais de poda</i>	57
2.7	O caso da arborização do Município de Maringá/PR	58
2.7.1	A arborização do Município de Maringá – pedidos de podas e quedas de árvores	61
2.8	APROVEITAMENTO DE MADEIRA DA ARBORIZAÇÃO PELA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ/PR	62
2.8.1	Produção das esculturas	63
3	METODOLOGIA	68
3.1	Local de estudo	68
3.2	A pesquisa	69
3.2.1	Caracterização e gestão do sistema de poda e remoção de árvores.....	69
3.2.2	Organização da pesquisa	70
3.3	Quantificação dos resíduos de poda e remoção	71
3.3.1	Definição da amostragem das espécies	71
3.3.2	Acompanhamento das equipes de poda e coleta de madeira de poda	74
3.3.3	Quantificação da biomassa total de poda: serviços da Prefeitura Municipal ...	76

3.3.4	Verificação do potencial de aproveitamento dos resíduos de madeira da arborização urbana na produção de carvão e produtos sólidos de madeira.....	77
3.3.5	Caracterização física da madeira de poda e remoção	77
3.3.5.1	<i>Amostragem e preparação para análise ABNT NBR 14660:2004.....</i>	<i>77</i>
3.3.5.2	<i>Determinação da densidade básica ABNT NBR 11941:2003</i>	<i>78</i>
3.3.5.3	<i>Determinação da densidade aparente de cavacos ABNT NBR 14984:2003</i>	<i>79</i>
3.3.6	Determinação da classe de resistência das madeiras	81
3.3.6.1	<i>Umidade ABNT NBR 7190:1997.....</i>	<i>82</i>
3.3.6.2	<i>Densidade</i>	<i>83</i>
3.3.6.3	<i>Densidade Aparente.....</i>	<i>83</i>
3.3.6.4	<i>Ensaio de compressão paralela às fibras ABNT NBR 7190:1997.....</i>	<i>84</i>
3.3.7	Avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana na produção de lenha e de carvão vegetal	86
3.3.7.1	<i>Carbonização</i>	<i>87</i>
3.3.7.2	<i>Qualidade do carvão.....</i>	<i>88</i>
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
4.1	Caracterização do serviço de poda e remoção de árvores no Município de Maringá/PR	90
4.1.1	Solicitação e encaminhamento de serviços de poda e remoção da arborização urbana no Município de Maringá.....	90
4.1.2	Execução do serviço de poda e remoção pela Prefeitura Municipal	91
4.1.2.1	<i>Custos das podas e remoção</i>	<i>93</i>
4.1.3	Podas realizadas pela Copel em Maringá/PR.....	93

4.2	Caracterização do sistema de gestão dos resíduos de madeira da arborização urbana em Maringá/PR.....	94
4.3	Quantificação dos resíduos de madeira da arborização urbana no Município de Maringá	96
4.3.1	Verificação densidade básica (ABNT NBR 11941:2003) e densidade aparente dos cavacos (ABNT NBR 14984:2003) das madeiras de poda urbana.....	97
4.4	Ensaio de umidade, densidade básica, densidade aparente e compressão paralela às fibras (ABNT NBR 7190:1997)	98
4.4.1	Umidade.....	98
4.4.2	Densidade	100
4.4.2.1	<i>Densidade básica.....</i>	<i>100</i>
4.4.2.2	<i>Densidade aparente</i>	<i>103</i>
4.4.2.2.1	<i>Influência da umidade na densidade aparente da madeira</i>	<i>104</i>
4.4.3	Ensaio de compressão paralela às fibras	106
4.4.3.1	<i>Valores característicos das propriedades da madeira.....</i>	<i>109</i>
4.5	Carbonização dos resíduos de madeira da arborização urbana.....	115
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aspectos macroscópicos da madeira, camadas	29
Figura 2 - Madeira verde de <i>Pinus spp</i> com a presença de fungos.....	31
Figura 3 - Possibilidade de aproveitamento de resíduos da madeira de poda	42
Figura 4 - Serragem de madeira	43
Figura 5 - Processos de compostagem.....	43
Figura 6 - <i>Pellets</i> de madeira	45
Figura 7 - Custos de Energia Bruta para a Demanda de Energia da Instalação de 1500 kW	45
Figura 8 - <i>Bripell</i> de madeira.....	46
Figura 9 - Chapas de Madeira reconstituída à base de serragem.....	47
Figura 10 - Madeira laminada colada.....	49
Figura 11 - Sistema de emenda dentada	49
Figura 12 - Caminho de madeira feito de galhos e fustes fatiados	50
Figura 13 - Brinquedo de tora roliça.....	50
Figura 14 - Placa revestida com madeira de poda de macieira.....	51
Figura 15 - Parede inteira revestida com madeira de poda de macieira.....	51
Figura 16 - Decorativos e móveis de resíduo de madeira	52
Figura 17 - Rede primária (alta tensão) convencional antes da poda da árvore e Rede primária (alta tensão) convencional após a poda da árvore	55
Figura 18 - Rede secundária (baixa tensão) convencional antes da poda da árvore e Rede secundária (baixa tensão) após a poda da árvore	56
Figura 19 - Equipamento picador 3 em 1	56
Figura 20 - Arborização durante e após a poda com o equipamento 3 em 1	57
Figura 21 - Árvore que caiu em cima de um veículo com o condutor, na Avenida Brasil Centro de Maringá no dia 22/11/2011	62
Figura 22 - Eucalipto retirado de trás da biblioteca central da Uem	62
Figura 23 - Peça de madeira escolhida para a escultura “A Leitora”	63
Figura 24 - Rosto da escultura é o ponto inicial da peça.....	64
Figura 25 - Detalhes das mãos e cabelos da peça artística de madeira	64
Figura 26 - Escultura “A Leitora”	65
Figura 27 - Tora de Eucalipto cortada para a peça “O Imigrante”.....	65
Figura 28 - Etapa inicial da escultura “O Imigrante”	66
Figura 29 - Escultura “O Imigrante”.....	66
Figura 30 - Peça “O Imigrante”, instalada próximo à passarela central.....	67
Figura 31 - Mapa do Paraná destacando o Município de Maringá/PR	68

Figura 32 - Cidade de Maringá e Área do Plano Piloto subdividida em zonas	69
Figura 33 - Fluxograma da coleta de dados e execução da pesquisa, iniciada em março de 2011	70
Figura 34 - Frequência (%) das Principais espécies da Área do Plano Piloto de Maringá/ PR, subdivididas por zonas	72
Figura 35 - Método de coleta e separação das amostras da madeira de poda	74
Figura 36 - Poda geral de sibipiruna, Rua Santa Joaquina de Vedruna, 26 de maio de 2011	74
Figura 37 - Corte da espécie Tipuana, na máquina serra fita.....	75
Figura 38 - Corte da espécie Sibipiruna, na máquina serra fita.....	75
Figura 39 - Corte da espécie Ipê Roxo na máquina serra fita	76
Figura 40 - Ensaio de determinação da densidade básica.....	78
Figura 41 - Tubo de 1,5 x 0,29 m com flange.....	79
Figura 42 - Flange usada no tubo para fechar a passagem dos cavacos.....	80
Figura 43 - Disco de acordo com a ABNT NBR 14984:2003.....	80
Figura 44 - Sistema de tubo, flange e disco para o ensaio de densidade aparente de cavacos	81
Figura 45 - Corpo-de-prova para ensaio de compressão paralela.....	85
Figura 46 - Corpo de prova na prensa hidráulica	86
Figura 47 - Corpo de prova que se rompeu após tensão exercida pela prensa hidráulica ...	86
Figura 48 - Paisagem das espécies, 2011	87
Figura 49 - Mufla Quimis a 450° C carbonizando as madeiras.....	87
Figura 50 - Ipê Roxo e Sibipiruna após a queima em Mufla a 450° C	88
Figura 51 - Tipuana após a queima em Mufla a 450° C	88
Figura 52 - Procedimento das formas de solicitações para a realização da poda e remoção no Município de Maringá/PR, 2011	90
Figura 53 - Pedreira Municipal de Maringá, local de disposição dos resíduos de poda urbana 2011	94
Figura 54 - Entulhamento de galhos, ramos e folhas na pedreira municipal de Maringá, 2011	94
Figura 55 - Entulhamento de galhos, ramos e folhas na pedreira municipal de Maringá, 2011	95
Figura 56 - Entulhamento de fustes e galhos na pedreira municipal de Maringá, 2011	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Subdivisões das árvores	30
Tabela 2 - Quantidade e destinação de resíduos de poda urbana	35
Tabela 3 - Uso tradicional dos resíduos de madeira	42
Tabela 4 - Frequência (F) em porcentagem das 10 principais espécies arbóreas encontradas em toda a população amostrada da pesquisa de Sampaio (2006).....	72
Tabela 5 - Relação de espécies podadas pela SEMUSP que foram coletadas como amostras para as análises, e seus respectivos endereços.....	73
Tabela 6 - Ensaio laboratoriais para caracterização física das podas	77
Tabela 7 - Definição das atividades de poda, desbarra e remoção, e critérios para execução dos serviços.....	92
Tabela 8 - Custo das operações de poda e remoção de árvores no Município de Maringá/PR, em 2011	93
Tabela 9 - Custo de poda das árvores pela Copel no ano de 2010.....	93
Tabela 10 - Relatório de serviços executados referentes à arborização no mês de abril de 2011	96
Tabela 11 - Relatório de serviços executados referente à arborização no período de novembro de 2010 a abril de 2011.....	97
Tabela 12 - Ensaio densidade básica e densidade aparente de cavacos.....	97
Tabela 13 - Teor de umidade feito de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Sibipiruna (dicotiledônea)	98
Tabela 14 - Teor de umidade feito de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Tipuana (dicotiledônea).....	99
Tabela 15 - Teor de umidade feito de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Ipê Roxo (dicotiledônea).....	100
Tabela 16 - Densidade básica de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Sibipiruna (dicotiledônea)	101
Tabela 17 - Densidade básica de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Tipuana (dicotiledônea).....	101
Tabela 18 - Densidade básica de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Ipê Roxo (dicotiledônea).....	102
Tabela 19 - Determinação da densidade aparente relacionada a U% - Sibipiruna.....	103
Tabela 20 - Determinação da densidade aparente relacionada a U% - Tipuana.....	103
Tabela 21 - Determinação da densidade aparente relacionada a U% - Ipê Roxo	104
Tabela 22 - Densidade aparente corrigida a umidade 12% - Sibipiruna.....	104
Tabela 23 - Densidade aparente corrigida a umidade 12% - Tipuana.....	105

Tabela 24 - Densidade aparente corrigida a umidade 12% - Ipê Roxo	105
Tabela 25 - Relação de resistências obtidas com as madeiras dos corpos de prova - Sibipiruna.....	106
Tabela 26 - Relação de resistências obtidas com as madeiras dos corpos de prova - Tipuana	107
Tabela 27 - Relação de resistências obtidas com as madeiras dos corpos de prova – Ipê Roxo	107
Tabela 28 - Valores de resistência, a umidade padrão de 12% - Espécie Sibipiruna	108
Tabela 29 - Valores de resistência, a umidade padrão de 12% - Espécie Tipuana	108
Tabela 30 - Valores de resistência, a umidade padrão de 12% - Espécie Ipê Roxo.....	109
Tabela 31 - Relação de tensão corrigida dos corpos de prova – Espécie Sibipiruna	110
Tabela 32 - Relação de tensão corrigida dos corpos de prova – Espécie Tipuana	111
Tabela 33 - Relação de tensão corrigida dos corpos de prova – Espécie Ipê Roxo	112
Tabela 34 - Valores característicos das madeiras de poda (Sibipiruna, Tipuana e Ipê Roxo).	115
Tabela 35 - Classe de resistência das dicotiledôneas.....	115
Tabela 36 - Componentes obtidos com a carbonização dos resíduos da arborização urbana do Município de Maringá/PR.....	116
Tabela 37 - Qualidade de carvão de três espécies da arborização urbana.....	117

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CMNP – Companhia Melhoramentos Norte do Paraná
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNEM – Comissão Nacional de Energia Nuclear
COPEL – Companhia Paranaense de Energia Elétrica
DAP – Diâmetro a Altura do Peito
EPC – Equipamento de Proteção Coletiva
EPI – Equipamento de Proteção Individual
FAO – Organização Mundial para a Alimentação
HDF – High Density Fiberboard
IAP – Instituto Ambiental do Paraná
IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISA – International Society of Arboriculture
ISO – International Organization for Standardization
MDF – Medium density fiberboard
MLC – Madeira Laminada Colada
MIT – Manuais de Instruções Técnicas da COPEL
NAC – Normas Administrativas da COPEL
NBR – Norma Brasileira Registrada
ONG – Organização Não Governamental
OSB – Oriented Strand Fiberboard
PEU – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
PMM – Prefeitura Municipal de Maringá
POM – Pequeno Objeto de Madeira
PRNS – Política de Regionalização de Resíduos Sólidos
RSS – Resíduos do Serviço de Saúde
RCD – Resíduos da Construção Civil
SBAU – Sociedade Brasileira de Arborização Urbana
SEDU – Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano
SEMUSP – Secretaria Municipal de Serviços Públicos
UEM – Universidade Estadual de Maringá
USP – Universidade de São Paulo

1 INTRODUÇÃO

A prática da poda foi inserida no Brasil, historicamente, pelos imigrantes europeus, unicamente para as árvores frutíferas (pereiras, macieiras, pessegueiros, etc.), tendo em vista a maior produção de frutos. A poda é uma prática antiga, utilizada em jardins clássicos europeus, visando estimular a produção de flores. Por causa dessa cultura, no meio urbano a poda foi adotada com fins estéticos ou fitossanitários. (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002). Na arborização, a poda é realizada essencialmente com quatro intuitos:

a) de limpeza: Eliminam-se os ramos envelhecidos, em excesso, mortos, lascados, doentes ou praguejados.

b) de formação: Os ramos laterais são retirados até uma altura recomendada de 1,80 m, para não prejudicar o futuro trânsito de pedestres e veículos sob a copa. Essa poda, normalmente, é feita no viveiro ou no local definitivo, quando a muda plantada é menor do que a recomendada.

c) de contenção: É realizada com o objetivo de adequar a copa da árvore ao espaço físico disponível, em função de um plantio inadequado. A recomendação geral é manter um mínimo de 30% da copa, conservando-se, sempre que possível, o formato original.

d) emergencial: É feita para remover as partes da árvore que ameacem a segurança da população, das edificações e outras instalações, como as redes aéreas, elétrica e telefônica. É uma poda realizada para resolver uma emergência. A duração da interferência é curta e, normalmente, o efeito estético é desagradável.

A condução da poda de árvores urbanas deve ser feita com o direcionamento de um profissional habilitado. Comumente, prefeituras ou empresas de fornecimento de energia elétrica não dispõem de técnicos especializados e, por isso, procuram resolver apenas seus problemas mais imediatos, realizando verdadeiras mutilações nas árvores, o que gera um grande volume de resíduos (BARNEWITZ, 2006).

A arborização urbana influencia na melhoria das condições de vida nos centros urbanos. Com o crescimento populacional das cidades, as mesmas deparam-se com a falta de um planejamento urbano organizado e estruturado (MELO; ROMANINI, 2007).

O ambiente urbano possui impedimentos para o crescimento das árvores, como por exemplo: a contaminação do solo e compactação, podas drásticas, pequena variação de espécies, depredação, estresse hídrico, temperaturas extremas e iluminação noturna, entre

outros fatores que colaboram com a diminuição da saúde dessas árvores (MENEGETTI, 2003).

A arborização do Município de Maringá representa qualidade de vida, proporciona bem-estar aos seus moradores. No entanto, levanta-se uma questão quanto à destinação final das madeiras de podas e remoções, considerando a riqueza desse resíduo florestal.

A proposta do aproveitamento desse resíduo de madeira da arborização urbana surgiu da necessidade de enfrentar um problema que vem se agravando nos municípios brasileiros, que é a ausência do gerenciamento dos resíduos de poda.

De acordo com Meira (2010), a ausência desse gerenciamento resulta em altos custos para os municípios, comprometendo grandes áreas para disposição, aumento do risco de incêndio em aterros e terrenos baldios, deterioração da paisagem, poluição do ar e da água. Tal procedimento conduz ao desperdício de materiais com potencial energético e de matéria-prima que poderia ser aplicada na fabricação de produtos sólidos de madeira e na compostagem.

A madeira é um recurso que pode ser aproveitado por estar presente no cotidiano das pessoas, em setores diversificados: na construção civil como em esquadrias, material de revestimentos de paredes, pisos, forros, estruturas de pontes e de cobertura, formas; na indústria de fabricação de papéis, combustíveis e substâncias químicas orgânicas; na indústria moveleira; na fabricação de instrumentos musicais, de artigos esportivos, de ferramentas, de lápis; na fabricação de chapas de fibras de madeira, de madeira compensada e de madeira aglomerada entre outras aplicações (DIAS; LAHR, 2004)

A arborização viária de Maringá tem um histórico iniciado pela empresa de colonização Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, que tinha por objetivo manter a arborização local e privilegiar o relevo. E esta premissa deu destaque à cidade, sendo sempre caracterizada pelos turistas e moradores como uma cidade arborizada (REGO, 2001).

Considerando este planejamento inicial da arborização do Município de Maringá, foi identificada a necessidade de estudos que visem ao aproveitamento para a madeira das podas dessa arborização.

Na dissertação de André Cesar Furlaneto Sampaio, em 2006, foi realizado um inventário com a análise da arborização de vias públicas de Maringá, limitado à área do traçado inicial da cidade, projetado por Jorge de Macedo Vieira, e que, segundo a Prefeitura Municipal de Maringá, foi o último até 2011 (SAMPAIO, 2006).

A partir do levantamento de Sampaio (2006) na área do traçado inicial da cidade (que são as zona¹ 1, zona 2, zona 3, zona 4, zona 5, zona 6, zona 7, zona 8, zona 9, zona 10 e zona 12), o presente trabalho analisará as madeiras resultantes da poda urbana com base nas espécies de maior frequência verificadas em seu trabalho, considerando que foram constatadas 28.193 espécies nessa região.

Sampaio (2006) verificou que a frequência da espécie *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna) é 44% do total das espécies presente na área do traçado inicial se fazendo presente com 12.388 árvores. A *Tipuana tipu* (Tipuana) ocupa 13,41% da área com 3.751 árvores e a *Tabebuia avellanedae* (Ipê Roxo) com 9,27% de indivíduos arbóreos nessa região sendo 2.598.

As três espécies acima representam 66,68% das espécies na área, ou seja, de 28.193 do total são 18.737 árvores na área do traçado inicial de Maringá. E devido a essa representatividade foram escolhidas a Sibipiruna, a Tipuana e o Ipê Roxo para que sejam verificadas as formas de aproveitamento de madeira de suas podas.

Serão relacionadas as formas de aproveitamento de madeira provenientes das podas, passando pelo conhecimento tecnológico da madeira, partindo de suas características físico-químicas e mecânicas.

A caracterização da madeira consiste, em determinar suas propriedades físicas, de resistência e rigidez através de ensaios normalizados. Verificados a partir de amostras de madeira, fazendo ensaios densidade aparente e básica, umidade e resistência à compressão paralela às fibras (DIAS; LAHR, 2004).

A resistência e a rigidez são determinadas a partir da norma ABNT NBR 7190:1997 que verifica a classe de resistência em função da resistência à compressão paralela às fibras, umidade, densidade básica, densidade aparente e análise visual.

A densidade básica é uma das características da madeira que melhor expressa sua qualidade para uso na propriedade agrícola ou transformação industrial. Em função de sua importância e facilidade de determinação, frente a outros parâmetros a densidade tornou-se a característica mais estudada e difundida (RIBEIRO; ZANI FILHO, 1993).

Um exemplo de destinação do aproveitamento da madeira que é feita de acordo com a densidade básica trata-se da fabricação de dormentes para a estrada de ferro e também para a produção de carvão vegetal para siderurgia requer espécies de alta densidade. Por

¹ A CMNP (1945) projetou a cidade com espaços residenciais diferenciados que deveriam ser ocupados pelas classes respectivas: no centro da cidade e proximidades localizaram-se as áreas residenciais “principais”, a oeste as “populares”, e a leste, próximo à zona industrial, a área residencial “operária”.

outro lado as fábricas de celulose de fibra curta, normalmente trabalham com espécies de densidade básica intermediária (RIBEIRO; ZANI FILHO, 1993).

Este trabalho tem por objetivo investigar as opções de destinação dos resíduos de madeira da poda urbana de três formas: como pequenos objetos de madeira (POM) que se expressa como artesanato, obras de arte e até móveis, como componentes estruturais na construção civil que são vigas, assoalhos, painéis e outros, e por fim como carvão vegetal, seu aproveitamento energético pode colaborar com a redução do desmatamento de florestas nativas para fins energéticos, se forem usados para substituir lenha de desmatamento, por exemplo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

A pesquisa tem como objetivo geral investigar as três formas de aproveitamento das madeiras das podas e remoções da arborização viária da cidade de Maringá/PR, que são POM, o enquadramento das madeiras nas classes de resistência para possível aproveitamento como elementos estruturais de madeira e o aproveitamento como carvão vegetal

1.1.2 Específicos

Desmembra-se o objetivo geral do trabalho nos seguintes objetivos específicos:

- Compilar dados provenientes da Prefeitura Municipal de Maringá com dados quantitativos de resíduos de madeira de poda e remoção da arborização de acompanhamento viário da cidade de Maringá, na área do traçado inicial que consiste nas áreas denominadas de zona 1 a zona 10 e zona 12.
- Submeter as três espécies arbóreas mais frequentes da cidade a caracterização de aproveitamento para POM segundo as normas ABNT NBR 14660:2004 (amostragem e preparação para análise), ABNT NBR 11941:2003 (densidade básica) e ABNT NBR 14984:2003 (densidade aparente de cavacos), averiguar também as propriedades mecânicas dessas madeiras para o aproveitamento de elementos estruturais na construção civil conforme a ABNT NBR 7190:1997 em modelo simplificado, para verificar a classe de resistência das espécies estudadas. E para os ensaios de carvão e análise imediata de carvão (ANBT NBR 8112:1986).

- Propor o aproveitamento dos resíduos de poda e remoções da arborização segundo os resultados obtidos dos ensaios de acordo com as normas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Arborização

Define-se por arborização urbana o conjunto de áreas públicas e privadas com vegetação predominantemente arbórea de que uma cidade dispõe, ou um conjunto de vegetação arbórea natural ou cultivada que uma cidade oferece em parques, áreas particulares, praças e vias públicas (SANCHOTENE, 1994; SILVA JÚNIOR; MÔNICO, 1994).

A arborização urbana explica-se através da sociedade que a produz; em outras palavras, pode-se dizer que é um produto da relação entre o construído (casas, ruas, avenidas, estradas, edificações, praças e parques) e o não construído (o natural) de um lado, e, do outro, o movimento, no que se refere ao deslocamento de homens e mercadorias, produzindo assim uma interação entre as vias de circulação e a vegetação da cidade (BONAMETTI, 2000).

A falta de planejamento na implantação e na manutenção da arborização urbana é evidenciada em diversas cidades brasileiras e mesmo em outros países, ocasionando problemas tais como: diversidade reduzida de espécies (McPHERSON, 2003; SILVA et al., 2007; MELO et al., 2007), uso excessivo de espécies exóticas (BIONDI; PEDROSA-MACEDO, 2008) e manutenção deficiente, o que acarreta conflitos entre as árvores e os elementos urbanos (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006).

As primeiras cidades brasileiras foram concebidas sem planejamento urbano para uso e ocupação do solo, surgindo posteriormente um conjunto de medidas para organizar e disciplinar a implantação de edificações, vias públicas e infraestrutura urbana; assim sendo, a vegetação encontrava pouco ou nenhum espaço nestes ambientes (MILLER, 1996).

A convivência entre as redes de distribuição de energia elétrica e as árvores é um dos desafios para as prefeituras e concessionárias de energia elétrica nos diversos estados brasileiros, e se agrava pelo fato de que a arborização e as implantações dos sistemas elétricos de distribuição são planejados e realizados de forma independente, resultando em uma disputa entre as árvores e as redes de distribuição pelo mesmo espaço físico (VELASCO, 2003).

Mediante essa realidade, surge então a necessidade de poda dessas árvores, para que haja a coexistência da vegetação, sem causar prejuízos à distribuição de energia elétrica (PALERMO JUNIOR, 1987).

2.1.1 Arborização urbana – benefícios

Os efeitos favoráveis da arborização para o conforto ambiental urbano são irrefutáveis, segundo Miller (1996) e Milano (1987). Em cidades com temperaturas médias diárias acima do considerado ideal para o ser humano, esses efeitos poderão ser muito mais perceptíveis, podendo melhorar consideravelmente a qualidade de vida da população.

Sabe-se que cidades mais arborizadas proporcionavam menores temperaturas do que cidades com menor número de árvores (AVISSAR, 1994); as árvores podem influenciar a qualidade do ar, pois retêm poluentes que são responsáveis pela degradação da camada de ozônio (NOWAK et al., 2000); ambientes urbanos bem arborizados promovem o abrandamento do estresse psicológico (ULRICH, 1984); e influenciam pessoas a adquirirem seus imóveis, motivadas pela qualidade de vida devido à arborização local (DWYER et al., 1989; HULL, 1992; SHEETS; MANZER, 1991).

As árvores desempenham simultaneamente funções fundamentais à vida humana, melhorando notavelmente as condições do meio urbano. Dentre os inúmeros benefícios originados pela presença de árvores, além da função decorativa, os seguintes aspectos são relevantes (DWYER, 1992):

- a) sombreamento, pela absorção de parte dos raios solares;
- b) diminuição da poluição sonora;
- c) proteção contra ventos;
- d) ação sobre o bem-estar físico e psíquico do homem;
- e) purificação do ar por meio de fotossíntese;
- f) retenção de água no solo e estabelecimento de equilíbrio hidrodinâmico;
- g) emissão de fragrância úmida e agradável pelas manhãs;
- h) suavização do aspecto visual em comparação com o concreto das cidades;
- i) melhoria na qualidade de vida.

A vegetação urbana, representada tanto pelas áreas verdes como pela arborização de ruas, é responsável por vários benefícios ambientais e socioeconômicos variáveis em qualidade e intensidade (DWYER, 1992).

De forma geral, os benefícios decorrentes da arborização das cidades, sejam eles ecológicos, funcionais ou estéticos, variam ao longo do tempo de acordo com as alterações do espaço urbano e com as necessidades e hábitos dos cidadãos (DWYER, 1992).

A arborização como barreira acústica também pode gerar resultados significativos; o efeito protetor varia de acordo com a frequência dos sons, com a posição das árvores em relação à fonte emissora, com a estrutura e composição dos plantios e com a estação do ano (MARTINS, 1995).

A mesma autora coloca que, além da temperatura na sombra das árvores, sob a ação dos elementos climáticos, com a evapotranspiração de cada árvore, ocorre a interceptação de poeiras, reduzindo a concentração de poeiras e partículas entre áreas industriais e residenciais.

Segundo Lapoix (1979), cortinas vegetais experimentais implantadas em plena cidade podem ser capazes de diminuir em 10% o teor de poeira do ar. Os efeitos da vegetação sobre poeiras e partículas devem ser considerados sob dois aspectos: o efeito aerodinâmico, dependente de modificações na velocidade do vento provocadas pela vegetação, e o efeito de captação das diversas espécies vegetais.

A remoção de gases tóxicos da atmosfera pelas plantas pode ocorrer quando estes, acumulados nas partículas de poeira, são retidos temporariamente junto com o material particulado (MAYER; ULRICH, 1974).

De acordo com Lapoix (1979), estudos vêm identificando sempre novos aspectos sobre a ação dos vegetais, particularmente no caso do dióxido de enxofre (SO₂), do ozônio (O₃) e do flúor (F), indicando que determinados vegetais têm uma grande capacidade de filtragem desses compostos químicos, na medida em que a poluição não se faça sentir em nível permanentemente tóxico.

Deve-se também considerar a existência de benefícios econômicos e sociais das árvores, uma vez que existem benefícios de ordem ecológica (clima e poluição), biológica (saúde física do homem) e psicológica (saúde mental do homem).

Gold (1977) concluiu que as árvores nas cidades aumentam a satisfação dos usuários de parques e bairros, contribuem para o aumento do valor das propriedades e proporcionam um estímulo à sensibilidade humana.

Os benefícios econômicos, segundo Grey e Deneke (1978), podem ser classificados como diretos e indiretos. Contudo os mais significativos são os indiretos. Como exemplo, a

redução do consumo de energia destinada a condicionadores de ar, proporcionada pela sombra das árvores, no verão; e, em se tratando de espécies decíduas², a redução no consumo de energia destinada a aquecedores de ambiente, pela ausência da sombra no inverno.

2.1.2 Requisitos e cuidados com a arborização viária

A arborização viária possui características particulares que diferem daquela de áreas verdes públicas e particulares. De acordo com Milano (1994), as atividades referentes à arborização de ruas podem ser divididas em quatro etapas relativamente distintas:

- a) Planejamento e controle – restringem-se à definição detalhada de planos, programas e projetos e ao controle da realização dos mesmos quanto a objetivos estabelecidos e resultados obtidos;
- b) Implantação – trata da efetivação prática das propostas estabelecidas no planejamento, incluindo a produção de mudas e seu efetivo plantio, com todos os seus diversificados e detalhados procedimentos;
- c) Manutenção – inclui as atividades de poda de condução e manutenção, o controle fitossanitário e a remoção de árvores;
- d) Fiscalização – mantém a vigilância quanto ao comportamento da sociedade em relação às regras estabelecidas, incluindo: vistorias para fins de licenciamento, apuração de denúncias, aplicação de multas, acompanhamento da situação de áreas beneficiadas por incentivos fiscais, entre outros.

Segundo Milano (1994), planejar a arborização de ruas, resumidamente, é escolher a árvore certa para o lugar certo, sem se perder nos objetivos do planejador e nem atropelar as funções ou o papel que as árvores desempenham no meio urbano. É fazer o uso de critérios técnico-científicos para o estabelecimento da arborização, nos estágios de curto, médio e longo prazo.

Na composição da arborização de ruas são usadas árvores ornamentais, selecionadas por suas qualidades particulares de tamanho, forma, textura e cor das folhas, flores e frutos (HARRIS, 1992).

² Também chamadas caducas, são as plantas que perdem as folhas ao final da estação de crescimento.

Na seleção de espécies arbóreas é necessário considerar: desenvolvimento; porte; copa (forma, densidade e hábito); sistema radicular pivotante; fuste alto; resistência a pragas, doenças e poluição; tolerância aos poluentes mais comuns e de maior concentração e às baixas condições de aeração do solo, se for o caso; ausência de princípios tóxicos ou alérgicos, acúleos e espinhos; e, de preferência, que sejam nativas (GREY; DENEKE, 1986; COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO, 1988; SANTOS, 1994; SANTOS; TEIXEIRA, 2001; BIONDI, 2004; COBALCHINI, 2004).

Além de terem estrutura em condições sadias, sem galhos quebradiços, e de precisarem de pouca manutenção (PHILLIPS, 1993), as espécies a serem utilizadas devem estar adaptadas e compatibilizadas com as condições locais, as edificações, os sistemas de saneamento, telecomunicações e elétricos, sem causar problemas ao trânsito de veículos e pedestres (CEMIG, 1996). Esses fatores são importantes para o sucesso do plantio e facilidade de manutenção (HARRIS, 1992).

Difícilmente é encontrado um número razoável de espécies que atendam a todos os quesitos elencados (SANTOS; TEIXEIRA, 2001). A principal razão para a incerteza na decisão de qual espécie plantar é devida à dificuldade de prever o desempenho sob condições urbanas, pois estão envolvidas considerações complexas sobre aspectos de biologia, arquitetura, gerenciamento e social.

A correta escolha das espécies para utilização na arborização urbana é de fundamental importância no sentido de se evitar problemas futuros da árvore com o ambiente construído ou vice-versa (BACKES; FERNANDEZ, 1990).

O uso de espécies adequadas evita podas periódicas de correção, que prejudicam o vegetal pela inibição de seu processo de desenvolvimento natural e descaracterização de sua forma (COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO, 1988).

As mudas para a arborização de ruas são definidas como aquelas que, geralmente, são de aspecto ornamental, já que possuem um feitio de árvore, com sua forma e perfil adequado trabalhados através de tratamentos culturais específicos (DOMINGUES, 1987; BIONDI; ALTHAUS, 2005).

O tempo de permanência das mudas em viveiro de espera varia com a taxa de crescimento das espécies. Apresentam permanência em viveiro de espera de até três anos, após

repicagem³, as espécies de crescimento rápido; de três a quatro anos, aquelas de crescimento moderado; e de quatro a cinco anos ou mais, aquelas com crescimento lento (COBALCHINI, 1999).

Essas mudas devem ter as seguintes especificações: altura mínima de 2 m; altura da primeira bifurcação não inferior a 1,80 m; tronco retilíneo e perpendicular ao nível do solo; diâmetro à altura do peito superior a 3 cm; ter copa formada por, no mínimo, três ramos alternados; ramificação e folhagem reduzidas na época de plantio; desenvolvimento de rusticidade para tolerar as condições adversas do meio urbano; bom estado nutricional e fitossanitário; sistema radicular bem desenvolvido; volume de torrão adequado, isento de plantas daninhas e em embalagem compatível (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

No viveiro, as mudas necessitam de cuidados especiais para se manterem saudáveis e vigorosas, passando por diferentes fases em locais distintos, de acordo com a seguinte sequência:

- a) no viveiro de sementeira, as mudas ficam por um período de cerca de um ano, dependendo do crescimento da espécie;
- b) no viveiro de espera ou talhão, é realizado o transplante da muda para um recipiente maior ou a muda é plantada diretamente no solo, em local a céu aberto;
- c) em local a céu aberto, são organizadas para o futuro plantio nas ruas, recebendo os tratamentos de profilaxia e fitossanitarismo, adubação, tutoramento e poda (condução e formação) (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

2.1.3 Práticas de Poda e Remoção

Para que as árvores de rua desempenhem as suas funções no meio urbano e se conservem em estado adequado e sadio, é vital a adoção de práticas sistematizadas de manutenção (MILANO, 1994). A manutenção compreende todas as práticas necessárias entre o plantio e a remoção de uma árvore para conservá-la com saúde, vigor, e sempre compatíveis ao ambiente urbano (GREY; DENEKE, 1986).

Biondi e Althaus (2005) dividem as práticas de manutenção em:

³ É o momento em que as mudas atingem altura de 3 a 7 cm, em geral apresentando dois pares de folhas, dependendo da espécie, e são transplantadas, obedecendo a uma sequência de operações rigorosamente, para garantia da integridade das mudinhas e seu bom desenvolvimento posterior.

a) medida preventiva - Evita e previne eventuais danos que as árvores possam sofrer nas ruas ou, ainda, visa superar alguma lesão com pouca significância, incluindo: adubação, podas de limpeza e tutoramento.

b) medida remediadora - Atenua uma falta ou um mal e pode reparar ou corrigir um problema ocorrido com a árvore no meio urbano, geralmente ao tronco, decorrente de fatores naturais ou injúrias mecânicas, tais como: acidentes com veículos, ventos e vandalismo. Os tratamentos considerados restauradores são: dendrocirurgia (eliminação de tecidos necrosados na região do tronco), amarrações de árvores sujeitas a rachaduras no tronco, quebra, rompimento ou fratura de galhos principais do tronco, e ancoramento daquelas sujeitas à quebra.

c) medida supressória - Se destina a eliminar ou alterar a árvore do local por fatores relativos ao próprio indivíduo ou o meio urbano. É aplicável em caso de árvores com doenças, pragas epidêmicas ou ataque de erva-de-passarinho, risco de queda ou morte comprovada; à remoção de flores e frutos desagradáveis ou com princípios alérgicos, ou ainda à remoção de árvores a pedido da população.

A poda de árvores é provavelmente uma das práticas de manutenção mais importantes, principalmente para preservar a saúde, aparência e prevenir danos à vida. Podas apropriadas e sistemáticas ajudam a árvore a melhor resistir às condições adversas do meio urbano, requerendo menos fertilizantes, suportes e pulverizações para mantê-las saudáveis (PIRONE, 1959).

Podas inapropriadas, porém, podem causar excessivos danos, diminuir o vigor da árvore, predispor a insetos e ataque de patógenos, e drasticamente afetar a sua forma (TATTAR, 1978).

As plantas podem ser podadas por um número variado de razões: formação de jovens plantas, manutenção de saúde e aparência, controle do tamanho da planta, influência do florescimento, frutificação e vigor e compensação de perdas de raízes (HARRIS, 1992).

Pela poda é possível controlar o crescimento de plantas para manter sua performance ou função na paisagem. Em árvores jovens, pode assegurar indivíduos estruturalmente fortes que irão requerer menos podas corretivas quando adultas (GREY; DENEKE, 1986).

A remoção de árvores deve ser tratada como uma atividade comum na arborização urbana; este é um raciocínio decorrente da ideia de plantio das árvores nas cidades e do fato de que

cada espécie tem uma longevidade correspondente, ou tão somente uma utilidade pré-estabelecida (MILANO; DALCIN, 2000).

O monitoramento da arborização consiste no levantamento intermitente (regular e irregular) realizado a fim de averiguar a extensão da concordância com um padrão pré-determinado; essa atividade é uma interface entre o planejamento e a manutenção (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

O adequado acompanhamento periódico quanto ao desenvolvimento, estado de conservação, tipo de uso e opinião pública, entre outros aspectos, constitui informação imprescindível tanto para um planejamento pautado na realidade quanto para uma manutenção satisfatória (MILANO, 1994).

Os inventários de árvores de rua proporcionam informações para o planejamento e gerenciamento da arborização. Em tais inventários, é geralmente desejável a obtenção das seguintes informações: número total de árvores, composição de espécies, tamanho e idade, localização, classes de condição, necessidade de manutenção (poda, tratamentos de injúrias, controle de doenças e de insetos e remoção), necessidade de plantio e valor total das árvores (GREY; DENEKE, 1986).

Informações sobre as árvores urbanas em bancos de dados computadorizados ou em fichários permitem a qualquer momento que o planejamento da arborização possa ser revisto e não se constitua em um instrumento estático e desatualizado (GERHOLD; STEINER; SACKSTEDER, 1987).

2.2 Características da madeira

Durante os períodos pré-históricos e históricos, a madeira não foi somente utilizada como material de construção, mas progressivamente também como fundamental matéria-prima química para a produção de carvão (usado na fusão de ferro), alcatrão e piche (utilizados para preservação e selamento de cascos de embarcações), e cinzas utilizadas na produção de vidros e agentes branqueadores de linho e tecidos de algodão (MARRA, 1992).

No século XXI a madeira ainda é uma matéria-prima moderna. As madeiras maciças são utilizadas para fabricação de móveis e revestimentos, e todas as utilidades da madeira atestam sua proficuidade e beleza. Mesmo as formas convertidas, como painéis compensados, aglomerados e fibras, além de outros produtos, mostram-na como um material de construção eficaz.

Deve-se considerar, ainda, a madeira como matéria-prima principal na produção de papel, além de inúmeros produtos oriundos de sua transformação química, conjuntamente com sua condição de matéria-prima renovável.

Como a madeira é um material heterogêneo, sua variabilidade estrutural e química é refletida numa ampla gama de propriedades físicas, tais como: densidade e permeabilidade; comportamento quanto à capilaridade; condutividade térmica; difusão da água de impregnação, entre outras (CHIMELO, 1989).

A madeira é um material composto de células produzidas por uma árvore viva para suportar a copa, conduzir água e nutrientes dissolvidos do solo à copa, armazenar materiais de reserva (principalmente carboidratos). A madeira é um tecido complexo devido à sua formação por diferentes tipos de células, as quais desempenham diferentes funções.

O arranjo de seus componentes físicos (macroscópicos, microscópicos, ultramicroscópicos) e químicos define a estrutura lenhosa como uma engenhosa organização arquitetônica da madeira. A Figura 1 mostra os principais aspectos macroscópicos da madeira (CHIMELO, 1989).

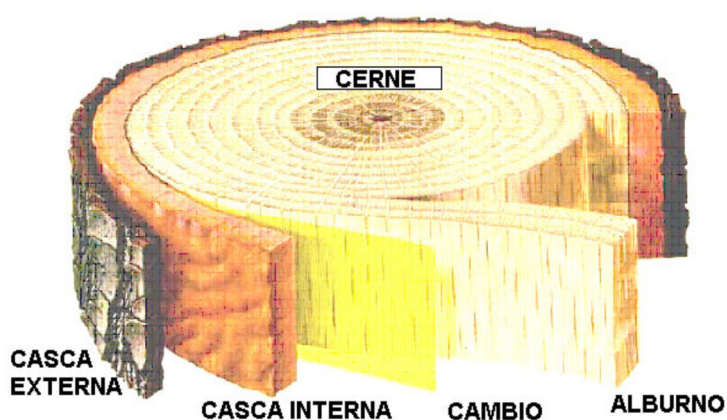


Figura 1 - Aspectos macroscópicos da madeira, camadas do tronco da árvore
Fonte: Chimelo (1989)

Definição das camadas do tronco (TEIXEIRA, 1999; SZÜCS, 2003):

- Cerne: camada de madeira dura, formando anéis enquanto a árvore cresce desenvolve-se a partir do amadurecimento do alburno.
- Casca: proteção contra impactos e agentes atmosféricos.

- Alburno: camada viva de formação recente, com canais de seiva bruta, células em plena atividade de proliferação e responsável pelo crescimento da árvore.
- Medula: parte central do tronco, geralmente inseparável do cerne, mas que se apresenta, às vezes, como um material mole com rachaduras, buracos e partes podres.

De maneira geral, as madeiras podem ser agrupadas em duas categorias distintas: “moles” (*softwoods*) e “duras” (*hardwoods*). As árvores, seres vivos que fornecem a madeira, estão divididas em duas classes de diferentes características de madeira (Tabela 1).

Tabela 1 - Subdivisões das árvores

FAMÍLIA	DESCRIÇÃO	ESPÉCIES	
GIMNOSPERMAS	Árvores típicas do clima frio, formando grandes florestas no Hemisfério Norte, com algumas espécies tropicais e existentes desde o período carbonífero. Têm a copa de folhas em forma de cone, daí serem conhecidas também como coníferas. Sua madeira é mole e macia e de valor comercial	PINUS, ARAUCARIA, CIPESTRE, SEQUOIA	
ANGIOSPERMAS	São de evolução mais recente que as gimnospermas, desde o cretáceo, e se dividem em dois subgrupos:	MONOCOTILEDÔNEAS: São as palmas e as gramíneas. As palmas têm tronco de baixa durabilidade e baixa resistência mecânica, apresentando difícil processamento. As gramíneas têm fibras duras e compactas que podem ter grande resistência mecânica, como o bambu.	PALMAS: CÔCO, DENDÊ, CARNAUBA. GRAMÍNEAS: BAMBU
		DICOTILEDÔNEAS: São as árvores chamadas como folhosas, presentes em todo o globo terrestre, principalmente nos trópicos. São de madeiras duras e de resistência mecânica, e portanto com valor comercial, e cuja copa de folhas se espalha de forma não ordenada.	EUCALÍPITO, CEDRO, MOGNO, IPÊ, PEROBA, PAU D'ÁRCO, JACARANDÁ.

Fonte: Hellmeister, 1983

As madeiras moles, ou de coníferas, pertencem ao grupo das gimnospermas, que apresenta como características distintivas em geral a folhagem na forma de agulha e a ausência de frutos (sementes descobertas). As madeiras duras, ou de folhosas, pertencem ao grupo das angiospermas dicotiledôneas, que apresenta como características distintivas folhas largas e sementes encerradas em frutos em geral.

2.2.1 Biodegradação da madeira

Na natureza, os micro-organismos mais eficientes na biodegradação da madeira são os fungos decompositores da madeira. A biodegradação inicia-se com a penetração da hifa fúngica através do lúmen da célula vegetal.

Para se estabelecer, o fungo promove uma intensa secreção de metabólitos extracelulares, especialmente enzimas, que levam à conversão dos componentes da parede celular vegetal (celulose, hemicelulose e lignina) em moléculas menores, as quais podem ser transportadas através da membrana plasmática fúngica e adentrar o metabolismo intracelular (ROWELL, 2005).

O crescimento de fungos é mais favorável onde o oxigênio atmosférico é pleno em temperaturas entre 20° e 40°C, e em madeira que é moderadamente ácida e que se encontra com teor de umidade entre 20 e 100% (FENGEL E WEGNER, 1989).

As espécies de madeira variam grandemente na sua resistência à degradação, embora somente o cerne da madeira apresente resistência significativa. Esta é atribuída a materiais (frequentemente fenólicos) que são encontrados na fração de extrativos da madeira e são tóxicos a fungos e mofo (Figura 2) (ROWELL, 2005).



Figura 2 - Madeira verde de Pinus spp com a presença de fungos

Fonte: Fengel e Wegener, 1989

2.3 Defeitos da madeira

A madeira apresenta muitos tipos de defeitos referentes à natureza da peça, processos de secagem, processo de serragem e manipulação errada.

2.3.1 Fatores anatômicos

- Nós

Os nós são originados dos galhos que se formam no tronco da árvore. Eles têm significativa importância, pois sua presença causa enfraquecimento na resistência.

Estes podem ser dos tipos soltos ou firmes, sua influência depende do tamanho, forma, firmeza e localização. Sua maior influência acontece em situações em que a peça esteja submetida à tração, conforme definido por (CALIL; LAHR; DIAS, 2003).

- Variações na largura e no espaçamento dos anéis de crescimento

Em coníferas, principalmente, o espaçamento e a espessura dos anéis de crescimento criam uma variação de densidade e dureza que podem caracterizar um defeito, uma vez que torna o tecido mais heterogêneo (PFEIL, 2003).

- Lenho de reação

Árvores que sofreram um esforço causado por uma condição irregular de crescimento, como por exemplo, ter se desenvolvido em uma superfície inclinada, podem apresentar este tipo de defeito. Nas coníferas o lenho de reação geralmente situa-se na região de compressão (lenho de compressão), enquanto que nas folhosas, o lenho de reação ocorre mais na parte que é tracionada (lenho de tração) (JANKOWSKY, 2002).

- Tecido de cicatrização

Ocorre quando a árvore sofre algum ferimento, causado pela queda de uma outra árvore ou pelo ataque de insetos. A presença de resina ocorre geralmente após alguma injúria executada na casca da árvore e que, mais tarde, é englobada com o surgimento de novas camadas de tecido originadas pelo câmbio (PFEIL, 2003).

2.3.2 Defeitos de secagem

- Rachaduras

As rachaduras aparecem como resultado da diferença de retração nas direções radial e tangencial da madeira e de diferenças de umidade entre regiões contíguas de uma peça, durante o processo de secagem (CALIL; LAHR; DIAS, 2003).

Essas diferenças levam ao aparecimento de tensões que, tomando-se superiores à resistência dos tecidos lenhosos, provocam a ruptura da madeira. Na secagem as rachaduras superficiais podem aparecer quando as condições são muito severas, isto é,

baixas umidades relativas provocando a rápida secagem das camadas superficiais até valores inferiores ao PSF, enquanto as camadas internas estão ainda com mais de 30% de umidade (PFEIL, 2003).

Como as camadas internas impedem as superficiais de se retraírem, aparecem tensões que, excedendo a resistência da madeira à tração perpendicular às fibras, provocam o rompimento dos tecidos lenhosos. Normalmente, a ruptura ocorre nos tecidos que compõem os raios, constituídos de células parenquimáticas (JANKOWSKY, 2002).

- Empenamento

Jankowsky (2002) descreve que o empenamento é qualquer distorção da peça de madeira em relação aos planos originais de suas superfícies, os empenos podem ser encanoados, longitudinais e torcidos. O encanoamento apresenta um aspecto de canaleta esta é consequência da diferença de estabilidade entre as direções radial e tangencial, provocando maior movimentação de uma das faces da peça em relação à outra. O empenamento longitudinal é o afastamento de uma face em relação a um plano que une uma extremidade a outra da peça. Ela acontece quando a peça é retirada de forma que a grã faça um ângulo com a direção do seu comprimento. Também acontece por consequência de tensões desenvolvidas durante o crescimento da árvore.

2.4 Resíduos sólidos verdes urbanos

Segundo Bidone (2001), os resíduos sólidos verdes são aqueles provenientes da prática das podas realizadas no perímetro urbano e por sobras de produtos hortifrutigranjeiros. Eles representam uma considerável fração vegetal oriunda de parques, praças, jardins residenciais e comerciais, de vias públicas, de feiras livres ou mercados municipais e de centrais de abastecimento.

Esses resíduos, principalmente os de podas, apesar de sua grande concentração de lignina, são biodegradáveis, sendo classificados pela norma da ABNT (ABNT, 2004) como resíduos Classe II A – não inertes, podendo, dessa forma, receber tratamento e destinação final similares aos dispensados aos resíduos domiciliares (BIDONE et al., 2001).

O resíduos verdes urbanos são gerados durante a manutenção de jardins privados e parques públicos. Devido à sua origem, espera-se que os resíduos verdes sejam variados tanto na sua composição como nas quantidades geradas, dependendo de fatores tais como

as estações do ano e o local (por exemplo clima, população e as estratégias de gestão de resíduos).

Os resíduos verdes gerados nas podas de vegetação urbana possuem teores de sólidos voláteis biodegradáveis para fornecimento de energia aos microrganismos, e possuem funções importantes na compostagem, como resíduo estruturante absorvedor de umidade e balanceador da relação C:N nas misturas (FERNANDES; SILVA, 1999).

A composição dos resíduos verdes foi estudada por Ham e Komilis (2003) e também por Benito et al. (2005), para apresentarem, respectivamente, uma caracterização individual de resíduos verdes para os EUA e Espanha, enquanto que Williams (2005) relatou sobre a caracterização de várias frações de material. Em todos os estudos, os pontos centrais foram os parâmetros que caracterizam a fração orgânica, como sejam os teores de C, N, e a relação C/N.

Tais resíduos são gerados todos os dias nas cidades brasileiras, e estudos pontuais já foram realizados demonstrando as quantidades diárias e os impactos ambientais causados. Segundo Angelis Neto (1999), em Maringá/PR, no ano de 1999, o município, com o serviço de varrição, recolhia um volume médio de 26,2 t/dia de resíduos de capinagem e limpeza de feiras-livres.

Na cidade de Cascavel/PR, em 2005, segundo dados da Secretária Municipal de Meio Ambiente, foram geradas diariamente, em média, entre seis e sete toneladas de resíduos referentes a podas de árvores. Os resíduos sólidos verdes constituem um grande problema, quando destinados aos aterros, pois os resíduos de poda são volumosos e de compactação difícil.

Com o intuito de fazer um levantamento da geração de resíduos verdes urbanos, Cortez (2011) realizou um levantamento junto às prefeituras dos municípios brasileiros com mais de 500.000 habitantes.

O levantamento de Cortez (2011) compreendeu quarenta municípios brasileiros, contudo, dos quarenta municípios, apenas sete forneceram informações: Aracaju, Goiânia, Londrina, Natal, Recife, São Bernardo do Campo e São José dos Campos.

A tabela 2 apresenta o levantamento de dados recentes, conforme os dados pesquisados por Cortez (2011), complementado com quantidades obtidas de outras fontes da literatura.

Tabela 2 - Quantidade e destinação de resíduos de poda urbana

Município	UF	Quantidade	Destinação	Fonte
Aracaju	SE	1.778,06 t/ano (ano de 2009)	Todo resíduo é depositado ainda no aterro sanitário.	CORTEZ (2011)
Goiânia	GO	40.000 t/ano (109 t/dia)	Aterro sanitário. Não há programa de reutilização dos resíduos de poda	CORTEZ (2011)
Londrina	PR	180 t/dia	Não informada	CORTEZ (2011)
Natal	AL	80 t/dia (média)	Aterro licenciado, sendo que grande parte dos resíduos de poda é beneficiada pelas associações de catadores, que retiram a lenha para comercialização.	CORTEZ (2011)
Recife	PE	Não informado	Parte dos resíduos é triturada para ser transformada em adubo. O restante é pesado e destinado aos dois aterros privados pagos pela prefeitura.	CORTEZ (2011)
São Bernardo do Campo	SP	2.640 m ³ /ano (ano de 2009)	São triturados e após a decomposição são utilizados em praças, parques e hortas comunitárias.	CORTEZ (2011)
São José dos Campos	SP	100 t/dia	Os resíduos de poda são repassados para empresa terceirizada, que os utiliza para queima em caldeiras.	CORTEZ (2011)
Niterói	RJ	1.070 m ³ /mês (galhos, madeiras e troncos)	Aterro Morro do Céu	EGENHEER, FERREIRA E ADLER (2005) apud ALVES (2007)
Rio de Janeiro	RJ	15.383 m ³ /ano	Não informado	BARATTA JR. (2007)
Porto Alegre	RS	150 – 200 m ³ /dia	Parque de Reciclagem e Compostagem de resíduos de poda no bairro de Serraria. As folhas e resíduos de pequeno porte são destinados à compostagem. Os de grande porte são fonte de energia térmica ou trocados por tijolos que são usados pela prefeitura.	BIDONE (2001)

Fonte: Cortez, 2011 (adaptado)

2.4.1 Classificação dos resíduos de poda e remoção

Com relação à sua origem, são provenientes de podas de limpeza e manutenção da arborização urbana, em decorrência de quedas por fenômenos naturais (vendavais) e por senescência, ou ainda por depredação humana (MEIRA, 2010).

Os resíduos de madeira são classificados como resíduos ligno-celulósicos, ou seja, contêm majoritariamente lignina e celulose, e têm origem tanto em atividades industriais quanto atividades rurais (QUIRINO, 2002).

Quanto à composição química, é um material orgânico, e seus constituintes químicos estão diretamente relacionados com as suas propriedades físicas e mecânicas (SILVA et al., 2005). São constituídos, aproximadamente, de 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio e 1% de nitrogênio (BARRICHELO; BRITO, 1985; SILVA et al., 2005).

De acordo com Cardoso et al. (2001), são formados essencialmente por celulose, polioses, as quais, com a celulose, formam a holocelulose, e lignina, um polímero aromático natural e de alto peso molecular, responsável pela dureza e rigidez da parede celular, além dos extrativos, chamados componentes acidentais, que não fazem parte da parede celular, mas que muitas vezes determinam o uso comercial da madeira.

Possuem componentes inorgânicos, denominados cinzas, as quais são compostas por potássio, cálcio, magnésio, pequenas quantidades de sódio, manganês, ferro, alumínio, além de radicais como carbonatos, silicatos, cloretos, sulfatos e traços de zinco, cobre e cromo, dentre outros, (QUIRINO, 2004).

Os resíduos de madeira de poda podem ser classificados em função da espécie que os originou, das suas dimensões, do componente do qual provêm, entre outros. Isso é fundamental para definir-se a destinação mais adequada para esse material (MEIRA, 2010).

Esses resíduos poderiam ser selecionados e utilizados para fins nobres, ao invés de serem enviados para aterros, terrenos baldios ou outras formas de disposição inadequadas.

Para Nolasco (2000), os métodos de caracterização dos resíduos são definidos em função do seu objetivo. Pode-se classificá-los em função de sua origem, tipo, fatores geradores, quantidades, composição e periculosidade, características físicas, sazonalidades, dispersão espacial e forma de manejo.

2.4.2 Propriedades físicas da madeira para a verificação dos usos

Segundo Calil, Rocco e Dias (2003) as propriedades da madeira são influenciadas por diversos fatores:

- Temperatura;
- Composição e umidade do solo;
- Densidade de árvores plantadas em uma área;
- Tipo de manejo;
- Estações climáticas;
- Inclinação do terreno;
- Incidência de chuvas.

No geral, para uma dada espécie de madeira, os valores numéricos de suas propriedades variam com a região de origem de cada árvore; dentro da região, com as peculiaridades do povoamento; dentro do povoamento, com a árvore; dentro desta, com as singularidades da amostra ensaiada.

O conhecimento das propriedades físicas da madeira é importante para definir os usos. Para isso, se faz a verificação da densidade básica, densidade aparente e da umidade. Essas características concedem informações essenciais para se decidir quanto às limitações e aos usos potenciais da madeira.

De acordo com a norma ABNT NBR 7190:1997 que visa estabelecer projetos de estrutura de madeira, versa que as principais propriedades da madeira a considerar são os valores correspondente à tração dos correspondentes à compressão, bem como os valores correspondentes à direção paralela às fibras dos correspondentes à direção normal às fibras. Sendo necessário classificar os valores correspondentes às diferentes classes de umidade.

As propriedades de resistência e elasticidade são influenciadas pela disposição dos elementos anatômicos responsáveis pela resistência mecânica, que são sobretudo as fibras, no caso das dicotiledôneas, e os traqueídes, no caso das coníferas.

Onde são verificadas as relações para resistências da madeira chamada como caracterização simplificada da madeira serrada, conforme a norma ABNT NBR 7190:1997 obtém-se os valores com as seguintes relações:

A norma ABNT NBR 7190:1997 descreve que, para facilitar o uso da madeira em projetos estruturais, houve uma distribuição das resistências de madeira em classes, assim padronizando o uso.

Para a determinação da caracterização mecânica das madeiras para projeto de estruturas deve-se seguir os métodos de ensaios, onde inicialmente são verificados a densidade básica $\rho_{bas,m}$ (Kg/m³), aparente ρ_{ap} (Kg/m³) e a umidade.

2.4.2.1 Umidade

O termo madeira verde é utilizado comumente para se dizer que ela está saturada (elevada umidade). Após o corte de uma árvore a madeira encontra-se em uma condição totalmente saturada, para poder usar esta madeira deverá atingir um grau de umidade adequado, nessa madeira deve existir apenas água de impregnação ou água de adesão (CALIL, LAHR, DIAS, 2003).

O teor de umidade é outro parâmetro considerado importante. Conforme menciona Silva Oliveira, Hellmeister e Tomazello Filho (2005), a umidade da madeira geralmente tem implicação com o seu processamento, uma vez que na secagem as peças com maiores gradientes de umidade tendem a apresentar defeitos, como o fendilhamento e o empenamento.

A umidade de uma peça de madeira é definida como o peso de água contido em seu interior e expresso como uma porcentagem do peso da madeira seca em estufa. Para madeiras como o *Pinus*, logo após o corte da árvore a umidade está em torno de 130%. O ponto ideal de secagem da madeira irá corresponder ao ponto de equilíbrio com o ar, este ponto depende da umidade atmosférica variando entre 10 a 20% para a umidade relativa ao ar entre 60% e 90% e a 20°C de temperatura (PFEIL, 2003).

Segundo Calil, Lahr e Dias (2003) o ponto de saturação, a evaporação vai acontecendo com menor velocidade até atingir a umidade de equilíbrio. Este ponto é considerado $U= 12\%$ para madeiras de classe 1 de umidade. Esta é uma condição padrão de referência pela norma ABNT NBR 7190:1997.

“Na caracterização usual das propriedades de resistência e de rigidez de um dado lote de material, os resultados de ensaios realizados com diferentes teores de umidade da madeira, contidos no intervalo entre 10% e 20%, devem ser apresentados com os valores

corrigidos para a umidade padrão de 12%, classe 1 (ABNT NBR 7190:1997).”

As classes de umidade têm por finalidade ajustar as propriedades de resistência e de rigidez da madeira em função das condições ambientais onde permanecerão as estruturas (ABNT NBR 7190:1997).

2.4.2.2 Densidade

Esta é uma das propriedades físicas mais importantes para poder definir as aplicações da madeira. Cada espécie de árvore tem uma densidade diferente da outra, e entre árvores de mesma espécie existem variações que são menos significativas.

Segundo Calil, Lahr e Dias (2003) o conceito físico necessário para a compreensão do assunto é o da quantidade de massa contida em uma unidade de volume. A densidade da madeira mostra que quanto maior é a densidade, maior será a quantidade de madeira por volume e assim conseqüentemente maior será a resistência.

A densidade da madeira varia entre as espécies, entre indivíduos e procedências da mesma espécie e dentro da árvore, tanto no sentido longitudinal, ou seja, da base para o topo (BARRICHELO et al., 1983), como no sentido radial, da medula para a casca (MENDES et al., 1999).

Panshin e De Zeeuw (1980) e Mendes et al. (1999) apresentam uma síntese dos padrões de variação longitudinal da densidade básica:

1. Decresce uniformemente com a altura.
2. Decresce até certo ponto, e cresce deste, até o topo da árvore. Algumas vezes, pode decrescer levemente nas partes superiores.
3. Crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação.

A densidade da madeira é uma propriedade resultante de fatores como as dimensões das células, espessura e composição química da parede celular, além de percentuais de ocupação dos variados tipos de células.

De acordo com Foelkel, Mora e Menochelli (1983), as dimensões dos elementos celulares variam em função da idade do vegetal. Além disso, a densidade básica tem íntima relação com alguns aspectos tecnológicos e econômicos importantes, como, por exemplo, a retratibilidade e o inchamento, a resistência mecânica, a produção e a qualidade da polpa, a

produção e a qualidade do carvão vegetal e os custos operacionais ligados ao transporte e armazenamento da madeira.

Madeiras com massas específicas maiores possuem paredes celulares mais espessas e lúmens menores, portanto, poucos espaços vazios, o que implica em menores umidades máximas. Madeiras com tal característica apresentam maiores resistências mecânicas, podendo ser utilizadas em estruturas como vigas, colunas, móveis; e, quando utilizadas para a produção direta de calor, pela combustão, liberam maior quantidade de calor por unidade volumétrica; quando utilizadas de forma indireta, pela carbonização, produzem carvão de maior massa específica e, portanto, maior concentração de calor por unidade de volume (MOYA ROQUE, 2005).

2.4.2.2.1 *Densidade Básica e Aparente*

A densidade básica é a razão entre a massa seca da amostra e o volume saturado. Neste caso não são descontados os vazios internos. O volume saturado é obtido após a saturação total do corpo-de-prova. Este volume é obtido a partir das dimensões finais do corpo-de-prova após ser submerso em água até que atinja massa constante.

A ABNT NBR 7190:1997 aponta que a massa seca deve ser obtida através de corpos-de-prova que serão colocados em estufa com temperatura variando entre $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, por período determinada onde a variação da massa seja menor que 0,5%.

Segundo a ABNT NBR 11941:2003 que determina a densidade básica da madeira, entende-se como densidade básica da madeira a relação entre a massa da madeira absolutamente seca em estufa a aproximadamente 105° e o respectivo volume da madeira, acima do ponto de saturação das fibras.

Madeira homogênea, no que diz respeito à sua densidade no interior do tronco, sem dúvida nenhuma poderá se comportar melhor nas operações de processamento e refletir maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas. As peças de madeira com menor variação de densidade são adequadas para utilizações que exigem material homogêneo e com menor variabilidade nas propriedades físico-mecânicas (SILVA OLIVEIRA; HELLMEISTER; TOMAZELLO FILHO, 2005).

Segundo Brito e Barrichello (1980), existe uma alta correlação entre a densidade básica da madeira e a densidade aparente do carvão. Portanto, sabendo disso, se torna importante a escolha de espécies de madeira de acordo com a densidade básica para a produção de

carvão, permitindo-se antever o seu comportamento mediante a avaliação da densidade da madeira que o originou.

Conforme explica ABNT NBR 7190:1997 a densidade aparente é a razão entre a massa e o volume de corpos-de-prova para um dado teor de umidade de 12%.

A norma ABNT NBR 14984:2003 faz a verificação da densidade aparente para cavacos de madeira, que é importante para o comércio de cavacos e transporte dos mesmos.

O volume aparente é determinado utilizando-se um tubo no qual a amostra de cavaco é deixada cair para sua parte inferior sob a influência da gravidade. A altura de cavaco formada é multiplicada pela área da seção transversal interna do tubo. A densidade aparente é calculada baseando-se na massa seca dos cavacos e respectivo volume aparente.

Além dos parâmetros físicos, existem diversos outros que precisam ser considerados para que se tomem decisões sobre a aplicação desses resíduos, tais como:

- a sazonalidade de geração: consiste em verificar se há variação da geração dos resíduos ao longo do tempo;
- composição dos resíduos: verificar os seus componentes e nível de periculosidade, objetivando tomar decisões com relação ao seu uso;
- local de geração: para fins de verificação da logística que será envolvida para a retirada e transporte;
- escala de geração: a quantidade é fato importante para fins de insumo para a produção de outros materiais.

2.5 Aplicações dos resíduos de poda

O resíduo de poda é um resíduo ligno-celulósico e pode ser aproveitado, utilizado como matéria prima em um processo dando origem a um produto novo. Por exemplo, pode ser transformado em partículas e constituir-se em painéis à base de madeira. Pode ser também utilizado energeticamente na produção de calor, de vapor ou de eletricidade em grupos geradores, ou termelétricas (QUIRINO, 2004).

O resíduo da madeira de poda é um resíduo da biomassa, e seu aproveitamento é diversificado (Figura 3). Outro aproveitamento desse resíduo é sob a forma de combustível sólido, como o carvão vegetal. Pode ainda ser gaseificado, se transformado em um combustível gasoso ou utilizado como gás de síntese⁴.

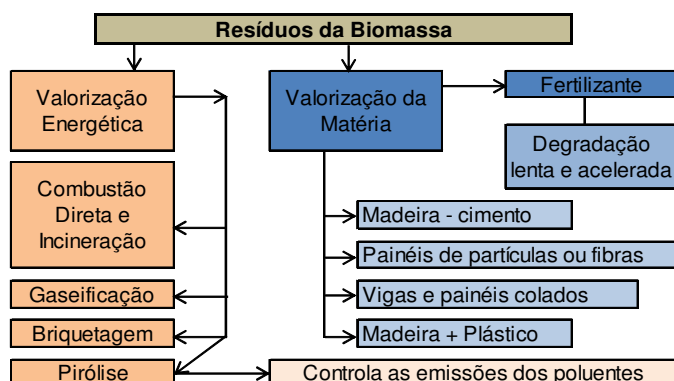


Figura 3 - Possibilidade de aproveitamento de resíduos da madeira de poda
Fonte: Quirino, 2004

2.5.1 Principais formas de aproveitamento

Neste item além de abordar as principais formas de aproveitamento (Tabela 3), serão citadas as iniciativas de algumas organizações privadas em utilizar a madeira de poda aliada à inclusão social.

Tabela 3 - Uso tradicional dos resíduos de madeira

USO	RESIDUO	DESCRIÇÃO
ADUBO	Serragem em geral e madeira sólida picada	Usada <i>in natura</i> ou após etapas de compostagem para proteção do solo e como adubo. Inclui a cama de galinha usada.
CAMA DE GALINHA	Serragem em geral	Serragem macia para contato com animais. Após o uso, a serragem suja com estrume pode ser usada como adubo.
CARVÃO E COMBUSTÍVEIS	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos	Processos industriais para produção de carvão, álcool, metanol e gás combustível.
ENERGIA ELÉTRICA	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos Briquetes de serragem prensada	Usado como lenha em usinas termoelétricas para obtenção de energia elétrica. Há o problema da emissão de poluentes da atmosfera.
ENERGIA TÉRMICA	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos Briquetes de serragem prensada	Queima para obtenção de calor. Usado em forno de padarias, pizzarias, olarias e em caldeiras industriais. Há o problema da emissão de poluentes da atmosfera.
EXTRAÇÃO DE ÓLEOS E RESINAS	Serragem em geral	Extração industrial de óleos e resinas para uso como combustível, resinas plásticas, colas e essências.
MADEIRA RECONSTITUÍDA	Serragem em geral	Na fabricação de chapas de madeira reconstituída.

Fonte: QUIRINO, 2004

1) Adubo; serragem em geral (Figura 4) e madeira sólida picada. É usada *in natura* ou após etapas de compostagem e briquetagem, para a proteção do solo e como adubo, entre outras formas de aproveitamento, conforme se segue:

⁴ Produzida a partir de processos de gaseificação, ou seja, de combustão incompleta de combustíveis sólidos geralmente madeira e carvão, materiais ricos em carbono.



Figura 4 - Serragem de madeira

a) Compostagem (Figura 5), um método que visa à valorização e ao aproveitamento de galhos e folhas de árvores, originando um produto estabilizado, denominado “composto”, que pode ser aplicado no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos de síntese (FIALHO et al., 2005).



Figura 5 - Processos de compostagem

Fonte: Cortez et al., 2008

Pode-se ainda moer a madeira (galhos, ramos e folhas) e proceder-se à compostagem verde, ou utilizar a madeira *in natura* como protetor e preservador de solos de jardins e parques, como já ocorre no Canadá (COELHO, 2002).

b) O briquete surgiu em Paris, 14 anos após a patente de Easby, dando origem à palavra *briquette*, dita como uma combinação de turfa, água e argila plástica. Décadas depois, o carvão mineral recebeu não só adensamento dos componentes como de temperatura para formar um combustível sólido. Os briquetes que tinham aglomerantes eram denominados “*pérats*”, feitos de carvão betuminoso misturado com alcatrão; a tecnologia do briquete de madeira avançou lentamente, transformando-se em um biocombustível sólido com apelo ambiental (BRIDGWATER, 2007).

O briquete de madeira é uma peça sólida de serragem ou maravalha comprimida, e com tensão de 90 kg/cm² a 145 kg/cm², gerando uma temperatura de 170 °C a 270 °C na câmara

de briquetagem para a decomposição parcial da lignina (efeito termoplástico) (Rowell, 1987), teor de umidade base úmida de 5% a 15%, sendo o ótimo 8%, com ou sem aglutinante, com poder calorífico na faixa de 4600 kcal/kg; e é apresentado em peças cilíndricas ou hexagonais de cerca de 70 mm a 100 mm de diâmetro e comprimento de 10 cm a 40 cm (QUIRINO, 2002).

É conhecido como lenha ecológica, por ser um produto vindo da reciclagem. Sua produção é realizada com matéria-prima ligno-celulósica, ou seja, sobras de madeira, serragem, sabugos de milho, folhas, casca de árvores e outros, através de altas pressões e sem aglutinantes químicos, sendo 100% natural. Podendo ser usado em caldeiras industriais, cerâmicas, churrasqueiras, fogões, hotéis, lareiras, padarias, pizzarias, tinturarias, e outros (DE ANGELIS et al., 2007).

O trabalho realizado por De Angelis et al. (2007) faz uma análise quali-quantitativa da arborização de acompanhamento viário presente na área central (Zona 1) de Maringá, Estado do Paraná, enfatizando as árvores com condição geral sofrível, as quais necessitaram ser retiradas e substituídas.

Os resultados obtidos mostraram que nesta zona encontravam 2.860 árvores, das quais 1.341 diagnosticadas em estado sofrível. Com essa possível retirada, será gerada uma quantidade estimada em 696,08 m³ de madeira que, se empregada como fabricação de briquetes, propiciará uma receita total de R\$ 87.217,20, o dobro da receita da lenha. A venda de briquetes proporcionaria um aumento 50% da receita, ao se comparar com a venda de lenha que é realizada pelo Município de Maringá (DE ANGELIS et al., 2007).

c) Outra forma de lenha ecológica são os *pellets*, feitos de madeira. São um tipo de lenha, geralmente produzidos a partir de serragem.

Os Pellets (Figura 6) são produzidos através de um processo de compactação e densificação, utilizando como fonte diversos resíduos de matéria-prima vegetal, como por exemplo cavaco de Eucalipto, cavaco de Pinus e o bagaço de Cana-de-açúcar .



Figura 6 - Pellets de madeira
Fonte: Eco Products, 2011

Os Pellets possuem um grande diferencial dos outros combustíveis fósseis e dos combustíveis renováveis: a sua capacidade calorífica, pois os Pellets tem uma capacidade calorífica de aproximadamente de 4,8 MWh por tonelada (PELLETSLAR, 2007).

A figura 7 (WOODTRADELAND, 2011) mostra a comparação de Gás Óleo, GLP, GNV, Óleo de Xisto, Eletricidade com Pellets em relação aos custos de energia bruta para a demanda de energia da instalação de 1500 kW.

ENERGIA BRUTA
CALCULO ENERGETICO/CUSTOS - COMPARATIVA ENTRE COMBUSTIVEIS

DEMANDA DE ENERGIA DA INSTALAÇÃO **1500 KW**

	Kcal	Kw /h	Medida peso / volumen	Consumo anual Unidades	Preço unitario SR	SR ANUAL Preço total Ener. Bruta
GAS OIL (Lit)	10.250	11,92	125,85	1.102.478	1,90	2.094.708
GLP (Kg)	11.000	12,79	117,27	1.027.309	2,30	2.362.811
GNV (m³)	9.500	11,05	135,79	1.189.516	1,69	2.010.282
OLEO XISTO (lit)	9.600	11,16	134,38	1.177.125	1,40	1.647.975
KW ELECTR.	860	1,00	1500,00	13.140.000	0,18	2.417.760
PELLET (Kg)	4.700	5,47	274,47	2.404.340	0,50	1.202.170

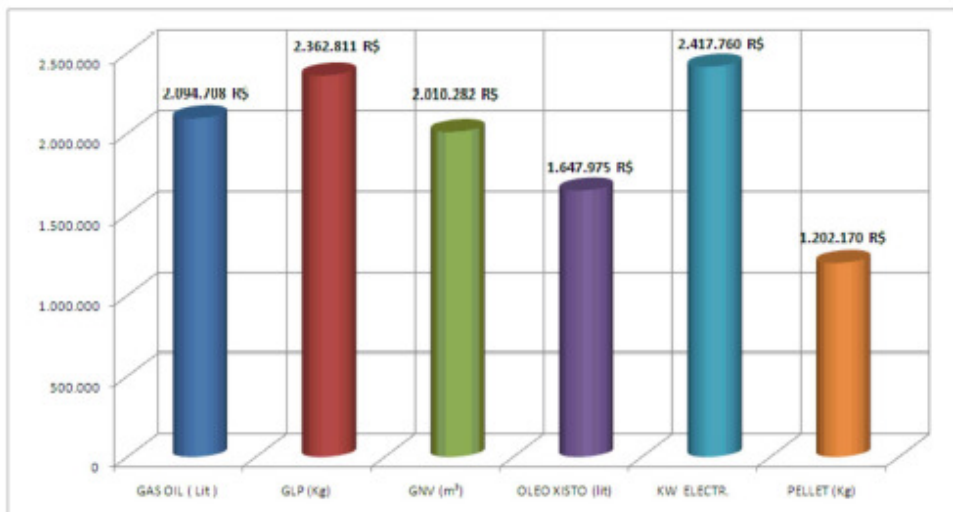


Figura 7 - Custos de Energia Bruta para a Demanda de Energia da Instalação de 1500 kW
Fonte: Woodtradeland, 2011

Existe também desenvolvimento de tecnologia para a fabricação do *bripell* (Figura 8) produzido a partir da secagem e da compactação da biomassa de poda e que possui umidade de 6,82%, poder calorífico 4600 kcal e densidade de 650 kg/m³. Seu formato possibilita ser transportado a granel, e pode ser armazenado por longos períodos.



Figura 8 - Bripell de madeira
Fonte: Eco Products, 2011

A eficiência calorífica do Bripell é muito maior que a do Bagaço de Cana que possui 1500 Kcal/Kg e 55% de umidade, pelo fato de o Bripell estar quase seco, com aproximadamente 10% de umidade, portanto, não gasta o seu poder calorífico para eliminar a umidade excedente, além da compactação.

2) Tem-se ainda a utilização do pó de serra como agregado miúdo na confecção dos blocos de concreto em até 50% do seu volume; foi comprovada a resistência térmica com redução de peso, atendendo às prescrições da norma para alvenaria de vedação (DANTAS FILHO, 2004).

Dantas Filho (2004) realizou um estudo para transformar o pó de serra em blocos de concreto e material de enchimento das pré-lajes para construção civil. A utilização da argamassa de cimento e pó de serra como elementos de enchimento para pré-lajes e a utilização do pó de serra em substituição parcial ou total ao agregado miúdo mineral diminuem a demanda do agregado miúdo para a confecção dos blocos de concreto e elementos de enchimento das pré-laje.

3) Carvão e combustíveis: pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos, bem como briquetes, são utilizados como lenha em usinas termoelétricas para a obtenção de energia elétrica.

A madeira de poda é composta por galhos de diversos diâmetros e até mesmo árvores inteiras que caíram ou foram removidas. É um material passível de carbonização, sendo necessário apenas conhecer as características energéticas desse carvão.

O processo consiste em aquecer a madeira (normalmente entre 300°C e 500°C), na quase ausência de ar, até que o material volátil (oxigênio e hidrogênio) seja retirado, havendo a

concentração de carbono, diminuição do volume, escurecimento da madeira, abertura e fechamento de poros, fissuração, diminuição da densidade, entre outros. O principal produto final (carvão) tem uma densidade energética duas vezes maior do que aquela do material de origem e queima em temperaturas muito mais elevadas. Além de gás combustível, a pirólise produz alcatrão e ácido pirolenhoso (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005; BRITO, 1990).

Com a condensação e recuperação desses gases voláteis obtém-se além do carvão vegetal, o extrato pirolenhoso (líquido, ácido, licor pirolenhoso ou vinagre da madeira) e alcatrão. O extrato pirolenhoso (EPL), juntamente com finos de carvão (FC), exerceram ação benéfica ao solo e nas plantas, quando aplicado dentro de certos critérios e normas estabelecidas, diminuindo a utilização de agrotóxicos e poluição ambiental (SAIGUSSA, 2000).

Promovem a regeneração físico-química e biológica do solo controlando as pragas e doenças, favorecendo a germinação e crescimento radicular. A utilização do extrato pirolenhoso na agricultura foi introduzida recentemente no Brasil, constituindo-se em um produto promissor.

4) Madeira reconstituída: serragem em geral, usada na fabricação de chapas de madeira reconstituída (Figura 9).



Figura 9 - Chapas de Madeira reconstituída à base de serragem
Fonte: Sternadt, 2002

As chapas de madeira dividem-se em três grupos: compensados, aglomerados e chapas de fibras comprimidas, entre as quais estão o MDF (*médium density fiberboard*).

Os fabricantes de painéis de madeira reconstituída utilizam, na confecção de seus produtos, madeira proveniente de maciços florestais plantados e, para completar, utilizam também resíduos de serraria.

Aglomerado – é composto a partir da redução da madeira em partículas. Após a obtenção das partículas de madeira, estas são impregnadas com resina sintética e arranjadas de maneira consistente e uniforme, formando uma peça (JUVENAL, MATTOS; 2002).

Essa peça passa pela ação controlada do calor, pressão e umidade, adquire a forma definitiva e estável, denominada de aglomerado. A chapa de aglomerado pode ser pintada ou revestida com vários materiais, destacando-se papéis impregnados com resinas melamínicas, papéis envernizáveis e lâminas ou folhas de madeira natural, sendo utilizada na construção civil e na indústria moveleira (JUVENAL, MATTOS; 2002).

Compensado – produto obtido pela colagem de lâminas de madeira sobrepostas, com as fibras cruzadas perpendicularmente, o que proporciona grande resistência física e mecânica. O compensado tem variadas aplicações, destacando-se seu emprego na construção civil, na indústria moveleira e como embalagem (WANG, WINISTORFER, 2000).

Chapa de fibra dura ou *Hardboard* – painel popularmente conhecido como “chapa de eucatex”, reconstituído a partir de madeira desfibrada, aglutinada com resina, ureia e formol, prensada termodinamicamente e com densidade maior que 0,80 g/cm³. O *hardboard* é um produto sucedâneo do compensado, usado na construção civil para o revestimento de portas e paredes, divisórias e forros; na indústria automobilística, no revestimento de portas laterais, estofamentos e consoles, além de ser empregado na indústria moveleira para fundos de gavetas e armários (HOWARD, 2000).

Madeira serrada – denominação genérica de vários produtos, destacando-se dormentes, madeira aplainada, beneficiada, semielaborada, perfis, vigas, etc., com espessura normalmente superior a 5 mm.

MDF – painel produzido a partir de fibras de madeira, aglutinadas com resinas sintéticas através de temperatura e pressão, destinado principalmente à indústria moveleira. O MDF permite acabamentos do tipo envernizamento, pinturas em geral ou revestimentos com papéis decorativos, lâminas de madeira ou PVC, com densidade em torno de 0,70 g/cm³, intermediária entre a do painel de aglomerado e do *hardboard*, e com consistência similar à da madeira maciça.

5) Vigas e peças de madeira (portas, *decks*, estruturas de construção, etc.): confeccionadas utilizando-se técnicas de fabricação para madeira laminada colada (MLC). De acordo com Miotto e Dias (2009), a MLC consiste na colagem de duas ou mais lâminas de madeira, de modo que as fibras de todas as lâminas sejam paralelas ao comprimento da

peça estrutural obtida (Figura 10). É produzida a partir da seleção e disposição adequada de lâminas, podendo formar peças com as mais variadas formas e dimensões.

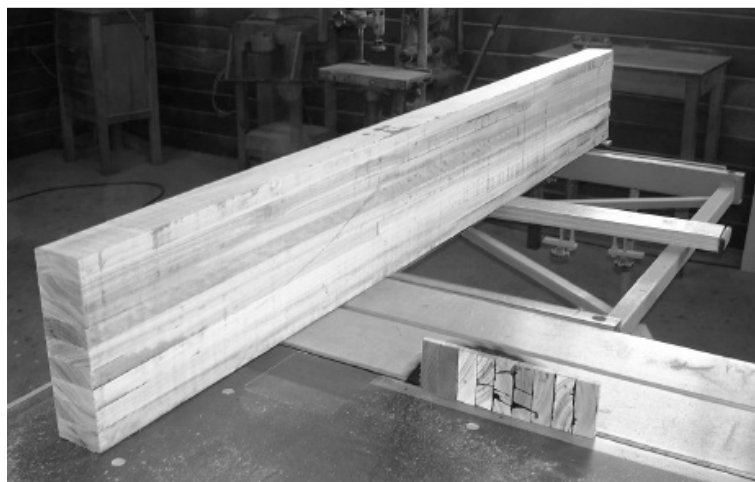


Figura 10 - Madeira laminada colada
Fonte: Miotto; Dias, 2009

Na manufatura de peças de MLC com grandes comprimentos, via de regra é necessária a execução de emendas nas lâminas, sendo comumente utilizada a emenda dentada ou *fingerjoint* (sistema semiautomático que atende à necessidade de emenda de topo de peças de madeira pelo sistema vertical) (Figura 11) e tem dentes com aproximadamente 28 mm de comprimento. Outras configurações são também aceitáveis, contanto que alcancem as exigências de resistência e durabilidade requeridas (MIOTTO; DIAS, 2009).

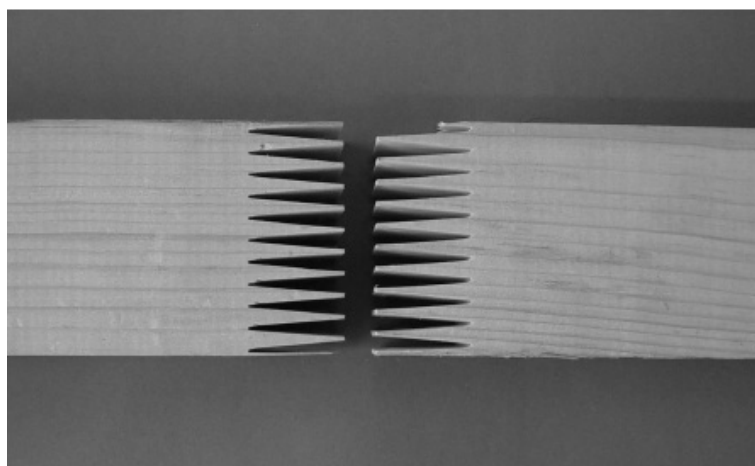


Figura 11 - Sistema de emenda dentada
Fonte: Miotto; Dias, 2009

6) Paisagismo com peças de madeira fatiando as toras roliças de poda, mourões feitos de toras roliças, pequenos arrimos. Essas madeiras podem passar por tratamentos para a retirada de cupins, e também para deixá-las resistentes à ação do tempo (ABBUD, 2006).

Podem ser feitos caminho ou pisos de fatia de galhos e toras, comumente já utilizados no paisagismo de jardins (Figura 12).



Figura 12 - Caminho de madeira feito de galhos e fustes fatiados

Fonte: Pacific, 2010

Também com fim paisagístico, podem-se fazer brinquedos de madeira roliça (Figura 13) utilizados em parques, praças e outros (ABBUD, 2006).

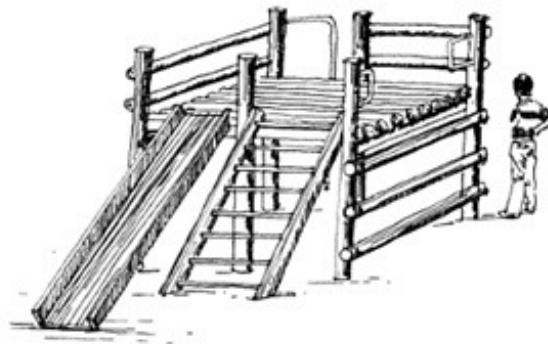


Figura 13 - Brinquedo de tora roliça

Fonte: Abbud, 2006

7) Painéis decorativos (Figura 14) feitos com fatias de galhos colados sobre uma chapa de compensado. O Sebrae relata no boletim empreendedor de junho de 2010 uma iniciativa que nasceu de uma ideia simples e acabou se transformando num trabalho, envolvido pela motivação social e ambiental e reconhecido internacionalmente. Ao criar um pequeno utensílio com as podas das macieiras que plantava na cidade de Palmas/PR, Sheli Utsunomiya Hosoi, juntamente com a artesã Anne Casagrande Weiler, tiveram a ideia de aproveitar essas podas que anualmente são queimadas ao ar livre pelos produtores da região, conhecida por ser a maior área de cultivo da fruta no Paraná.



Figura 14 - Placa revestida com madeira de poda de macieira
Fonte: Seivarte, 2011

Transformaram as podas, cortadas diametralmente, em placas, vasos, porta retratos, mosaicos, mesas, cadeiras, e até decoração de paredes inteiras (Figura 15). Com a transformação desses resíduos em arte, as artesãs, além de conseguirem evitar que essas podas contaminassem o pomar, criaram peças de *design* reconhecido por prêmios nacionais e internacionais, como o Planeta Casa 2005 e o DEBrazil, em Hannover, na Alemanha.



Figura 15 - Parede inteira revestida com madeira de poda de macieira
Fonte: Seivarte, 2011

Essa iniciativa se tornou uma empresa chamada Seivarte, que passou a promover um trabalho social, gerando 12 empregos diretos para senhoras da terceira idade, que produzem os artigos e trabalham as podas para serem usadas no artesanato. Senhoras que não tinham emprego nessa região do Paraná, e não realizavam nenhuma atividade, agora produzem e criam.

8) Além de todas as possibilidades já citadas, podem ser utilizadas para a fabricação de pequenos objetos de madeira (POM) (Figura 16), como: artigos domésticos, peças decorativas, brinquedos, objetos de uso pessoal, equipamentos esportivos, assim como objetos artesanais e até mesmo móveis, proporcionando renda e diminuindo o desperdício dessa matéria-prima (STERNARD, 2002).



Figura 16 - Decorativos e móveis de resíduo de madeira
Fonte: Residual Móveis, 2011

No entanto, todas as possibilidades de valorização dos resíduos devem levar em conta a sua escala e sazonalidade de geração ao longo do ano, as características básicas e propriedades físicas, químicas, mecânicas, as quais favorecem e limitam a utilização dos resíduos, para que o seu emprego em larga escala seja valorizado (MEIRA, 2010).

2.6 Companhia Paranaense de Energia (Copel) – Arborização de vias públicas

A Copel criou, em novembro de 2006, um Programa de Responsabilidade Socioambiental de Arborização Urbana, para melhorar a qualidade da arborização das vias públicas do Estado do Paraná e o manejo da vegetação junto a sistemas elétricos.

O programa da Copel aborda: publicações técnicas, produção e fornecimento de mudas de espécies com características adequadas para os municípios, substituição de árvores de risco e aprimoramento de técnicas de podas. Destaca-se nesse programa a capacitação de gestores e servidores municipais por meio do curso “Árvore Certa no Lugar Certo”, efetuado em parceria com a Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano – Sedu e o Instituto Ambiental do Paraná – IAP.

A Companhia participa, também, do Grupo de Trabalho em Manejo de Vegetação junto a Sistemas Elétricos da Fundação Coge, criado em novembro de 2007, com o objetivo de influenciar na tomada de decisões quanto à formulação de políticas públicas relacionadas à arborização urbana, além de permitir a troca de informações e experiências entre as concessionárias de energia elétrica.

Em 2008, a fim de prospectar as técnicas mais modernas na gestão da arborização urbana visando à inclusão nos seus processos, a Copel filiou-se à Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – SBAU e à International Society of Arboriculture – ISA.

A Copel fez uma publicação técnica chamada “Arborização de vias públicas – Guia para os municípios”, que já se encontra em sua 2ª edição, em novembro de 2009, e é um instrumento de orientação básica que busca apresentar os critérios técnico-científicos a serem considerados no planejamento da arborização das vias públicas, presente nos pequenos, médios e grandes municípios paranaenses. Este guia para municípios aborda:

- a) informações sobre a arborização urbana, dando enfoque aos benefícios proporcionados pelas árvores tanto ecologicamente, esteticamente, como econômica e socialmente;
- b) como conciliar arborização de vias públicas e redes de distribuição de energia elétrica;
- c) como planejar a arborização de vias públicas;
- d) que árvores plantar;
- e) onde plantar;
- f) quando e como plantar;
- g) depois de plantar;
- h) substituição de árvores;
- i) monitoramento e cadastramento da arborização de ruas.

Por meio desse guia, os municípios podem iniciar o planejamento urbano, estabelecendo o plantio das espécies adequadas de forma que os atuais problemas advindos de arborização sem planejamento não ocorram mais.

2.6.1 Podas realizadas pela Copel

A Copel realiza, no Estado do Paraná, as atividades de poda de árvores sob as redes de distribuição primária (alta tensão) e secundária (baixa tensão), podendo elas estarem energizadas ou desenergizadas, devendo para tanto ser cumprido o estabelecido na Norma Administrativa da Copel NAC 060110, de Segurança na Manutenção de Redes de Distribuição.

A execução desses serviços poderá ser realizada por equipes próprias ou contratadas, mas, para isso, a Copel desenvolveu o Manual de Instruções Técnicas – MIT, elaborado desde de 2006, e que passou por revisões em 2007, 2008 e 2009.

O Manual tem o objetivo estabelecer metodologias para a execução de poda de árvores, sob ou próximas às redes de distribuição, visando reduzir as interrupções acidentais do sistema elétrico, preservar a integridade física dos podadores, eliminar os riscos provenientes de condutores rompidos pela ação de galhos, proteger o transeunte, sem deixar de levar em consideração os aspectos estéticos e ambientais para os quais esta atividade concorre.

Dessa forma, define a poda como o ato de cortar os ramos ou galhos das árvores em pé, evitando o contato dos mesmos com as redes energizadas que possam colocar em risco a integridade de pessoas, animais, instalações e a operacionalidade do sistema elétrico.

2.6.1.1 Execução da tarefa de poda

Fatores a serem considerados na análise de risco, no local da execução das tarefas/serviços: tráfego, pedestres, veículos, segurança, meio ambiente, recursos humanos e materiais.

Quanto ao meio ambiente, procurar executar a poda de forma a não desestabilizar a árvore (cortando galhos somente de um lado, por exemplo) ou reduzir drasticamente a massa verde da copa (o que, dependendo da espécie, poderá resultar na morte da árvore), conforme a lei de crimes ambientais nº 9.605, artigo 49 – destruir, danificar, lesar ou maltratar, por qualquer modo ou meio, plantas de ornamentação de logradouros públicos ou em propriedade privada alheia. A poda de árvores da arborização urbana somente deverá ser executada com autorização do órgão competente ou mediante convênio (Prefeituras, Secretaria Municipal do Meio Ambiente ou IAP). E se deve atentar para as legislações específicas de cada município.

A poda de galhos de árvores próximos ou tocando a rede secundária (baixa tensão) energizada, será executada somente quando a árvore não estiver molhada. É expressamente proibido o trabalho em condições climáticas adversas, como chuva e/ou ventos fortes. Os critérios de poda estão estabelecidos para as redes (COPEL, 2009):

Redes primárias – alta tensão: Os galhos de árvores que estiverem dentro da “área contaminada” (Figura 17) (NAC 060110), porém, abaixo dos condutores das redes (primárias) de alta tensão (convencionais ou compactas) e os galhos que estiverem crescendo de baixo para cima em sua direção, devem ser podados, desde que não estejam tocando nos condutores.

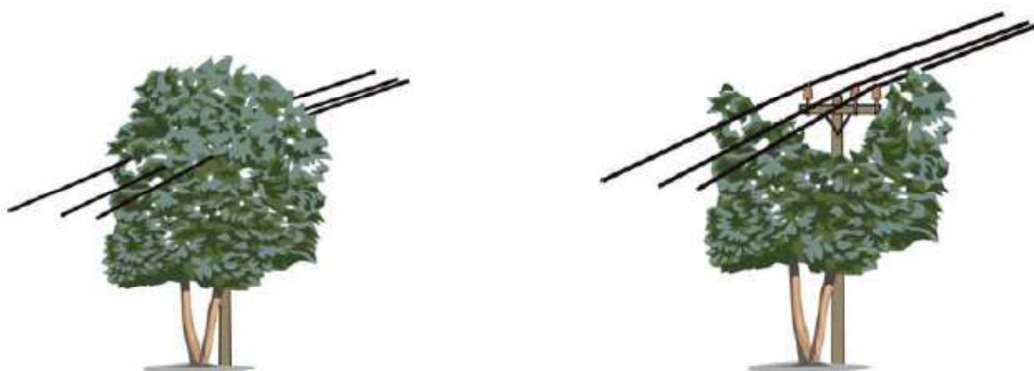


Figura 17 - Rede primária (alta tensão) convencional antes da poda da árvore e Rede primária (alta tensão) convencional após a poda da árvore
Fonte: Copel, 2009

Em função da análise de risco e planejamento inicial da tarefa, poderá ser necessária a descida dos condutores ao solo (possibilidade da queda de galhos com rompimento de condutores). Os galhos altos que estão sobre as redes primárias (tocando nos condutores) podem causar danos ao sistema elétrico ou a terceiros, se podados sem o uso de cordas.

Rede secundária isolada – baixa tensão: devem ser podados os galhos que estejam forçando fisicamente os condutores isolados (Figura 18), bem como todos os componentes da rede. A poda de galhos de árvores próximos ou tocando a rede secundária (baixa tensão) energizada será executada somente quando a árvore não estiver molhada. É expressamente proibido o trabalho em condições climáticas adversas, como chuva e/ou ventos fortes.



Figura 18 - Rede secundária (baixa tensão) convencional antes da poda da árvore e Rede secundária (baixa tensão) após a poda da árvore
Fonte: Copel, 2009

A Copel utiliza, para viabilizar o processo de poda e encaminhamento dos resíduos: o veículo 3 em 1, pois, além de possuir mecanismos como o podador hidráulico (Figura 19), ele está equipado com triturador de galhos com capacidade para galhos com diâmetro de cinco polegadas, com produtividade de nove metros cúbicos por hora quando em funcionamento pleno, e o nível de ruído não deverá ser superior a 85 dB em um raio de 360° a uma distância de 10 metros; container para transporte de galhos picados, com capacidade de 14 metros cúbicos, fechado e com descarga basculante; hidroelevador provido de uma cesta isolada, com alcance mínimo de 14 metros, com duas saídas hidráulicas, nível de isolamento de 46 kV e funcionamento simultâneo interior do veículo, tendo esse veículo o valor aproximado de R\$ 500.000,00.



Figura 19 - Equipamento picador 3 em 1
Fonte: Copel, 2009

Esse equipamento facilita o trabalho da Copel na realização das atividades de risco para os operadores (Figura 20), através das (permitindo as) podas em bifurcação.



Figura 20 - Arborização durante e após a poda com o equipamento 3 em 1
Fonte: Copel, 2009

2.6.1.2 Casos especiais de poda

Existem casos de árvores que aparentemente não interferem na rede (podendo inclusive localizar-se relativamente longe), mas que, sob a ação dos ventos e tempestades, atingem os condutores. Tais árvores devem ser observadas e podadas levando-se em consideração o ângulo de projeção ou alcance de seus galhos com relação à rede, quando movimentados pelo vento ou peso da água condensada da chuva (COPEL, 2009).

De acordo com Copel (2009), sempre que possível, a poda deve ser executada de forma a não comprometer a estabilidade da árvore, executando-a até o limite de 50% da massa verde da copa, e em toda a sua circunferência. Caso seja necessário executar a poda de maneira diferente da acima descrita, ou ainda, que seja constatada a necessidade de corte da árvore, o mesmo somente poderá ser executado com autorização do órgão competente (Instituto Ambiental do Paraná – IAP ou Secretarias Municipais de Meio Ambiente – SMMA).

No caso de espécies não lenhosas (vulgarmente: “que não dão madeira”), como bananeiras ou bambus, por exemplo, somente é proibido o corte (sendo necessária obtenção de autorização para executá-lo) quando as mesmas localizarem-se em Áreas de Preservação Permanente definidas pela legislação vigente – beira de rios, córregos e nascentes, próximo a banhados, locais com declividade $> 45^\circ$, etc. (COPEL, 2009).

A identificação de árvores que estejam interferindo com a rede é feita, em geral, pela observação das folhas, que se apresentam queimadas, ou pelo perfil da árvore do lado da linha, apresentando reentrâncias (COPEL, 2009).

2.7 O caso da arborização do Município de Maringá/PR

Maringá, fundada em 10 de maio de 1947, teve seus pioneiros, em sua maioria, vindos do Nordeste, São Paulo e Minas Gerais. Passou de Distrito de Mandaguari (1947), para Vila em 1948 e, em 1951, conquistou o *status* de Município (TAKAHASHI, 1997).

Diretamente integrada a um grande empreendimento agrícola e imobiliário, Maringá é decorrente da marcha pioneira que avançou em direção ao norte do Paraná e à região noroeste de São Paulo na primeira metade do século XX, tendo como eixo as linhas ferroviárias então abertas e trazendo consigo os grandes cafezais no lugar da mata atlântica (REGO, 2001).

Maringá foi projetada pelo engenheiro Jorge Macedo de Vieira, a pedido da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), responsável pela colonização do norte do Paraná. Como se sabe, não só o desenho da cidade de Maringá como outros projetos de Macedo Vieira demonstram forte influência dos princípios formais da cidade-jardim inglesa (STEINKE, 2007; REGO; MENEGUETTI, 2005).

Seguindo a prática projetual da Companhia, o engenheiro urbanista desenvolveu o projeto urbano a partir de um rigoroso levantamento planialtimétrico da área (ainda protegida por sua densa cobertura florestal), o que garantiu a qualidade da implantação e a individualidade da forma urbana (STEINKE, 2007; REGO; MENEGUETTI, 2005).

Era a prática do escritório técnico da companhia adaptar o padrão de um traçado urbano (normalmente regular e geométrico) às circunstâncias geográficas do sítio escolhido para se implantar uma nova cidade (REGO, 2001).

Sobre a arborização de Maringá, iniciada em 1949, é necessário citar o nome de Dr. Luiz Teixeira Mendes, que chegou à cidade em 1949, contratado pela CMNP, e que tinha exercido a função de Chefe do Serviço Florestal de São Paulo, sendo o idealizador da paisagem urbana da cidade de Maringá (TAKAHASHI, 1997).

Conhecedor de Botânica e técnico em Silvicultura formado em Piracicaba, onde integrou uma das primeiras turmas do curso de Agronomia e foi professor de Botânica e Silvicultura, seu primeiro trabalho em Maringá foi a criação do Horto Florestal, onde seriam produzidas as mudas de árvores, com área de 37 hectares. Essa reserva conserva até hoje a mata nativa original (GARCIA, 2006).

Dr. Luiz Teixeira Mendes preocupou-se primeiro em formar canteiros, dentro do Horto Florestal, para acomodar as diversas mudas que vinham principalmente de São Paulo, encomendadas pela Cia Melhoramentos para serem plantadas em Maringá, e nas outras cidades recém-criadas (TAKAHASHI, 1997).

O conjunto de espécies que formaria a grande massa verde de Maringá teria origens diversas. A grevílea robusta, por exemplo, hoje presente em avenidas e parques, foi trazida da sede do Serviço Florestal de São Paulo, localizada na Serra da Cantareira, que por muito tempo estivera sob a chefia do Dr. Luiz, que teve o auxílio de Aníbal Bianchini, engenheiro agrônomo formado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de Piracicaba/SP, também contratado pela CMNP em 1952 (MENEGUETTI, 2009).

De Campinas vieram, originariamente, as sementes e mudas de *flamboyants*, sibipirunas, tipuanas, pau-ferro e tantas outras, abundantes atualmente por toda a cidade (TAKAHASHI, 1997).

A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, por meio da seção de Horticultura, também contribuiu, fornecendo exemplares de palmeiras, e das tamareiras que hoje ornamentam algumas avenidas centrais. Por outro lado, a introdução de certas espécies foi possível colhendo sementes na mata. Foi o caso do ipê-roxo, cujas sementes foram obtidas na chamada Serrinha do Camargo, hoje o Município de Doutor Camargo, a 30 km de Maringá (GARCIA, 2006).

A arborização de Maringá é afamada por possuir belos parques, que atraem turistas e habitantes pela boa qualidade de vida, e colhe frutos por ter tido uma iniciativa ambientalmente melhor do que muitas cidades brasileiras.

As espécies plantadas inicialmente foram variadas: *Jacaranda mimosaeifolia* (jacarandá mimoso), *Tipuana tipu* (tipuana), *Holocalyx balansae* (alecrim), *Delonix regia* (flamboiant), *Caesalpinia peltophoroides* (sibipiruna), *Tabebuia avellaneda* (ipê roxo), *Phoenix dactylifera* (tamareira), *Ficus guaranítica* (figueira branca), *Grevilea robusta* (grevílea), *Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya* (pau ferro), *Tibouchina granulosa* (quaresmeira), *Cassia speciosa* (manduirana), *Spathodea campanulata* (espatódea), *Roystonea* spp. (palmeira imperial) (Catálogo DPHC, 1995:207).

A prefeitura foi se consolidando, passando a assumir essa responsabilidade, criando um Departamento denominado de Parques e Jardins, sob a orientação técnica da CMNP, que orientou a prefeitura até 1982 (MENEGUETTI, 2009).

O crescimento da cidade foi tornando o viveiro, destinado à produção das mudas para a arborização, insuficiente para atender a demanda. E a prefeitura, então, passou a comprar mudas de outros locais para a formação e manutenção de seu próprio viveiro. A infraestrutura da prefeitura destinada aos cuidados e planejamentos da arborização não conseguiu acompanhar as necessidades para se manter a boa qualidade do “verde” maringaense (REGO, 2001).

Milano (1988), em sua tese de doutorado, indicava que um manejo mais adequado seria vital para a manutenção da qualidade da arborização urbana.

Sampaio (2006) constatou, na pesquisa de campo que realizou no Município de Maringá, 113 espécies vegetais de porte arbóreo e arbustivo plantadas, num total de 93.261 árvores verificadas pelas vias de Maringá da área do traçado inicial que corresponde a 72,55% da área da malha urbana do município.

A diversidade de espécies em Maringá vem aumentando principalmente pelo fato de que a própria população acaba por fazer muitos plantios irregulares com espécies escolhida a seu gosto (MILANO, 1988).

De acordo com Milano (1988), a arborização de Maringá possuía cerca de 60 espécies nas vias públicas. No entanto com os dados do trabalho de Sampaio (2006), tem-se um acréscimo de 53 espécies identificadas. As espécies de maior ocorrência continuam praticamente as mesmas verificadas por Milano.

Já a área verde estimada de Maringá, de acordo com Sampaio (2006), considerando apenas as árvores de vias públicas, é de aproximadamente 25,24/m²/hab, ou seja, acima do índice verificado por Milano (13,9/m²/hab).

Segundo a COPEL, Maringá teve toda a sua rede de alta tensão integrada ao programa S.O.S Árvore, com a instalação de redes compactas⁵, com as obras iniciadas em março de 1994. A instalação de 370 km de rede foi parceria entre a Copel e a Prefeitura, que dividiram os custos ao meio, e tiveram um valor investido de R\$ 10,9 milhões. As interrupções no fornecimento de energia foram reduzidas em 84% na frequência e em 82% na duração (GARCIA, 2009).

⁵ É um sistema de distribuição de energia elétrica aéreo, no qual a rede primária é constituída de três condutores cobertos por uma camada de polietileno reticulado XLPE (composto extrudado de polietileno termofixo), sustentados por um cabo mensageiro de aço (com 9,5 mm de espessura).

Conforme a Copel, Maringá teve toda a sua rede de alta tensão integrada ao programa S.O.S Árvore, com a instalação de redes compactas, com as obras iniciadas em março de 1994. A instalação de 370 km de rede foi parceria entre a Copel e a Prefeitura, que dividiram os custos ao meio, e tiveram um valor investido de R\$ 10,9 milhões. As interrupções no fornecimento de energia foram reduzidas em 84% na frequência e em 82% na duração (GARCIA, 2009).

2.7.1 A arborização do Município de Maringá – pedidos de podas e quedas de árvores

De acordo com os dados da Ouvidoria da Prefeitura de Maringá, no ano de 2010 foram feitos oito mil pedidos de podas e remoções. De janeiro a outubro de 2010 foram recebidas 59.416 solicitações, e 50.843 foram atendidas. A cada sete pedidos, um está sem solução, sendo a maioria das pendências casos de remoção de árvores.

Relata o ouvidor Marlos Almeida, a situação é boa se comparada ao número de pedidos abertos e atendidos, e pela demanda que há em Maringá.

A matéria do dia 1º de outubro de 2010, do jornal *O Diário de Maringá*, relata o caso da árvore *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna), doente por ataques de cupins, que precisou ser removida do local. No entanto, o pedido de remoção já havia sido realizado um ano antes.

Segundo Gilson Roberto da Silva, Secretário interino de Serviços Públicos, em 2005 estavam sendo atendidos protocolos de 1997, tendo diminuído de 8 para no máximo 5 anos o tempo de remoção de uma árvore condenada.

Esse atendimento a longo prazo resulta em riscos ao cidadão, como, por exemplo, a queda dessas árvores (Figura 21) em locais onde se encontram automóveis e motocicletas, comprometendo a segurança de motoristas, motociclistas e dos transeuntes.



Figura 21 - Árvore que caiu em cima de um veículo com o condutor, na Avenida Brasil Centro de Maringá no dia 22/11/2011

Fonte: Jornal *O Diário de Maringá*, 2011

2.8 APROVEITAMENTO DE MADEIRA DA ARBORIZAÇÃO PELA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ/PR

A Universidade Estadual de Maringá/PR realizou um projeto de aproveitamento da madeira de um Eucalipto que se encontrava atrás da atual Biblioteca Central, que precisou ser retirado (Figura 22) para a ampliação da biblioteca. Esse Eucalipto, segundo funcionários da Uem, tinha por volta de 28 anos.



Figura 22 - Eucalipto retirado de trás da biblioteca central da Uem

Fonte: Marcelo Monteiro, 2011

Com isso, surgiu o projeto Arte e Meio ambiente, vinculado ao Departamento de Arquitetura e Reitoria da Uem, no período de 01/05/2008 a 30/04/2010, sendo responsável pela coordenação Marcia Clotilde Facci Capellette e com a orientação da professora Maria Dalva de Barros Carvalho, com apoio do Parque Ecológico e Departamento de Ciências Morfológicas.

Visando à transformação da madeira de Eucalipto em esculturas, foi feito um convênio entre a Uem e a Caixa Econômica Federal, para prover recursos financeiros para a execução do projeto e a contratação do artista Marcelo Monteiro, que trabalha a madeira com ferramentas manuais, e as transforma em esculturas.

Segundo Marcelo Monteiro, o tema das esculturas foi a “História da Uem”, pois as peças foram inseridas em determinados pontos da passarela central do campus e fizeram parte do projeto de revitalização da passarela.

Marcelo Monteiro já havia feito uma peça de madeira que está no campus próximo ao Departamento de Enfermagem desde o ano de 2005, e, para o projeto Arte e Meio Ambiente, foram feitas mais duas peças. A primeira é “A Leitora”, a segunda peça é “O Imigrante”, a terceira é “O Contestador” e quarta peça é a logo da Uem.

2.8.1 Produção das esculturas

A peça “A Leitora” foi projetada para ficar na frente ao bloco 103, que no passado era a antiga biblioteca central. Para essa peça, separou uma parte da madeira do Eucalipto (Figura 23) com a medida necessária para a realização da escultura, pois as peças são feitas inteiras, não há emendas ou enxertos de madeira.



**Figura 23 - Peça de madeira escolhida para a escultura “A Leitora”
Fonte: Marcelo Monteiro, 2011**

E por meio de suas ferramentas e habilidade a peça de madeira adquiriu as formas iniciais da escultura (Figura 24).



Figura 24 - Rosto da escultura é o ponto inicial da peça
Fonte: Marcelo Monteiro, 2011

No final, com a peça pronta, todos os detalhes, como a vestimenta da época, as mãos, os pés, e o cabelo da figura feminina, dão à escultura uma aparência de realidade (Figura 25) e (Figura 26).



Figura 25 - Detalhes das mãos e cabelos da peça artística de madeira
Fonte: Marcelo Monteiro, 2011



Figura 26 - Escultura “A Leitora”
Fonte: Marcelo Monteiro, 2011

A segunda peça, que é “O Imigrante”, Monteiro a desenvolveu com base na história dos pioneiros que vieram até a região em busca de uma nova vida e trabalho nas lavouras de café. Inicialmente foi cortada uma medida da tora de Eucalipto, o suficiente para fazer a peça (Figura 27).



Figura 27 - Tora de Eucalipto cortada para a peça “O Imigrante”
Fonte: Marcelo Monteiro, 2011

A tora recebeu os primeiros traços da face da figura masculina, com detalhes do rosto e nariz (Figura 28) e em seguida o corpo (Figura 29).



Figura 28 - Etapa inicial da escultura "O Imigrante"
Fonte: Marcelo Monteiro, 2011



Figura 29 - Escultura "O Imigrante"
Fonte: Marcelo Monteiro, 2011

Essa escultura se encontra adjacente a passarela central próximo aos blocos do Instituto de Línguas e do Centro de Vestibular Unificado ambos no campus da Uem (Figura 30).



**Figura 30 - Peça “O Imigrante”, instalada próximo à passarela central
Fonte: Marcelo Monteiro, 2011**

As demais peças serão preparadas para a inserção no campus da Uem, restando apenas “O Contestador” e a logo da Uem. O objetivo deste projeto foi trazer a arte à comunidade interna e externa da Uem, transformando o aproveitamento de madeira de uma árvore removida em arte, com intuito de preservar o ambiente.

Essa iniciativa da Universidade Estadual de Maringá poderia ser aplicada a todo o município. No lugar das árvores removidas poderiam surgir esculturas que contassem a história do local, de forma a preservar a memória da cidade pela arte sustentável.

3 METODOLOGIA

3.1 Local de estudo

O estudo foi desenvolvido no Município de Maringá/PR (Figura 31), que está situado no noroeste do Estado do Paraná, em área de abrangência dos basaltos da formação Serra Geral. O perfil geomorfológico do município é predominantemente suave, entre 500 e 600 metros de altitude, constituído por grandes extensões com baixas declividades. O Município de Maringá possui uma área da unidade territorial de 488 km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010) e população estimada de 357.117 habitantes.

Nessa região “de terra roxa”, os topos dos derrames possuem menor resistência ao intemperismo, e, sob a ação da erosão, formam relevos do tipo *cuesta* ou *meseta*.

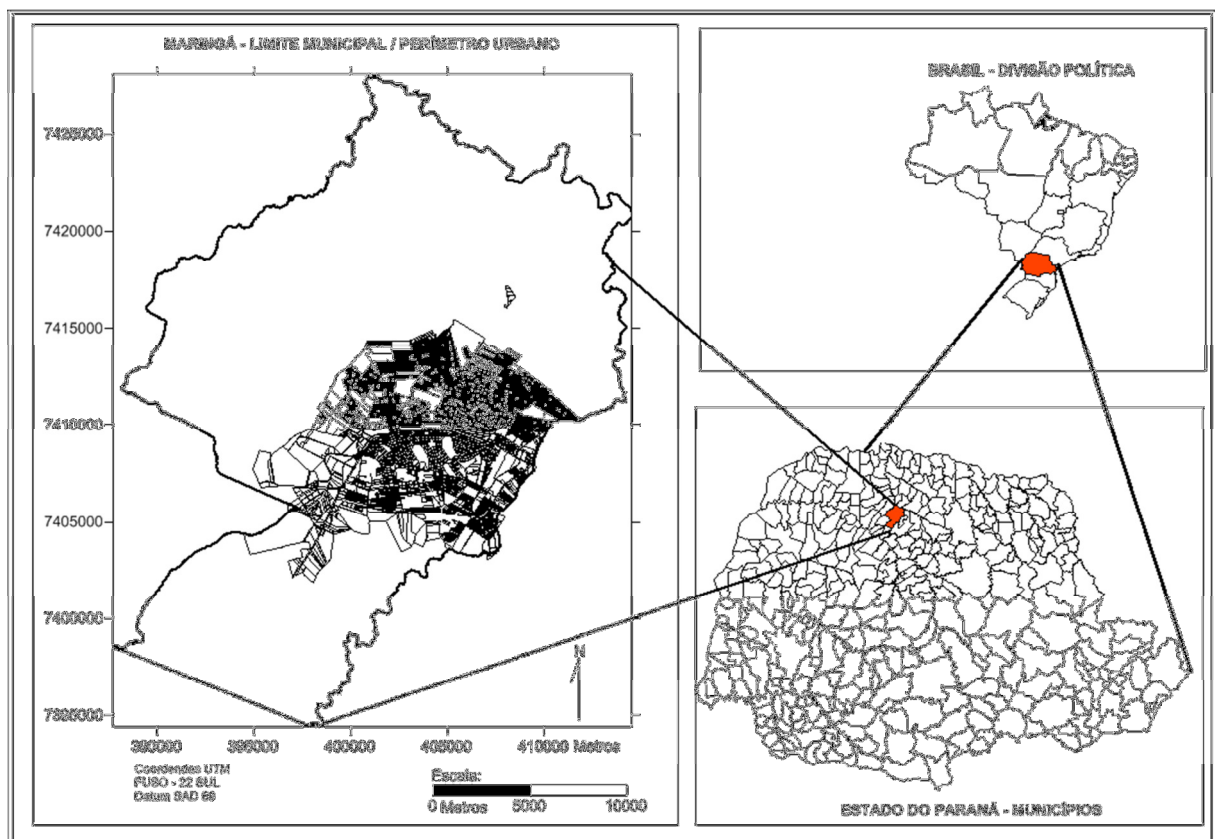


Figura 31 - Mapa do Paraná destacando o Município de Maringá/PR

A pesquisa foi realizada na área do traçado inicial do Município de Maringá, compreendendo as seguintes zonas: zona 1 a zona 10 e zona 12 (Figura 32). Por se tratar da região mais antiga de Maringá e que segundo Sampaio (2006) estão em condições gerais sofríveis (danos físicos, doenças e pragas).

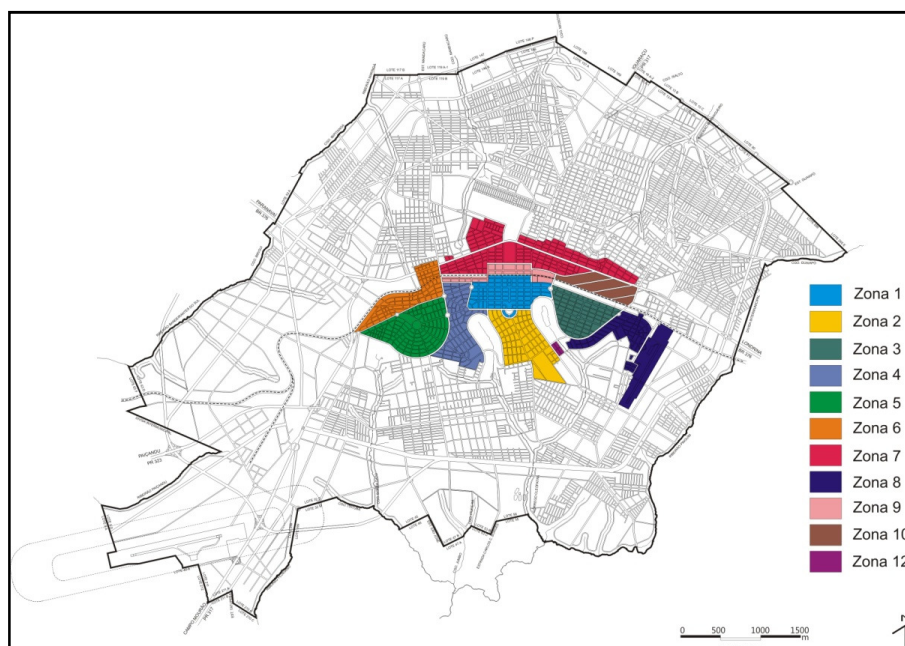


Figura 32 - Cidade de Maringá e Área do Plano Piloto subdividida em zonas
Fonte: Sampaio, 2006 (adaptado)

3.2 A pesquisa

Este estudo é exploratório, descritivo, de natureza quali-quantitativa e propositivo. Para a verificação da gestão das podas de árvores, foram levantadas a frequência das podas e as condições de acondicionamento das árvores, galhos podados e também das árvores removidas.

A pesquisa consiste em verificar a utilização e viabilidade técnica de multiuso de madeiras das podas das árvores da cidade de Maringá.

3.2.1 Caracterização e gestão do sistema de poda e remoção de árvores

Para a caracterização do sistema de poda e remoção da arborização urbana, realizados pela Prefeitura Municipal, foram coletadas as informações sobre os seguintes aspectos:

- procedimentos e operações realizadas para a execução dos serviços de poda e remoção;
- destinação dos resíduos;
- características da mão de obra responsável pela execução das atividades;
- custos para a realização da poda e da remoção.

Os dados foram obtidos por meio de:

- análise do documento de licitação do serviço de poda e remoção da arborização urbana do Município de Maringá;
- realização de entrevistas com engenheiros e técnicos da Prefeitura Municipal, conforme o APÊNDICE A e B.

As informações foram coletadas por meio de entrevistas, com roteiros semiestruturados. Foram utilizados os dados sobre a quantidade espécies arbóreas mais frequentes do Município de Maringá do estudo de Sampaio (2006).

3.2.2 Organização da pesquisa

Para a realização deste estudo, foi utilizada uma sequência para a pesquisa e entrevistas na Secretária Municipal de Serviços Públicos - SEMUSP, e por fim a coleta de amostras de madeira para a análise em laboratório (Figura 33).

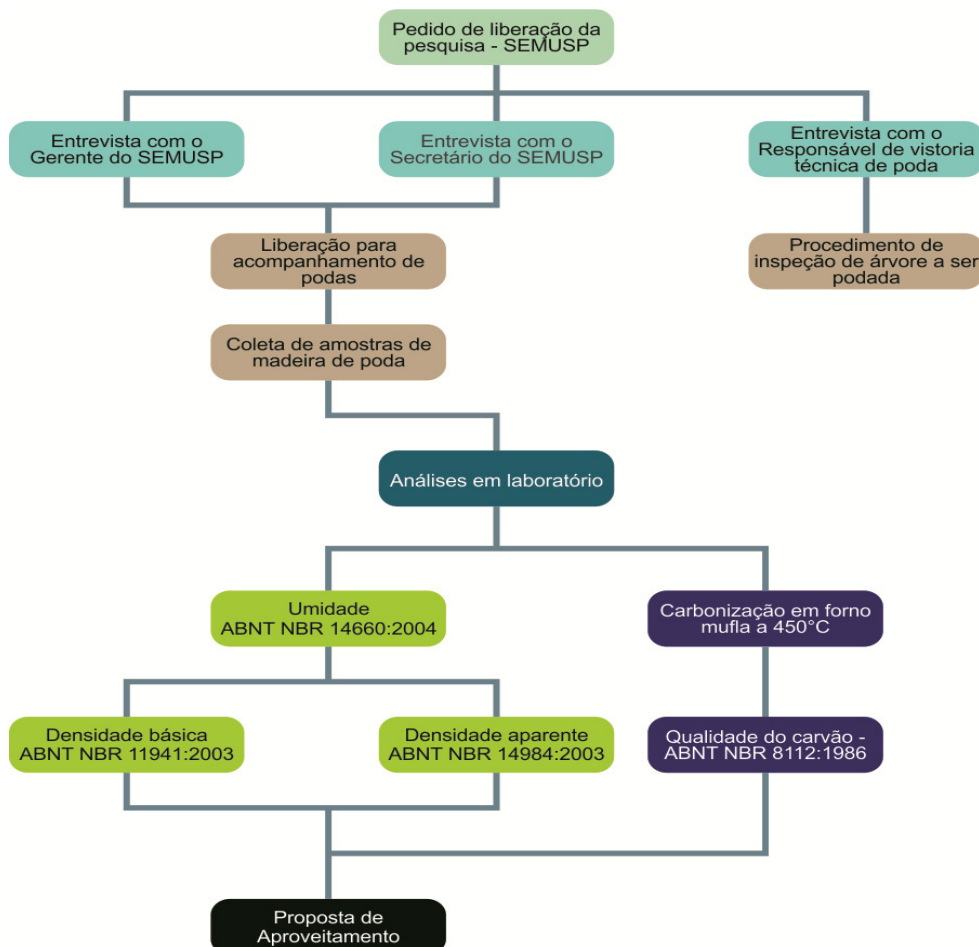


Figura 33 - Fluxograma da coleta de dados e execução da pesquisa, iniciada em março de 2011

Para iniciar o processo de coleta de dados e acompanhamento das podas no município, foi solicitada a autorização do Secretário de Serviços Públicos de Maringá. Com a liberação, foram realizadas entrevistas com o Gerente do setor de parques e jardins da SEMUSP (questionário no APÊNDICE A), e finalmente a entrevista com os responsáveis técnicos pela vistoria e autorização das podas (questionário no APÊNDICE B).

Após as entrevistas, foi dada a liberação por parte do gerente para que o acompanhamento das podas pudesse ser feito juntamente com a equipe de podas da SEMUSP, e também da coleta de tronco, galhos e ramos.

Na sequência das coletas, de acordo com as programações disponíveis nos laboratórios da Uem foram iniciadas as carbonizações e verificações das normas de qualidade do carvão (ABNT NBR 8112:1986); e para as verificações do aproveitamento da madeira para POM: amostragem e preparação para análise (ABNT NBR 14660:2004), densidade básica (ABNT NBR 11941:2003), densidade aparente de cavacos (ABNT NBR 14984:2003), já para as verificações da madeira quanto à utilização na construção civil foi feita a caracterização simplificada da resistência da madeira (ABNT NBR 7190:1997) para determinação da classe de resistência da madeira, por fim, as verificações de resultados para a destinação final segundo cada propriedade físico-química e mecânica.

3.3 Quantificação dos resíduos de poda e remoção

A constatação da quantidade de resíduos de poda foi feita de acordo com o seguinte objetivo: determinar o volume total de resíduos de poda, gerado por meio das operações realizadas pela Prefeitura Municipal.

E para essa verificação foram necessárias entrevistas no setor da Secretaria Municipal de Serviços Públicos de Maringá, conforme será descrito nos subitens subsequentes.

3.3.1 Definição da amostragem das espécies

O ponto inicial da pesquisa foram os estudos já realizados por Sampaio (2006) sobre a arborização urbana no Município de Maringá, que, por meio de um inventário, quantificou o número de indivíduos arbóreos, identificou as espécies mais frequentes da arborização viária e estimou as necessidades de plantio para a mesma.

De acordo com Sampaio (2006), as 10 espécies mais frequentes (Tabela 4) tendo suas frequências somadas resultam em 74,76% da arborização de vias públicas de Maringá, o

que mostra que apesar de ter boa variabilidade de espécies (113 espécies) a composição geral fica concentrada em poucas espécies.

Tabela 4 - Frequência (F) em porcentagem das 10 principais espécies arbóreas encontradas em toda a população amostrada da pesquisa de Sampaio (2006)

Nome Popular	Nome Científico	Total	F (%)
SIBIPIRUNA	<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	36.570	39,21
IPÊ ROXO	<i>Tabebuia avellanedae</i> Lorentz ex Griseb.	9.595	10,28
TIPUANA	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	6.263	6,72
OITI	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	3.257	3,49
FALSA MURTA	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	2.965	3,18
JACARANDÁ	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	2.680	2,87
LIGUSTRUM	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	2.596	2,78
ALECRIM	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	2.560	2,74
IPÊ AMARELO	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl.	1.844	1,98
FLAMBOYANT	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	1.397	1,50
TOTAL		69.727	74,76

Fonte: Sampaio, 2006 (adaptado)

A espécie *Caesalpinia peltophoroides* (sibipiruna), considerando toda a amostra, foi a única fora do padrão proposto por Grey e Deneke (1978), que permite uma frequência de 10% até 15%, em zonas urbanas, de uma mesma espécie.

Dessa forma, o problema da composição florística, de maneira geral, ficou concentrado principalmente nessa espécie, porém, os dados permitiram a análise da composição florística em várias zonas (áreas compostas de vários bairros e delimitadas pela Prefeitura Municipal de Maringá), o que demonstrou que em várias localidades outras espécies também apresentam frequências elevadas (SAMPAIO, 2006).

A partir dos dados desse inventário, foram selecionadas as três espécies de maior frequência no município (Figura 34) para este estudo, *Caesalpinia peltophoroides* (sibipiruna), *Tabebuia avellanedae* (ipê roxo) e *Tipuana tipu* (tipuana).

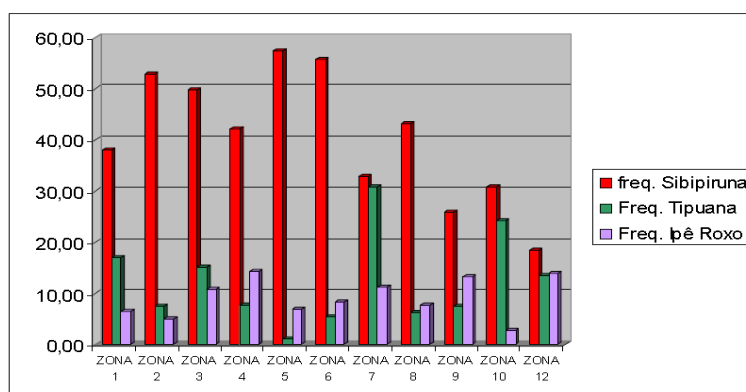


Figura 34 - Frequência (%) das Principais espécies da Área do Plano Piloto de Maringá/ PR, subdivididas por zonas
Fonte: Sampaio, 2006

Conforme o estudo qualiquantitativo de Sampaio (2006), a presença de *Caesalpinea peltophoroides* é maior que 15% (alta) em todas as zonas do plano piloto, mostrando que a distribuição não é equilibrada. A espécie *Tipuana tipu*, apesar de ter mostrado uma frequência adequada, considerando toda a área estudada (13,40%), se mostrou bastante elevada nas zonas 7 e 10. O Ipê Roxo (*Tabebuia avellanedae*) está dentro do padrão de 15% em todas as zonas, em algumas quase ultrapassando.

Dessa forma, as três espécies ainda são espécies predominantes, representando 56,21% do total das espécies arbóreas mais frequentes de Maringá, que geram ocorrências de podas e remoções proporcionais à sua frequência na cidade, e portanto mais resíduos de podas e remoções do que as outras espécies.

Foram coletados 10 exemplares de cada espécie: galhos a partir de 5 cm de diâmetro e fustes, totalizando 30 indivíduos amostrados, para as verificações laboratórias com base na norma ABNT-NBR 14660:2004 de preparação de amostras para fazer a verificação de umidade, densidade básica, densidade aparente e também aplicar a norma ABNT NBR 7190:1997 para a verificação da classe das madeiras.

Foram acompanhadas as podas realizadas pela SEMUSP conforme o lançamento em editais da Prefeitura, nos períodos de maio a junho e setembro a outubro de 2011, segundo as espécies disponíveis dos endereços (Tabela 5) de acordo com as zonas pré-estabelecidas para a pesquisa.

Tabela 5 - Relação de espécies podadas pela SEMUSP que foram coletadas como amostras para as análises, e seus respectivos endereços

Espécies	Procedimento / Endereço
sibipiruna	Poda / Rua Pedro Sanches, zona 4
	Poda/ Rua Santa Joaquina de Vedruna, zona 5
	Poda / Rua Néo Alves Martins, zona 1
tipuana	Poda / Rua 10 de maio, zona 7
	Poda / Rua Caramuru, zona 4
	Poda / Av. Presidente Juscelino Kubistchek, zona 12
ipê roxo	Poda / Av. Brasil, zona 3
	Poda / Rua Mandaguari, zona 7
	Poda / Av. Carneiro Leão, zona 1

3.3.2 Acompanhamento das equipes de poda e coleta de madeira de poda

As equipes de poda foram acompanhadas por meio dos editais da programação da SEMUSP, com os endereços que são lançados no *site* da Prefeitura de Maringá diariamente, no período de maio a julho e novamente de setembro a outubro. Foram realizadas pesagens individuais de poda e também a coleta das amostras de cada uma das espécies.

Para a coleta das madeiras de poda o critério foi realizar a separação por diâmetro, ou seja, foram coletados galhos acima de 5 cm de diâmetro, e fustes (Figura 35).



Figura 35 - Método de coleta e separação das amostras da madeira de poda

Com relação ao procedimento de poda geral acompanhado na sibipiruna (Figura 36) situada na zona 5, Rua Santa Joaquina de Vedruna n° 1797, conforme as informações do morador o indivíduo arbóreo teria mais de 35 anos; seu cálculo é com base no tempo em que reside no endereço, e antes mesmo essa árvore já se encontrava no local.



Figura 36 - Poda geral de sibipiruna, Rua Santa Joaquina de Vedruna, 26 de maio de 2011

Conforme a relação de endereço das podas, foram acompanhadas as podas de tipuana, e coletadas peças de amostras. E foram acompanhadas também as podas de ipê roxo e coletadas as peças para a verificação da madeira.

Após todas as coletas, e de acordo com as disponibilidades dos laboratórios na Uem as peças foram preparadas para os ensaios e análise de verificação da madeira. As peças foram encaminhadas para uma marcenaria, com a madeira separada por espécie e diâmetro.

Dessa forma, a madeira ficou pré-cortada para a realização dos ensaios: Tipuana (Figura 37), Sibipiruna (Figura 38), e Ipê Roxo (Figura 39).



Figura 37 - Corte da espécie Tipuana, na máquina serra fita



Figura 38 - Corte da espécie Sibipiruna, na máquina serra fita



Figura 39 - Corte da espécie Ipê Roxo na máquina serra fita

Os cortes das espécies foram programados para atender aos padrões de amostragem da norma ABNT – NBR 14660:2004, que foi utilizada para a determinação de densidade aparente de cavacos das espécies referente à norma ABNT – NBR 14929:2003, o corte de discos para a determinação de densidade básica da norma ABNT- NBR 11941:2003, conforme será descrito.

E para a determinação da classe de resistência da madeira conforme a norma ABNT – NBR 7190: 1997 as madeiras foram cortadas para realizar as verificações de umidade, densidade básica, densidade aparente à 12% de umidade e para a caracterização simplificada da resistência da madeira serrada.

3.3.3 Quantificação da biomassa total de poda: serviços da Prefeitura Municipal

A Prefeitura não faz a quantificação da biomassa de poda, ou seja, não há nenhum controle de peso das cargas, somente a contagem de galhos, fustes, ramos ou serviços feitos neste sentido, o que gera a noção de peso total de resíduos de podas no mês.

A realização geral da quantificação da madeira de poda que foi pretendida como um dos objetivos deste trabalho não foi feita em sua amplitude devido a contratemplos na liberação da Prefeitura. Além de ser um processo que depende da autorização de sucessivos chefes, foi prejudicado ainda por problemas nos instrumentos de pesagem da Prefeitura de Maringá, que se encontravam em manutenção no período da pesquisa.

Porém, de acordo com os dados da SEMUSP, do mês de novembro de 2010 a abril de 2011 (Tabela 11, do Capítulo 4, item 4.3), **houve 1057 remoções de árvores e 714 remoções de árvores caídas, 148 remoções de árvores secas, e 21 remoções de árvores rachadas, dando um total de 1.940 árvores.** A SEMUSP informou que cada árvore, em média, tem massa de 3 toneladas.

Dessa forma, **pode-se ter uma estimativa de geração de 5.820 toneladas de resíduos da arborização nesse período de 6 meses, ou, em média, 970 toneladas por mês. Ressalta-se que nesses dados não está considerada a massa dos 1.473 galhos podados, 5.537 galhos recolhidos e 2650 recolhimentos de fustes.**

Os resíduos de poda são depositados em uma área da Pedreira Municipal de Maringá. Lá são deixados os ramos e galhos, acumulando-se uns sobre os outros. Os fustes e os galhos de maior diâmetro são separados para leilão, e anunciados para venda em editais da Prefeitura Municipal de Maringá.

3.3.4 Verificação do potencial de aproveitamento dos resíduos de madeira da arborização urbana na produção de carvão e produtos sólidos de madeira

As amostras de madeira retiradas dos galhos e dos fustes foram cortadas para fins laboratoriais (Tabela 6), sendo necessárias para a caracterização físico-química, carbonização e análise da qualidade do carvão.

Tabela 6 - Ensaio laboratoriais para caracterização física das podas

PROPOSTA DE APROVEITAMENTO	VERIFICAÇÕES LABORATORIAIS
Artigos de madeira: vigas, móveis, painéis, objetos decorativos	Teor de umidade, densidade básica e densidade aparente. Determinação da classe de resistência.
Lenha	Carbonização
Carvão vegetal	Análise imediata: determinação do teor de cinza, carbono fixo, umidade e materiais voláteis.

3.3.5 Caracterização física da madeira de poda e remoção

3.3.5.1 Amostragem e preparação para análise ABNT NBR 14660:2004

Para a etapa de amostragem da madeira, foi utilizada a norma ABNT NBR 14660:2004. Dessa forma, as peças de madeira coletadas nas podas foram 10 peças de todas as espécies, e entre essas peças se contabilizam galhos e fustes.

Conforme essa norma de amostragem, as peças foram cortadas em serra sem guia, sendo retiradas as cascas, e os discos foram cortados com espessuras de 25 mm a 50 mm.

Com isso foram feitos três lotes, um para cada espécie, contendo 60 peças de madeira cada lote. E para a utilização nos ensaios de umidade, densidade básica e densidade aparente foram selecionados os corpos de prova dos respectivos lotes.

Salientando-se que os ensaios foram iniciados após 4 meses das coletas das madeiras de poda, e todas as peças foram alocadas no laboratório da Uem aguardando que se completasse o número e variedade de espécies de acordo com as normas propostas neste trabalho. Portanto observou-se na preparação das amostras várias peças com fendilamentos e rachaduras, características gerais da madeira ao perder umidade.

3.3.5.2 Determinação da densidade básica ABNT NBR 11941:2003

A determinação da densidade básica foi realizada conforme a ABNT NBR 11941:2003. Neste ensaio, os corpos de prova em forma de disco, anteriormente utilizados para a obtenção do teor de umidade, foram submersos em água até atingir (Figura 40) o ponto máximo de saturação das fibras.



Figura 40 - Ensaio de determinação da densidade básica

Após atingir o ponto máximo de saturação, se obteve o peso úmido dos discos por meio de pesagem convencional, e o peso imerso, com o auxílio de uma balança hidrostática, sendo cada disco preso em uma haste e mergulhado. Para os cálculos foi utilizada a massa em gramas, com as peças devidamente secas, o que foi realizado previamente na determinação do teor de umidade. Com a finalidade de obter a densidade básica da madeira utilizou-se a equação 08:

$$D_b = \frac{M_3}{(M_2 - M_1)} \quad (08)$$

Onde:

D_b é a densidade básica da madeira, em gramas por centímetro cúbico;

M_3 é massa da amostra seca em estufa a, aproximadamente, 103°C, em gramas;

M_2 é a massa do recipiente com água e disco imerso, em grama;

M_1 é a massa do recipiente com água, em gramas.

3.3.5.3 Determinação da densidade *aparente de cavacos ABNT NBR 14984:2003*

A determinação da densidade aparente foi desenvolvida conforme a ABNT NBR 14984:2003, inicialmente sendo realizada a pesagem dos corpos de prova.

Neste experimento os cavacos foram colocados em um tubo de 1,5 m de altura por 0,29 m de diâmetro (Figura 41) no qual as amostras de cavacos são deixadas cair em sua parte inferior, e existe um flange (Figura 42) que fecha o canal de entrada dos cavacos.



Figura 41 - Tubo de 1,5 x 0,29 m com flange

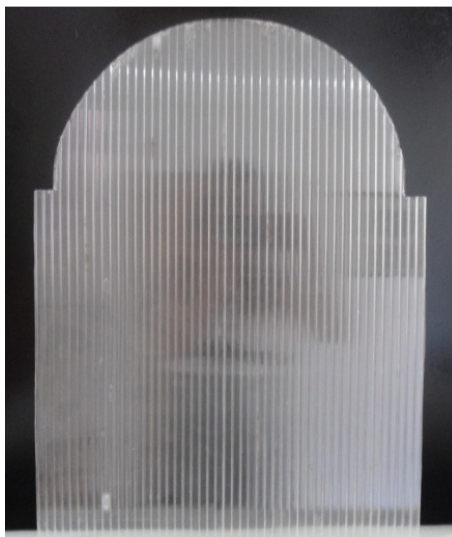


Figura 42 - Flange usada no tubo para fechar a passagem dos cavacos

Ao retirar o flange, os cavacos caem na parte inferior do tubo. Em seguida, um disco (Figura 43) de 0,285 m de diâmetro com a massa de 4,0 kg, é solto no interior do tubo sobre os cavacos, com a intenção de compactá-los.



Figura 43 - Disco de acordo com a ABNT NBR 14984:2003

Em seguida foi medida a altura da coluna de cavacos formada, desde a base do tubo até a superfície inferior do disco. Então o disco foi removido e os cavacos pesados, e uma amostra de cavaco foi retirada para a determinação do teor de umidade conforme a ANBT NBR 14929:2003. Com três repetições realizadas no sistema montado com tubo, flange e disco (Figura 44), por espécie, de acordo com pedido da norma.

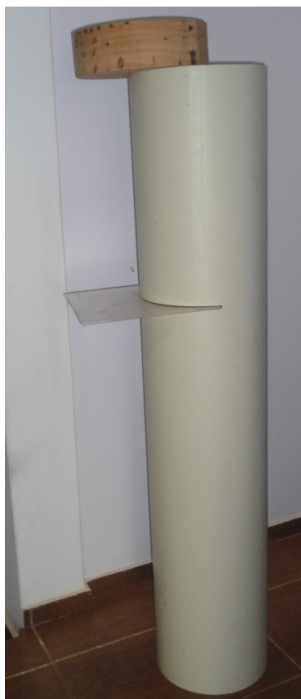


Figura 44 - Sistema de tubo, flange e disco para o ensaio de densidade aparente de cavacos

A densidade aparente é calculada baseando-se na massa seca dos cavacos e respectivo volume aparente. Para obter a densidade aparente da madeira, foi utilizada a equação 09:

$$X = \frac{10 \cdot w \cdot (100 - y)}{h \cdot A} \quad (09)$$

Onde:

X é a densidade aparente da madeira, em gramas por metro cúbico;

w é a massa da amostra em gramas;

y é o teor de umidade, em porcentagem;

h é a altura média dos cavacos no tubo, em centímetros;

A é a área da seção transversal do tubo, em centímetros quadrados.

3.3.6 Determinação da classe de resistência das madeiras

Para a determinação da caracterização simplificada foi feito a análise estatística dos resultados. O valor característico da resistência deve ser estimado assim como descreve a ABNT NBR 7190:1997 (Equação 10).

$$X_K = \left(2 \cdot \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{\frac{n}{2}-1}}{\frac{n}{2}-1} - X_{\frac{n}{2}} \right) \cdot 1,1 \quad (10)$$

Onde:

n é o número de corpos-de-prova ensaiados

Estes valores devem ser colocados em ordem crescente e desprezando o valor mais alto, caso o número de corpos-de-prova for ímpar. Assim como indica a norma ABNT NBR 7190:1997 não deverão ser tomados valores de X_k menores que o X_1 e nem valores menores que $0,7 X_{m,12..}$.

As espécies analisadas são pertencentes ao grupo das dicotiledôneas, com isso a distribuição das resistências de madeira em classes padronizando o uso será visto para a classe de dicotiledôneas de acordo com a tabela 01 vista no capítulo 2.2.

Na análise dos corpos-de-prova foram descartadas todas as peças que continham nós e imperfeições devido a sua manipulação e também defeitos referentes a rachaduras que se apresentavam na peça.

O número mínimo de peças para essa caracterização é de seis corpos-de-prova, porém com o intuito de fazer um trabalho que tenha mais significância, foram utilizados 15 corpos-de-prova.

3.3.6.1 Umidade ABNT NBR 7190:1997

Conforme o anexo B da norma ABNT NBR 7190:1997 seguiu-se a sequência de determinação do teor de umidade. O corpo-de-prova foi extraído com as seguintes dimensões: 2,0 cm x 3,0 cm e comprimento de 5,0 cm ao longo das fibras.

Foi determinada a massa dos corpos-de-prova com exatidão de 0,01g e logo após os corpos-de-prova foram colocados em câmara de secagem com temperatura em torno de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Após a secagem e verificação que a massa permaneceu constante, foram coletadas as massas finais dos corpos-de-prova.

Conhecida a massa seca foi possível determinar o teor de umidade, a partir da equação 11.

$$U\% = \frac{P_i - P_s}{P_s} \cdot 100 \quad (11)$$

Onde:

P_i é o peso inicial da madeira;

P_s é o peso estabilizado após a secagem da madeira.

3.3.6.2 Densidade

Conforme o anexo B da norma ABNT NBR 7190:1997 para a determinação da densidade básica, foi utilizado o critério de amostragem de lotes. O corpo-de-prova foi extraído com as seguintes dimensões: 2,0 cm x 3,0 cm e comprimento de 5,0 cm ao longo das fibras.

A massa dos corpos-de-prova foram determinados com exatidão de 0,01g e logo após os corpos-de-prova foram colocados em câmara de secagem com temperatura em torno de $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Após a secagem e verificado que a massa permaneceu constante, coletou-se as massas finais dos corpos-de-prova e calculou-se a densidade (Equação 12).

$$\rho_{bas} = \frac{m}{V_{sat}} \cdot \left(\frac{g}{cm^3}\right) \quad (12)$$

Onde:

m é a massa seca da madeira, em gramas;

V_{sat} é o volume da madeira saturada, em centímetros cúbicos.

3.3.6.3 Densidade Aparente

Conforme explica a ABNT NBR 7190:1997 a densidade aparente (Equação 13) é a razão entre a massa e o volume de corpos-de-prova para um dado teor de umidade de 12%.

$$\rho_{ap} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \cdot \left(\frac{g}{cm^3}\right) \quad (13)$$

Onde:

$M1$ é a massa da madeira a 12% de umidade, em gramas;

V_{12} é o volume da madeira a 12% de umidade em centímetros cúbicos.

Conforme apresentam Calil, Lahr e Dias, (2003), a porcentagem de umidade tem grande influência na densidade aparente. Assim a norma ABNT NBR 7190:1997 recomenda que seja feita uma correção desses valores para a umidade de 12%.

Com isso Logsdon (1998), empregando espécies crescidas no Brasil, propôs uma equação para representar a influencia da umidade na densidade aparente (Equação 14 e 15):

$$\rho_{12} = \rho_u + \rho_u \times \left[(1 - \delta_v) \times \left(\frac{12-U}{100} \right) \right] \quad (14)$$

Onde:

ρ_{12} é a densidade aparente as 12% de umidade;

ρ_u é a densidade aparente na umidade encontrada;

δ_v é o coeficiente de retratibilidade volumétrico.

Onde:

$$\delta_v = \frac{V_U - V_S}{U} \times 100 \quad (15)$$

V_U é o volume do corpo de prova com umidade da madeira no instante do ensaio;

V_S é o volume do corpo de prova com umidade de 0%;

U é a umidade da madeira no instante do ensaio.

Esta equação se faz necessário, pois é quase impossível condicionar uma amostra aos 12% de umidade e obter os valores de densidade e as demais propriedades, segundo Calil, Rocco e Dias, (2003).

3.3.6.4 Ensaio de compressão paralela às fibras ABNT NBR 7190:1997

Segundo a ABNT NBR 7190:1997, a resistência à compressão paralela às fibras é dada pela máxima tensão de compressão atuante no corpo-de-prova.

Para tal ensaio utilizou-se os corpos-de-prova (Figura 45) com as seguintes dimensões: 5,0 cm x 5,0 cm e comprimento de 15,0 cm ao longo das fibras de acordo com o anexo B da ABNT NBR 7190:1997.

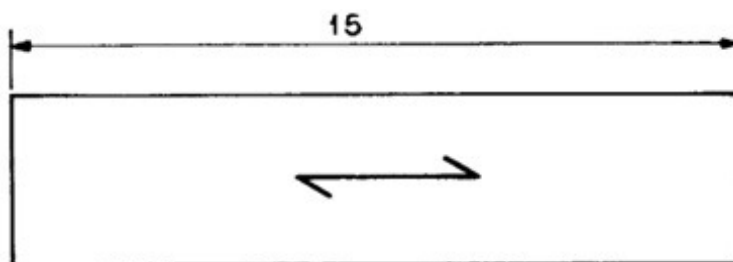


Figura 45 - Corpo-de-prova para ensaio de compressão paralela
Fonte: ABNT NBR 7190:1997

Para a obtenção dos corpos-de-prova, foi utilizado o critério de amostragem de lotes, dessa amostra foram extraídos 15 corpos-de-prova.

Para a determinação da resistência a compressão paralela às fibras, as medidas foram feitas com precisão de 0,1 mm.

Segundo explica a ABNT NBR 7190:1997, a resistência deve ser determinada pelo ensaio destrutivo de corpo-de-prova com carregamentos monotônicos crescentes, com uma taxa de 10 MPa/min.

Para projetos de estrutura de madeira deve ser feita correção do valor da resistência característica para umidade padrão de referência de 12%. Para a correção é utilizada a equação 16:

$$f_{12} = f_{U\%} \left[1 + 3 \left(\frac{U\% - 12}{100} \right) \right] \quad (16)$$

Onde:

f_{12} é a tensão corrigida à umidade de 12%;

$f_{U\%}$ é a tensão com a umidade no momento do experimento;

$U\%$ é a umidade no momento do experimento.

Materiais utilizados:

- Paquímetro;
- Prensa Hidráulica - Capacidade = 100 tf (Esc 20, 50 e 100 T) - MUE-100 / EMIC;
- Cronômetro.

Colocou-se cada um dos corpos-de-prova na prensa (Figura 46 e 47). Após passarem pela prensa hidráulica a tensão exercida foi anotada para realização dos cálculos.



Figura 46 - Corpo de prova na prensa hidráulica



Figura 47 - Corpo de prova que se rompeu após tensão exercida pela prensa hidráulica

Os resultados obtidos foram colocados em ordem crescente e desprezado o maior valor de resistência devido ao número de corpos-de-prova serem ímpares.

3.3.7 Avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana na produção de lenha e de carvão vegetal

Foi realizada a carbonização para amostras de resíduos das espécies *Caesalpinia peltophoroides* (sibipiruna), *Tabebuia avellanedae* (ipê roxo), e *Tipuana tipu* (tipuana) de acordo com Vale (2005) e Quirino (2004).

3.3.7.1 Carbonização

Para o procedimento de carbonização, os galhos com diâmetro superior a 5 cm foram serrados, picados e transformados em cavacos com dimensões aproximadas de 4 x 4 x 5 cm, para se obter uma uniformidade maior das amostras carbonizadas. Após a secagem ao ar, os cavacos foram homogeneizados, obtendo-se três amostras por espécie (Figura 48).

O carvão foi produzido em forno mufla, a 450 °C, por 210 minutos (VALE; SARMENTO; ALMEIDA, 2005; VALE, DIAS, SANTANA, 2010) no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental do Departamento de Engenharia Química da UEM (Figura 49).



Figura 48 - Pesagem das espécies, 2011



Figura 49 - Mufla Quimis a 450° C, carbonização das madeiras

Após a queima, a madeira assumiu o aspecto de carvão (Figura 50). Foram queimadas as três madeiras, o Ipê Roxo, Sibipiruna e a Tipuana, segundo a disponibilidade do laboratório (Figura 51).



Figura 50 - Ipê Roxo e Sibipiruna após a queima em Mufla a 450° C



Figura 51 - Tipuana após a queima em Mufla a 450° C

3.3.7.2 Qualidade do carvão

Os ensaios para a análise imediata das amostras de carvão foram submetidos à norma ABNT NBR 8112:1986. O ensaio consistiu na determinação dos teores de materiais voláteis, de carbono fixo, de cinzas e de umidade, objetivando-se uma análise imediata do carvão.

O teor de cinzas é o resíduo de óxidos minerais obtidos pela combustão completa do carvão. Para assegurar a combustão completa, o carvão permaneceu na mufla por um longo período (seis horas). O resíduo oxidado obtido foi calculado como teor de cinzas do carvão vegetal.

Tanto o carbono fixo, como o material volátil são obtidos quando se efetua o aquecimento do carvão vegetal, pois parte do carbono sai junto com os gases, como elemento formador

das moléculas de CO, CO₂ e dos hidrocarbonetos. Essa fração é denominada de material volátil. Outra quantidade de carbono permanece relativamente intacta e, como não desaparece junto com a matéria volátil, recebe a denominação de carbono fixo (QUIRINO, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do serviço de poda e remoção de árvores no Município de Maringá/PR

As operações de poda e remoção no Município de Maringá são efetuadas em três frentes:

- a) Pela Prefeitura Municipal, que realiza poda de condução, de limpeza, e a remoção de árvores mortas ou que representem algum risco para o cidadão.
- b) Por empresas terceirizadas pela Prefeitura Municipal de Maringá, que também realizam poda de condução, de limpeza e a remoção de árvores mortas. No momento essas empresas estão em fase contratação por meio de licitação.
- c) Pela Copel, a qual faz a poda de galhos que estão em contato com a fiação de alta tensão, e encaminha esse resíduo para um aterro terceirizado.

4.1.1 Solicitação e encaminhamento de serviços de poda e remoção da arborização urbana no Município de Maringá

A realização da poda e remoção da arborização urbana de Maringá obedece a uma sequência (Figura 52), que atende à ordem cronológica dos pedidos de poda dos cidadãos.

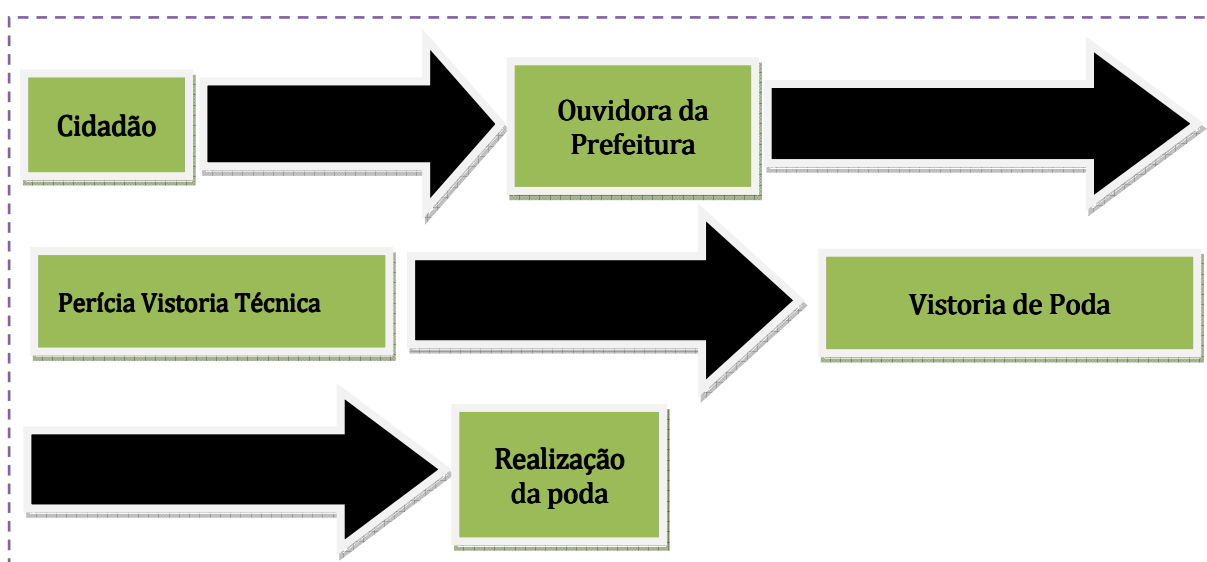


Figura 52 - Procedimento das formas de solicitações para a realização da poda e remoção no Município de Maringá/PR, 2011

No processo formal, o cidadão protocola a solicitação de poda e remoção na Prefeitura Municipal, a qual é atendida por ordem de chegada. A Prefeitura Municipal realiza uma avaliação técnica da solicitação. Feito isso, nega ou libera a poda, conforme as condições da árvore. Se liberada, repassa a autorização para o setor encarregado. Antecedendo à poda, é feita a vistoria da equipe de poda, para identificar a necessidade das ferramentas corretas para a poda de determinada árvore, e após essa checagem é agendada a realização da poda.

Além desse processo formal para a execução das podas e remoções, existem as podas e remoções emergenciais, que ocorrem em dias de chuvas, ventanias e acidentes. Neste caso, existe o pronto atendimento. Também ocorre a poda de controle, realizada com o intuito de preservar a arborização.

4.1.2 Execução do serviço de poda e remoção pela Prefeitura Municipal

Segundo a Secretaria Municipal de Serviços Públicos de Maringá – SEMUSP, o serviço de poda é dividido em três equipes que realizam o mesmo trabalho, fazendo: a desbarra, poda, remoção e recolhimento da poda. Cada equipe contempla oito funcionários, com as seguintes funções: operador de motosserra, motorista, operador de guincho, auxiliares de serviços gerais.

A equipe é coordenada por três engenheiros agrônomos e um engenheiro florestal e é distribuída nas seguintes funções:

- encarregado de poda, que distribui a equipe, averigua a qualidade do serviço e comunica aos engenheiros responsáveis pela vistoria qualquer imprevisto ocorrido no momento da poda ou remoção;
- podadores de árvores de grande porte, que são responsáveis pela operação de motosserra;
- podadores de manutenção e limpeza;
- motoristas, que transportam os podadores, a carga de poda e a levam para o aterro.

As ferramentas utilizadas para a poda são fornecidas pela SEMUSP, assim como os EPIs (equipamentos de proteção individual) e EPCs (equipamentos de proteção coletiva). Os principais equipamentos de proteção utilizados são: bota, capacete, uniforme com mangas

longas para proteger de exposição ao sol, protetor auricular, luvas, óculos com proteção lateral e cinturão de segurança.

O serviço de poda e remoção também é realizado por equipes de empresas contratadas, o que se dá por meio de um edital de concorrência, sendo feito um contrato de experiência.

O serviço realizado pela SEMUSP é composto pelas atividades de poda, remoção, desbarra, plantio de flores nos canteiros centrais das avenidas da cidade de Maringá e a manutenção dos mesmos. A realização das podas, desbarra e remoção seguem alguns critérios conforme determinação da Prefeitura Municipal de Maringá (Tabela 7).

Tabela 7 - Definição das atividades de poda, desbarra e remoção, e critérios para execução dos serviços

Atividade	Definições	Critério	Responsabilidades
Poda	Poda: Trata-se dos serviços da prática de eliminação dos galhos secos danificados, doentes e/ou praguejados, que estejam sob risco de queda ou ocasionando desequilíbrio da árvore (<i>poda de limpeza</i>); ou remoção parcial de árvores que estão colocando em risco a segurança das pessoas (<i>poda de emergência</i>); ou, ainda, remoção parcial de árvores que interferem ou que possam causar danos às edificações ou a equipamentos urbanos (<i>poda de adequação</i>).	Retirada somente dos galhos condenados, de forma segura, sinalizando o local da poda com cones, para que no momento do corte dos galhos nada e nenhum bem sejam atingidos.	O serviço é solicitado por ordem de serviço emitida pela SEMUSP, dentro da programação estipulada pelo técnico responsável.
Desbarra	Trata-se da desobstrução da visualização de semáforos, placas de sinalização e aparelhos de fiscalização eletrônica das ruas e avenidas, bem como da manutenção adequada da altura dos galhos das árvores, como forma de evitar esbarros de veículos em trânsito.	Retirada somente dos galhos condenados, de forma segura, sinalizando o local da poda com cones, para que no momento do corte dos galhos nada e nenhum bem sejam atingidos.	O serviço é solicitado por ordem de serviço emitida pela SEMUSP, dentro da programação estipulada pelo técnico responsável.
Remoção	Entende-se por "Remoção", para o presente fim, "o corte total da árvore numa altura de no máximo 15 cm em relação à superfície do solo ou piso (<i>chão</i>)", sem a extração da parte radicular da árvore. E ocorre mediante autorização emitida pela Prefeitura do Município de Maringá por meio de um laudo de vistoria assinado pelo Técnico responsável.	Inicialmente é feito o corte dos galhos, deixando o fuste apenas. Dessa forma, mantém-se a segurança no local, fazendo o corte do fuste e raiz numa segunda etapa, dentro de 24 horas.	As operações deverão ser executadas dentro das técnicas operacionais seguras, sem o comprometimento dos equipamentos urbanos presentes no local, sempre solicitadas pela ordem de serviço emitida pela SEMUSP, dentro da programação estipulada pelo Técnico Responsável.

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá edital de pregão nº 334/2011-PMM, 2011

4.1.2.1 Custos das podas e remoção

Com relação aos custos do serviço de poda e remoção no município, a Prefeitura estipulou um custo médio para cada operação, independente do porte das árvores, conforme a tabela 8.

Tabela 8 - Custo das operações de poda e remoção de árvores no Município de Maringá/PR, em 2011

Tipo de Operação	Custo por árvore
Poda de árvore	R\$ 63,00
Desbarra	R\$ 21,00
Remoção	R\$ 170,00

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá edital de pregão nº 334/2011 - PMM - reg. preços, 2011

4.1.3 Podas realizadas pela Copel em Maringá/PR

O Município de Maringá tem as podas de fiação realizadas pela Copel, que utiliza como critério de poda o MIT de 2009. No entanto, a Copel também atende as seguintes cidades da região: Maringá, Sarandi, Marialva, Mandaguari, Mandaguaçu, Doutor Camargo, Ivatuba, Floresta, Itambé e Paiçandu.

Dessa forma, o controle de podas é feito para essa região, e não especificamente para Maringá. São contabilizadas todas as árvores podadas da região para a verificação do custo total de podas para fiação (Tabela 9).

Tabela 9 - Custo de poda das árvores pela Copel no ano de 2010

Total de árvores podadas	Custo total
1.105.000	R\$689.000,00

Fonte: Copel, 2011

A Copel dispõe de equipes terceirizadas para a realização das podas na região, e efetua por dia a poda de aproximadamente 30 árvores em redes de alta tensão, e, em baixa tensão, 200 árvores por dia. Isso gera, em média, para Maringá, 3 toneladas por dia, e esses resíduos são encaminhados para um depósito terceirizado, já que a Copel não possui um local próprio de destinação.

Deve-se considerar que a Copel não realiza remoções, somente as podas para a passagem de fiação, o que abrange tipicamente a copa da árvore, gerando resíduos de biomassa que na maioria das vezes são galhos finos e folhagem.

4.2 Caracterização do sistema de gestão dos resíduos de madeira da arborização urbana em Maringá/PR

Os resíduos das podas e remoções realizadas pela Prefeitura Municipal são levados ao local de destinação e depósito dos resíduos: a pedreira municipal (Figura 53), localizada à estrada Iraquessaba, Lote 180 e 181 – Rodovia PR317. Nesse local é feita a segregação do material podado, todos os galhos e troncos são deixados lá, e conforme seus diâmetros são separados em montes.



Figura 53 - Pedreira Municipal de Maringá, local de disposição dos resíduos de poda urbana 2011

Os montes de galhos e ramos de menor espessura são acumulados dia a dia (Figura 54). Com o passar do tempo vão perdendo volume, e, para que mais galhos possam ser amontoados, passa-se um trator em cima dos montes, para que fiquem compactados, conforme a figura 55. Após um tempo em decomposição, são triturados e utilizados como adubo em praças, jardins e nos canteiros da cidade.



Figura 54 - Entulhamento de galhos, ramos e folhas na pedreira municipal de Maringá, 2011



Figura 55 - Entulhamento de galhos, ramos e folhas na pedreira municipal de Maringá, 2011

Os fustes e galhos de maior espessura são separados. Não há separação por espécie, eles são alocados em céu aberto na pedreira e leiloados pela Prefeitura (Figura 56).



Figura 56 - Entulhamento de fustes e galhos na pedreira municipal de Maringá, 2011

Todo resíduo de poda obrigatoriamente deve ser encaminhado à pedreira municipal de Maringá, ainda que realizada por empresa contratada. E, de acordo com o edital do pregão nº 334/2011-PMM, devem-se recolher todos os galhos e restos oriundos dos serviços realizados no mesmo dia, podendo ser deixada no local somente a lenha, que deverá ser recolhida em no máximo 24 horas após a poda, remoção ou desbarra.

O último edital de venda dessa madeira está disposto no *site* da Prefeitura, onde os lotes de 200 toneladas devem ser adquiridos por R\$ 40,00 a tonelada, conforme o leilão nº 001/2010-PMM (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ, 2010).

4.3 Quantificação dos resíduos de madeira da arborização urbana no Município de Maringá

O Município de Maringá gera mais de mil toneladas de resíduos de serviços da arborização urbana por mês. Conforme dados do Capítulo 3, item 3.3.3, a SEMUSP leva em consideração que em média uma árvore pesa 3 toneladas. Esse dado é um valor aproximado, pois na verdade não é feito um controle de peso, somente a contagem das peças cortadas, já que as empresas terceirizadas são pagas por unidades podadas ou removidas.

No período de 01/04/2011 a 30/04/2011, segundo o relatório de serviços executados pela SEMUSP, foram realizadas 79 remoções, 217 podas e 742 desbarras. Os recolhimentos são serviços de podas feitas anteriormente, ou decorrentes da queda de galhos e árvores por meio da ação do tempo (Tabela 10).

Tabela 10 - Relatório de serviços executados referentes à arborização no mês de abril de 2011

Serviços	Quantidade
Poda de galhos	217
Recolhimento de galhos	1243
Recolhimento de lenhas	345
Recolhimento de fustes	87
Remoção	79
Remoção de árvores caída	1
Desbarra	742

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá/PR, 2011

Foram levantadas as quantidades de serviços da arborização urbana do Município de Maringá no período de 01/11/2010 a 30/04/2011 (Tabela 11).

Tabela 11 - Relatório de serviços executados referente à arborização no período de novembro de 2010 a abril de 2011

Serviços	Quantidade
Poda de Galhos	1473
Corte de Raízes	6
Recolhimento de Galhos	5537
Recolhimento de Troncos	2650
Remoção	1057
Remoção de árvore caída	714
Desbarra	129
Retirada de toco	1498
Queda de vegetação-Defesa Civil	38
Poda de condução- Educativa	51
Remoção de árvore seca	148
Remoção de árvore rachada	21

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá, 2011

Para a quantificação dos resíduos de madeira de poda da cidade não foi possível realizar o acompanhamento do carregamento da biomassa e sua pesagem, devido à Prefeitura Municipal não ter prontificado a liberação para essa parte da pesquisa.

4.3.1 Verificação densidade básica (ABNT NBR 11941:2003) e densidade aparente dos cavacos (ABNT NBR 14984:2003) das madeiras de poda urbana

Conforme os ensaios realizados de densidade básica e densidade aparente, foram obtidos os resultados por espécie (Tabela 12), de forma que as espécies se classificam como de baixa densidade básica (abaixo de $0,5 \text{ g/cm}^3$), moderadamente duras (entre $0,5 \text{ g/cm}^3$ e $0,7 \text{ g/cm}^3$) e duras (acima de $0,7 \text{ g/cm}^3$) (VALE, SARMENTO, ALMEIDA.,2005). Sendo a espécie de densidade baixa a Tipuana, na faixa de moderadamente dura a Sibipiruna, e a de maior densidade, qualificando a madeira como dura o Ipê Roxo.

Tabela 12 - Ensaio densidade básica e densidade aparente de cavacos

	Densidade básica (g/cm^3)	Densidade aparente (g/cm^3)
Sibipiruna	0,701	0,722
Ipê roxo	0,910	0,796
Tipuana	0,467	0,633

Espécies com alta densidade básica (acima de $0,7 \text{ g/cm}^3$) são indicadas para a fabricação de componentes estruturais (que serão verificadas ainda pela norma da ABNT NBR

7190:1997), como vigas fabricadas por meio das tecnologias já abordadas, e para a produção de energia, na forma de carvão ou lenhas.

Para a fabricação de peças artesanais são indicadas as madeiras de baixa densidade a densidade moderadamente dura, como a Tipuana e a Sibipiruna, espécies estas que se destacam em Maringá pela sua predominância. Assim sendo, pode ser indicada para o trabalho manual.

4.4 Ensaios de umidade, densidade básica, densidade aparente e compressão paralela às fibras (ABNT NBR 7190:1997)

4.4.1 Umidade

Conforme referência ao anexo B da norma ABNT NBR 7190:1997 foram obtidos os valores de umidade para os corpos-de-prova. Os quais foram feitos para as três espécies analisadas neste trabalho: Sibipiruna (Tabela 13), Tipuana (Tabela 14), Ipê Roxo (Tabela 15).

Tabela 13 - Teor de umidade feito de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Sibipiruna (dicotiledônea)

Ficha de ensaio	Determinação do teor de umidade – Sibipiruna					
	Medidas (cm)			Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Teor de umidade (U) (%)
	a	c	b			
1	4,2	3,1	2,1	19,9	17,1	16,4
2	4,5	3,2	2,2	23,9	18,8	27,1
3	5,0	3,1	2,1	24,1	19,6	23,0
4	5,1	3,1	2,1	24,3	20,0	21,5
5	5,0	3,0	2,1	23,0	19,0	21,1
6	5,0	3,1	2,0	23,0	19,5	17,9
7	4,9	3,1	2,2	23,8	20,0	19,0
8	5,1	3,0	2,0	24,1	20,7	16,4
9	4,9	3,0	2,0	21,0	18,9	11,1
10	5,0	3,1	2,1	19,8	16,5	20,0
11	5,0	3,1	2,0	22,8	19,2	18,8
12	4,5	3,1	2,1	20,0	17,0	17,6
13	3,7	3,0	2,1	18,8	14,4	30,6
14	5,0	3,2	2,0	23,5	18,3	28,4
15	4,1	3,0	2,0	23,8	18,9	25,9
U médio						20,99

Com os valores do teor de umidade dos corpos-de-prova, foi obtido o valor médio para os valores calculados para a madeira da árvore Sibipiruna.

$$U_{medio} = 21,01 \%$$

Tabela 14 - Teor de umidade feito de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Tipuana (dicotiledônea)

Ficha de ensaio	Determinação do teor de umidade – Tipuana					
Corpo de Prova	Medidas (cm)			Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Teor de umidade (U) (%)
	A	c	b			
1	5,0	3,2	2,2	20,8	17,1	21,3
2	5,0	3,0	2,0	19,9	17,2	15,6
3	4,9	3,1	2,0	19,2	16,7	15,0
4	4,8	3,0	2,1	19,0	16,2	17,2
5	5,0	3,1	2,0	21,1	18,1	16,4
6	5,0	3,2	2,0	18,8	16,4	14,3
7	4,9	3,1	2,0	18,9	16,1	17,4
8	4,9	3,2	2,0	19,1	16,9	13,1
9	4,9	3,1	2,0	19,3	17,3	11,1
10	4,7	3,4	2,1	21,7	18,8	15,8
11	4,3	3,1	2,0	16,4	13,6	20,0
12	5,1	3,0	2,1	21,2	18,9	12,3
13	5,0	3,0	2,1	20,0	16,6	20,5
14	4,7	3,2	2,1	18,6	16,1	15,3
15	4,3	3,1	2,0	16,9	14,2	19,0
					U médio	16,3

Com os valores do teor de umidade dos corpos-de-prova, foi obtido o valor médio para os valores calculados para a madeira da árvore Tipuana.

$$U_{medio} = 16,3 \%$$

Tabela 15 - Teor de umidade feito de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Ipê Roxo (dicotiledônea)

Corpo de Prova	Medidas (cm)			Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Teor de umidade (U) (%)
	a	c	B			
1	4,2	2,8	2,1	17,6	12,8	37,4
2	5,0	3,0	2,0	25,2	22,0	14,4
3	5,0	3,0	2,0	25,0	21,9	14,1
4	5,0	3,0	2,0	25,3	21,7	16,8
5	5,0	3,0	2,0	24,9	22,4	11,1
6	5,0	3,0	2,0	25,1	20,8	20,9
7	5,0	3,0	2,0	26,3	21,4	23,0
8	5,0	3,0	2,0	25,1	21,1	19,1
9	5,0	3,0	2,0	25,2	19,9	26,2
10	5,0	3,0	2,0	28,0	23,2	20,5
11	5,0	3,0	2,0	25,0	20,1	24,2
12	4,7	3,0	2,2	27,0	22,9	17,9
13	4,8	3,1	2,0	19,6	16,0	22,6
14	4,5	3,2	2,0	19,7	17,1	15,1
15	5,0	3,1	2,2	25,9	21,9	18,3
U médio						20,11

Com os valores do teor de umidade dos corpos-de-prova, foi obtido o valor médio para os valores calculados para a madeira da árvore Ipê Roxo.

$$U_{médio} = 20,11 \%$$

4.4.2 Densidade

4.4.2.1 Densidade básica

Conforme referência ao anexo B da norma ABNT NBR 7190:1997 foram obtidos os valores da densidade básica para os corpos-de-prova.

Os quais foram feitos para as três espécies analisadas neste trabalho: Sibipiruna (Tabela 16), Tipuana (Tabela 17), Ipê Roxo (Tabela 18).

Tabela 16 - Densidade básica de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Sibipiruna (dicotiledônea)

Ficha de ensaio	Determinação da Densidade Básica – Sibipiruna					
Corpo de Prova	Medidas Submersas (cm)			Massa seca (g)	Volume submerso (cm ³)	p bas (g/ cm ³)
	a	c	b			
1	5,04	3,01	2,02	21,91	30,64	0,71
2	5,00	3,10	2,00	18,22	31,00	0,59
3	5,30	3,10	2,20	21,76	36,15	0,60
4	4,50	3,10	2,20	18,51	30,69	0,60
5	5,10	3,20	2,10	21,51	34,27	0,63
6	5,40	3,20	2,10	21,42	36,29	0,59
7	5,20	2,10	3,20	21,52	34,94	0,62
8	5,10	2,10	3,20	21,45	34,27	0,63
9	5,20	3,22	2,00	22,62	33,49	0,68
10	5,00	3,10	2,10	20,77	32,55	0,64
11	5,00	3,00	2,00	20,61	30,00	0,69
12	5,00	3,00	2,00	20,71	30,00	0,69
13	5,00	3,00	2,00	20,59	30,00	0,69
14	5,00	3,32	2,13	21,20	35,36	0,60
15	5,40	3,10	2,00	20,90	33,48	0,62
					<i>ρ bas médio</i>	0,64

Com os valores da densidade básica dos corpos-de-prova ensaiados, podemos obter um valor médio para estes valores.

$$\rho_{bas} = 0,64 \text{ g/cm}^3$$

Tabela 17 - Densidade básica de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Tipuana (dicotiledônea)

Ficha de ensaio	Determinação da Densidade Básica – Tipuana					
Corpo de Prova	Medidas Submersas (cm)			Massa do CP seco (g)	Volume submerso (cm ³)	p bas (g/ cm ³)
	a	c	b			
1	5,10	3,12	2,10	15,84	33,42	0,47
2	5,43	3,20	2,10	16,05	36,49	0,44
3	5,24	3,23	2,15	15,93	36,39	0,44
4	5,22	2,93	2,20	14,29	33,65	0,42
5	5,10	3,33	2,08	17,50	35,32	0,50
6	5,20	3,11	2,11	14,53	34,12	0,43
7	5,08	2,12	3,15	16,22	33,92	0,48
8	5,21	3,10	2,20	14,98	35,53	0,42
9	5,22	3,20	2,10	15,25	35,08	0,43
10	5,20	3,10	2,18	14,72	35,14	0,42
11	5,10	3,00	2,00	13,90	30,60	0,45
12	5,00	3,00	2,00	14,13	30,00	0,47
13	5,00	3,00	2,00	14,11	30,00	0,47
14	5,05	3,16	2,05	14,92	32,71	0,46
15	5,10	3,11	2,08	14,82	32,99	0,45
					<i>ρ bás. médio</i>	0,45

Com os valores da densidade básica dos corpos-de-prova ensaiados, podemos obter um valor médio para estes valores.

$$\rho_{bas} = 0,45 \text{ g/cm}^3$$

Tabela 18 - Densidade básica de acordo com a ABNT NBR 7190 – Espécie Ipê Roxo (dicotiledônea)

Ficha de ensaio	Determinação da Densidade Básica - Ipê Roxo					
Corpo de Prova	Medidas Submersas (cm)			Massa do CP seco (g)	Volume submerso (cm ³)	p bas (g/ cm ³)
	a	c	b			
1	5,20	3,15	2,13	25,90	34,89	0,74
2	5,33	3,20	2,10	26,79	35,82	0,75
3	5,10	2,99	2,10	21,90	32,02	0,68
4	5,40	3,12	2,10	26,90	35,38	0,76
5	4,70	3,10	2,20	22,82	32,05	0,71
6	5,10	3,10	2,10	24,12	33,20	0,73
7	4,95	3,12	2,12	21,88	32,74	0,67
8	4,55	3,10	2,13	23,00	30,04	0,77
9	4,40	3,15	2,12	19,50	29,38	0,66
10	4,45	3,10	2,13	17,98	29,38	0,61
11	5,00	3,00	2,00	19,09	30,00	0,64
12	5,00	3,00	2,00	19,00	30,00	0,63
13	5,00	3,00	2,00	23,29	30,00	0,78
14	4,31	3,10	2,15	21,39	28,73	0,74
15	5,10	3,00	2,00	23,89	30,60	0,78
					<i>ρ bás. médio</i>	0,71

Com os valores da densidade básica dos corpos-de-prova ensaiados, podemos obter um valor médio para estes valores.

$$\rho_{bas} = 0,71 \text{ g/cm}^3$$

4.4.2.2 Densidade aparente

Foram verificadas as densidades aparente das três espécies: Sibipiruna (Tabela 19), Tipuana (Tabela 20) e Ipê Roxo (Tabela 21). Conforme a ABNT NBR 7190:1997.

Tabela 19 - Determinação da densidade aparente relacionada a U% - Sibipiruna

Ficha de ensaio	Determinação da Densidade Aparente em relação a U% - Sibipiruna					
	Corpo de Prova	Medidas Submersas (cm)			Massa do CP úmido (g)	Volume úmido
A		c	b			
1	4,2	3,1	2,1	19,9	27,3	0,73
2	4,5	3,2	2,2	23,9	31,0	0,77
3	5,0	3,1	2,1	24,1	32,6	0,74
4	5,1	3,1	2,1	24,3	33,0	0,74
5	5,0	3,0	2,1	23,0	31,5	0,73
6	5,0	3,1	2,0	23,0	30,9	0,74
7	4,9	3,1	2,2	23,8	33,4	0,71
8	5,1	3,0	2,0	24,1	30,6	0,79
9	4,9	3,0	2,0	21,0	29,3	0,72
10	5,0	3,1	2,1	19,8	32,6	0,61
11	5,0	3,1	2,0	22,8	30,9	0,74
12	4,5	3,1	2,1	21,2	29,3	0,72
13	3,7	3,0	2,1	18,8	23,0	0,82
14	5,0	3,2	2,0	23,5	32,0	0,74
15	4,1	3,0	2,0	23,8	25,1	0,95

Tabela 20 - Determinação da densidade aparente relacionada a U% - Tipuana

Ficha de ensaio	Determinação da Densidade Aparente – Tipuana					
	Corpo de Prova	Medidas (cm)			Massa úmida (g)	Volume úmido
a		c	b			
1	5,00	3,20	2,20	20,76	35,20	0,59
2	5,00	3,00	2,00	19,89	30,00	0,66
3	4,90	3,10	2,00	19,20	30,38	0,63
4	4,80	3,00	2,10	18,99	30,24	0,63
5	5,00	3,12	2,00	21,10	31,20	0,68
6	4,99	3,20	2,00	18,78	31,94	0,59
7	4,87	3,10	2,00	18,93	30,19	0,63
8	4,89	3,23	2,00	19,10	31,59	0,60
9	4,90	3,10	2,00	19,25	30,38	0,63
10	4,70	3,40	2,10	21,74	33,56	0,65
11	4,30	3,10	2,00	16,36	26,66	0,61
12	5,10	3,00	2,09	21,23	31,98	0,66
13	5,00	3,00	2,10	19,96	31,50	0,63
14	4,70	3,20	2,05	18,59	30,83	0,60
15	4,25	3,10	2,00	16,85	26,35	0,64

Tabela 21 - Determinação da densidade aparente relacionada a U% - Ipê Roxo

Ficha de ensaio	Determinação da Densidade Aparente – Ipê Roxo					
Corpo de Prova	Medidas (cm)			Massa do CP úmido (g)	Volume úmido	p ap. (g/ cm ³)
	a	c	b			
1	4,20	2,80	2,10	14,78	24,70	0,60
2	5,00	3,00	2,00	25,17	30,00	0,84
3	5,00	3,00	2,00	24,98	30,00	0,83
4	5,00	3,00	2,00	25,31	30,00	0,84
5	5,00	3,00	2,00	24,93	30,00	0,83
6	5,00	3,00	2,00	25,13	30,00	0,84
7	5,00	3,00	2,00	25,00	30,00	0,83
8	5,00	3,00	2,00	25,11	30,00	0,84
9	5,00	3,00	2,00	25,17	30,00	0,84
10	5,00	3,00	2,00	25,10	30,00	0,84
11	5,00	3,00	2,00	24,98	30,00	0,83
12	4,70	3,00	2,20	24,67	31,02	0,80
13	4,80	3,10	2,00	18,90	29,76	0,64
14	4,50	3,20	2,00	19,68	28,80	0,68
15	5,00	3,10	2,20	25,90	34,10	0,76

4.4.2.2.1 *Influência da umidade na densidade aparente da madeira*

Conforme já abordado Logsdon (1998), empregando espécies crescidas no Brasil, propôs a uma equação para representar a influencia da umidade na densidade aparente. Com isso obteve-se os valores corrigidos para umidade a 12% para as espécies Sibpiruna (Tabela 22), Tipuana (Tabela 23) e Ipê Roxo (Tabela 24). Ressalta-se que a norma ABNT NBR 7190:1997 indica também o uso do diagrama proposto por Kollmann.

Tabela 22 - Densidade aparente corrigida a umidade 12% - Sibipiruna

CP	Teor de umidade (U) (%)	ρ_{ap} (g/cm ³)	ρ_{12} (g/cm ³)
1	16,4	0,73	0,74
2	27,1	0,77	0,70
3	23,0	0,74	0,70
4	21,5	0,74	0,70
5	21,1	0,73	0,68
6	17,9	0,74	0,71
7	19,0	0,71	0,74
8	16,4	0,79	0,76
9	11,1	0,72	0,71
10	20,0	0,61	0,59
11	18,8	0,74	0,70
12	17,6	0,72	0,72
13	30,6	0,82	0,70
14	28,4	0,74	0,65
15	25,9	0,95	0,84

Com os valores da densidade aparente dos corpos-de-prova ensaiados, pode-se obter um valor médio para estes valores.

$$\rho_{12\%} = 0,710g/cm^3$$

Tabela 23 - Densidade aparente corrigida a umidade 12% - Tipuana

CP	Teor de umidade (U) (%)	ρ_{ap} (g/cm ³)	ρ_{12} (g/cm ³)
1	21,3	0,590	0,592
2	15,6	0,663	0,659
3	15,0	0,632	0,636
4	17,2	0,628	0,616
5	16,4	0,676	0,653
6	14,3	0,588	0,583
7	17,4	0,627	0,614
8	13,1	0,605	0,604
9	11,1	0,634	0,629
10	15,8	0,648	0,661
11	20,0	0,614	0,566
12	12,3	0,664	0,671
13	20,5	0,634	0,618
14	15,3	0,603	0,604
15	19,0	0,639	0,624

Com os valores da densidade aparente dos corpos-de-prova ensaiados, pode-se obter um valor médio para estes valores.

$$\rho_{12\%} = 0,622g/cm^3$$

Tabela 24 - Densidade aparente corrigida a umidade 12% - Ipê Roxo

CP	Teor de umidade (U) (%)	ρ_{ap} (g/cm ³)	ρ_{12} (g/cm ³)
1	21,3	0,598	0,560
2	15,6	0,839	0,818
3	15,0	0,833	0,819
4	17,2	0,844	0,813
5	16,4	0,831	0,806
6	14,3	0,838	0,824
7	17,4	0,833	0,808
8	13,1	0,837	0,830
9	11,1	0,839	0,840
10	15,8	0,837	0,828
11	20,0	0,833	0,845
12	12,3	0,795	0,796
13	20,5	0,635	0,605
14	15,3	0,683	0,662
15	19,0	0,760	0,785

Com os valores da densidade aparente dos corpos-de-prova ensaiados, pode-se obter um valor médio para estes valores.

$$\rho_{12\%} = 0,776 \text{ g/cm}^3$$

4.4.3 Ensaio de compressão paralela às fibras

Conforme referência ao anexo B da norma ABNT NBR 7190:1997 foram obtidos os valores de resistência à compressão paralela às fibras para os corpos-de-prova, das espécies Sibipiruna (Tabela 25), Tipuana (Tabela 26) e Ipê Roxo (Tabela 27).

Tabela 25 - Relação de resistências obtidas com as madeiras dos corpos de prova - Sibipiruna

Ficha de ensaio	Determinação das Resistências à compressão paralela às fibras – Sibipiruna						
	CP	Medidas (cm)			Força de ruptura (tf)	Área (cm ²)	Tensão (Kgf/cm ²)
a		c	B				
1	12,00	4,80	4,84	6,25	23,23	269,03	26,90
2	12,05	4,70	4,81	7,25	22,61	320,70	32,07
3	12,09	4,80	4,80	9,10	23,04	394,97	39,50
4	12,00	4,79	4,78	11,20	22,90	489,16	48,92
5	12,05	4,80	4,71	8,30	22,61	367,13	36,71
6	11,91	4,85	5,00	6,26	24,25	258,14	25,81
7	12,00	5,00	4,80	13,25	24,00	552,08	55,21
8	12,00	5,00	4,80	10,40	24,00	433,33	43,33
9	12,01	4,91	4,80	10,00	23,57	424,30	42,43
10	12,00	4,90	4,81	7,20	23,57	305,49	30,55
11	12,00	4,92	4,81	7,40	23,67	312,70	31,27
12	15,00	4,99	5,00	8,30	24,95	332,67	33,27
13	15,00	5,00	4,88	7,90	24,40	323,77	32,38
14	15,00	4,89	4,97	7,27	24,30	299,14	29,91
15	15,00	5,00	5,00	7,85	25,00	314,00	31,40

Tabela 26 - Relação de resistências obtidas com as madeiras dos corpos de prova - Tipuana

Ficha de ensaio	Determinação das Resistências à compressão paralela às fibras – Tipuana						
	CP	Medidas (cm)			Força de ruptura (tf)	Área (cm ²)	Tensão (Kgf/cm ²)
a		c	b				
1	12,00	4,90	4,85	6,10	23,77	256,68	25,67
2	12,05	4,91	4,84	5,35	23,76	225,13	22,51
3	11,99	5,12	4,90	7,25	25,09	288,98	28,90
4	12,00	4,80	4,88	6,50	23,42	277,49	27,75
5	12,05	4,81	4,50	6,50	21,65	300,30	30,03
6	11,91	4,90	4,81	7,10	23,57	301,24	30,12
7	12,05	4,75	5,05	6,75	23,99	281,40	28,14
8	12,00	4,85	4,80	6,95	23,28	298,54	29,85
9	15,00	4,99	5,00	6,70	24,95	268,54	26,85
10	15,00	4,80	5,00	6,88	24,00	286,67	28,67
11	15,00	4,90	4,90	6,89	24,01	286,96	28,70
12	15,00	4,88	5,00	7,00	24,40	286,89	28,69
13	15,00	4,91	4,81	6,60	23,62	279,46	27,95
14	15,00	4,83	5,10	6,00	24,63	243,58	24,36
15	15,00	4,62	4,82	6,00	22,27	269,44	26,94

Tabela 27 - Relação de resistências obtidas com as madeiras dos corpos de prova – Ipê Roxo

Ficha de ensaio	Determinação das Resistências à compressão paralela às fibras - Ipê Roxo						
	CP	Medidas (cm)			Força de ruptura (tf)	Área (cm ²)	Tensão (Kgf/cm ²)
a		c	b				
1	15,00	4,80	4,80	9,55	23,04	414,50	41,45
2	15,00	4,92	4,30	10,50	21,16	496,31	49,63
3	15,00	4,90	4,81	9,00	23,57	381,86	38,19
4	15,00	4,80	4,81	9,25	23,09	400,64	40,06
5	15,00	4,90	4,72	9,35	23,13	404,27	40,43
6	15,00	4,90	4,90	9,33	24,01	388,59	38,86
7	15,00	4,90	4,80	9,40	23,52	399,66	39,97
8	15,00	4,90	4,99	10,10	24,45	413,07	41,31
9	15,00	4,90	4,89	10,00	23,96	417,34	41,73
10	15,00	4,90	4,90	10,70	24,01	445,65	44,56
11	15,00	4,90	5,01	10,30	24,55	419,57	41,96
12	15,00	4,90	5,00	10,22	24,50	417,14	41,71
13	15,00	4,90	4,99	10,01	24,45	409,39	40,94
14	15,00	4,90	4,80	9,10	23,52	386,90	38,69
15	15,00	4,90	4,90	9,90	24,01	412,33	41,23

Conforme a NBR 7091(1997) explica, devem-se corrigir os valores de resistência para umidade padrão de 12%.

Os valores corrigidos foram obtidos e o valor médio de umidade com 20,99% para a espécie Sibipiruna (Tabela 28). Para a espécie Tipuana (Tabela 29) e o valor médio de umidade com 16,31%, e para o Ipê Roxo (Tabela 30) com o valor médio da umidade tendo 20,11%.

Tabela 28 - Valores de resistência, a umidade padrão de 12% - Espécie Sibipiruna

Correção das resistências à compressão paralela às fibras para umidade padrão de 12% $U_{\text{medio}} = 20,99\%$		
CP	Tensão (MPa)	Tensão corrigida $f_{12\%}$ (MPa)
1	26,90	30,43
2	32,07	46,62
3	39,50	52,48
4	48,92	62,86
5	36,71	46,68
6	25,81	30,42
7	55,21	66,80
8	43,33	49,09
9	42,43	41,30
10	30,55	37,88
11	31,27	37,60
12	33,27	38,90
13	32,38	50,40
14	29,91	44,64
15	31,40	44,52

Portanto o valor médio para a resistência desta amostra será:

$$f_{m,12\%} = 30,97 \text{ MPa}$$

Tabela 29 - Valores de resistência, a umidade padrão de 12% - Espécie Tipuana

Correção das resistências à compressão paralela às fibras para umidade padrão de 12% $U_{\text{medio}} = 16,31\%$		
CP	Tensão (MPa)	Tensão corrigida $f_{12\%}$ (MPa)
1	25,67	32,85
2	22,51	24,97
3	28,90	31,47
4	27,75	32,10
5	30,03	33,98
6	30,12	32,21
7	28,14	32,71
8	29,85	30,83
9	26,85	26,14
10	28,67	31,90
11	28,70	35,61
12	28,69	28,98
13	27,95	35,04
14	24,36	26,79
15	26,94	32,60

Portanto o valor médio para a resistência desta amostra será:

$$f_{m,12\%} = 31,21 \text{ MPa}$$

Tabela 30 - Valores de resistência, a umidade padrão de 12% - Espécie Ipê Roxo

Correção das resistências à compressão paralela às fibras para umidade padrão de 12% $U_{\text{medio}} = 20,11\%$		
CP	Tensão (MPa)	Tensão corrigida $f_{12\%}$ (MPa)
1	41,45	73,03
2	49,63	53,23
3	38,19	40,62
4	40,06	45,78
5	40,43	39,39
6	38,86	49,27
7	39,97	53,10
8	41,31	50,06
9	41,73	59,49
10	44,56	55,97
11	41,96	57,33
12	41,71	49,10
13	40,94	54,01
14	38,69	42,26
15	41,23	48,98

Portanto o valor médio para a resistência desta amostra será:

$$f_{m,12\%} = 51,44 \text{ MPa}$$

4.4.3.1 Valores característicos das propriedades da madeira

Com os valores de resistências corrigidas para a umidade de 12%, obtém-se o valor característico de resistência.

- Resistência à compressão paralela às fibras ($f_{co,k}$) – Os valores da tensão corrigida das espécies Sibipiruna (Tabela 31), Tipuana (Tabela 32) e Ipê Roxo (Tabela 33) foram distribuídos em ordem crescente seguindo os regimentos da norma ABNT NBR 7190:1997.

Tabela 31 - Relação de tensão corrigida dos corpos de prova – Espécie Sibipiruna

X_n	Tensão corrigida $f_{12\%}$ (MPa)
X_1	30,42
X_2	31,60
X_3	37,88
X_4	38,90
X_5	41,30
X_6	41,67
X_7	44,52
X_8	44,64
X_9	46,62
X_{10}	48,15
X_{11}	49,09
X_{12}	50,40
X_{13}	52,48
X_{14}	62,86
X_{15}	66,80

Segue resolução:

$$X_K = \left(2 \cdot \frac{30,42 + 31,60 + 37,88 + 38,90 + 41,30 + 41,67}{\frac{14}{2} - 1} - 44,52 \right) \cdot 1,1$$

$$X_K = 32,35 \text{ MPa}$$

Onde:

$$32,35 > 30,42 \text{ MPa}$$

$$33,35 > 0,7 \times 45,82 = 32,07 \text{ MPa}$$

Portanto o valor característico de resistência à compressão paralela às fibras da madeira da Sibipiruna é 32,35 MPa. Com este valor é possível estimar a resistência característica em outras direções, de maneira simplificada.

Tabela 32 - Relação de tensão corrigida dos corpos de prova – Espécie Tipuana

X_n	Tensão corrigida $f_{12\%}$ (MPa)
X_1	24,97
X_2	26,14
X_3	26,79
X_4	28,98
X_5	30,83
X_6	31,47
X_7	31,90
X_8	32,10
X_9	32,21
X_{10}	32,60
X_{11}	32,71
X_{12}	32,85
X_{13}	33,98
X_{14}	35,04
X_{15}	35,61

Segue resolução:

$$X_K = \left(2 \cdot \frac{24,97 + 26,14 + 26,79 + 28,98 + 30,83 + 31,47}{\frac{14}{2} - 1} - 31,90 \right) \cdot 1,1$$

$$X_K = 31,21 \text{ MPa}$$

Onde:

$$26,94 > 24,97 \text{ MPa}$$

$$26,94 > 0,7 \times 31,21 = 21,85 \text{ MPa}$$

Portanto o valor característico de resistência à compressão paralela às fibras da madeira da Tipuana é 26,94 MPa. Com este valor é possível estimar a resistência característica em outras direções, de maneira simplificada.

Tabela 33 - Relação de tensão corrigida dos corpos de prova – Espécie Ipê Roxo

X_n	Tensão corrigida $f_{12\%}$ (MPa)
X_1	39,39
X_2	40,62
X_3	42,26
X_4	45,78
X_5	48,98
X_6	49,10
X_7	49,27
X_8	50,06
X_9	53,10
X_{10}	53,23
X_{11}	54,01
X_{12}	55,97
X_{13}	57,33
X_{14}	59,49
X_{15}	73,03

Segue resolução:

$$X_K = \left(2 \cdot \frac{39,29 + 40,62 + 42,26 + 45,78 + 48,98 + 49,10}{\frac{14}{2} - 1} - 49,27 \right) \cdot 1,1$$

$$X_K = 43,38 \text{ MPa}$$

Onde:

$$43,38 > 39,39 \text{ MPa}$$

$$43,38 > 0,7 \times 51,44 = 36,01 \text{ MPa}$$

Portanto o valor característico de resistência à compressão paralela às fibras da madeira do Ipê Roxo é 43,38 MPa. Com este valor é possível estimar a resistência característica em outras direções, de maneira simplificada.

Resistência à tração paralela às fibras ($f_{10,k}$)

Segue a relação para o cálculo da resistência:

A - Sibipiruna

$$\frac{f_{c0,k}}{f_{t0,k}} = 0,77$$

$$f_{t0,k} = \frac{32,35}{0,77} = 42,01 \text{ MPa}$$

B - Tipuana

$$\frac{f_{c0,k}}{f_{t0,k}} = 0,77$$

$$f_{t0,k} = \frac{26,94}{0,77} = 34,98 \text{ MPa}$$

C – Ipê Roxo

$$\frac{f_{c0,k}}{f_{t0,k}} = 0,77$$

$$f_{t0,k} = \frac{43,98}{0,77} = 56,34 \text{ MPa}$$

Resistência à compressão normal às fibras ($f_{c90,k}$)

Segue a relação para o cálculo da resistência das espécies:

A - Sibipiruna

$$\frac{f_{c90,k}}{f_{c0,k}} = 0,25$$

$$f_{c90,k} = 0,25 \cdot 32,35 = 8,09 \text{ MPa}$$

B - Tipuana

$$\frac{f_{c90,k}}{f_{c0,k}} = 0,25$$

$$f_{c90,k} = 0,25 \cdot 26,94 = 6,73 \text{ MPa}$$

C - Ipê Roxo

$$\frac{f_{c90,k}}{f_{c0,k}} = 0,25$$

$$f_{c90,k} = 0,25 \cdot 43,38 = 10,85 \text{ MPa}$$

Resistência à flexão das fibras tracionadas ($f_{tM,k}$)

Segue a relação para o cálculo da resistência:

A - Sibipiruna

$$\frac{f_{tM,k}}{f_{t0,k}} = 1,00$$

$$f_{tM,k} = 1,00 \cdot 42,01 = 42,01 \text{ MPa}$$

B - Tipuana

$$\frac{f_{tM,k}}{f_{t0,k}} = 1,00$$

$$f_{tM,k} = 1,00 \cdot 34,98 = 34,98 \text{ MPa}$$

C - Ipê Roxo

$$\frac{f_{tM,k}}{f_{t0,k}} = 1,00$$

$$f_{tM,k} = 1,00 \cdot 56,34 = 56,34 \text{ MPa}$$

Resistência de embutimento normal às fibras ($f_{e90,k}$)

Segue a relação para o cálculo da resistência:

A - Sibipiruna

$$f_{e90,k} = 0,25 \cdot 32,35 = 8,09 \text{ MPa}$$

B - Tipuana

$$f_{e90,k} = 0,25 \cdot 26,94 = 6,74 \text{ MPa}$$

c – Ipê Roxo

$$f_{e90,k} = 0,25 \cdot 43,38 = 10,85 \text{ MPa}$$

Com os valores obtidos foi possível definir em qual classe de resistência (Tabela 34) das madeiras de poda da Sibipiruna, Tipuana, e Ipê Roxo se enquadram em relação as classes

de resistência para as dicotiledôneas (Tabela 35). Para esta classificação foi utilizada a norma ABNT NBR 7091:1997.

Tabela 34 - Valores característicos das madeiras de poda (Sibipiruna, Tipuana e Ipê Roxo).

Valores Característicos da madeira analisada (Umidade padrão de 12%)				
Espécies	f_{cok} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$\rho_{bas,m}$ (kg/m ³)	ρ_{ap} (kg/m ³)
Sibipiruna	32,35	3,88	637,90	710,33
Tipuana	26,94	3,23	450,11	622,06
Ipê Roxo	43,38	5,21	710,24	775,95

Tabela 35 - Classe de resistência das dicotiledôneas

Classes de resistência das dicotiledôneas (valores na condição U=12%)				
Classes	f_{cok} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$\rho_{bas,m}$ (kg/m ³)	ρ_{ap} (kg/m ³)
C20	20	4	500	650
C30	30	5	650	800
C40	40	6	750	950
C 60	60	8	800	1000

Fonte: NBR ABNT 7190:1997

Verifica-se que a amostra estudada de madeira de poda da Sibipiruna enquadra-se na classe C30. A Tipuana se enquadra na classe C20 e a madeira de Ipê Roxo na classe C40.

4.5 Carbonização dos resíduos de madeira da arborização urbana

Para o preparo da carbonização das madeiras referentes às espécies Sibipiruna, Tipuana e Ipê roxo, foram utilizadas as madeiras com o diâmetro mínimo de 5 cm em diante, para maior aproveitamento dos resíduos para a produção de lenha, diferente de Meira (2010), que trabalhou com diâmetros a partir de 8 cm no Município de Piracicaba.

A utilização dos resíduos de poda para a produção de lenha e carvão se mostra com uma solução de fácil destinação, visto que o processo de carbonização é variado, segundo Quirino (2004), pode ser feito de diferentes maneiras, e a madeira de poda pode ser usada em medidas diversas.

Segundo Barroso (2007), é importante que se alerte que a lenha proveniente de poda urbana possui elevados índices de umidade, portanto, é necessária a elaboração de um plano de secagem para a redução do teor de umidade, diminuindo assim a quantidade de

lenha a ser queimada, o que levaria à minimização de seus gastos, potencializando, então, o uso desta matéria-prima.

Ainda existe a relação da densidade para com o rendimento de carvão. É bem aceito o conceito de que madeira mais densa dá como resultado um carvão mais denso. Para um mesmo volume de madeira, normalmente fixo com a capacidade do forno, a obtenção de carvão mais denso resulta num maior rendimento volumétrico⁶ de carbonização (VALE, DIAS, SANTANA, 2010).

No que se refere ao processo de carbonização dos resíduos de poda da arborização urbana das três espécies de maior frequência, do Município de Maringá, a segregação dos galhos por espécie e por diâmetro durante a realização da poda exigiria tempo e infraestrutura para essa operação no município. Principalmente com relação a treinamento dos funcionários para o reconhecimento das espécies e um sistema operacional eficiente, com equipes de poda definidas, para a realização da separação e transporte dos resíduos para os diferentes usos.

Verifica-se que o ipê e a sibipiruna apresentam um maior rendimento em teor de carvão em comparação à tipuana (Tabela 36).

Tabela 36 - Componentes obtidos com a carbonização dos resíduos da arborização urbana do Município de Maringá/PR

Carbonização dos Resíduos da arborização urbana (%)	
	Teor de Carvão
Tipuana	23,4
Ipê roxo	44,10
Sibipiruna	33,89

Comparando com dados obtidos por Vale, Sarmento e Almeida (2005), em processo de carbonização para a madeira de fícus, em um levantamento sobre usos de madeira de poda para fins energéticos no Distrito Federal, os dados são compatíveis.

Os parâmetros que atestam a qualidade do carvão, segundo Meira (2010), são fundamentais para que ele seja aceito pelos consumidores. São eles: a capacidade de ignição, sua resistência, durabilidade, nível de umidade, presença de tico e limpeza, entre

⁶ Rendimento Volumétrico = [(Peso absolutamente seco de carvão/Volume de madeira) x 100]

outros. Busca-se uma produção de carvão que agregue, na medida do possível, todos esses atributos, e que mantenha um bom padrão de qualidade.

Para se ter um comparativo, verificaram-se alguns critérios de análise do carvão, o que, de acordo com Brito e Barrichelo (1982), indica que **o carvão ideal deve apresentar um teor de cinzas menor que 5%, carbono fixo 70-80%, material volátil 25-35% e umidade inferior a 3%, sendo que as madeiras de maiores massas específicas apresentam maiores teores de carbono fixo.**

Tendo por base o conjunto de parâmetros, os resultados das análises demonstram que as espécies de ipê e sibipiruna atendem a todos eles e são apropriadas para a produção de carvão vegetal. A espécie tipuana atende parte dos parâmetros analisados, apresentando um alto teor de cinza (Tabela 37).

Tabela 37 - Qualidade de carvão de três espécies da arborização urbana

Composição (%)				
	Umidade	Mat. Voláteis	Cinzas	Carbono Fixo
Tipuanas	3,7	23,1	2,70	71,20
Ipê Roxo	2,84	22,91	3,88	73,41
Sibipiruna	2,72	26,40	3,82	69,80

Este estudo da potencialidade dos resíduos de madeira de poda para a produção de carvão vegetal é importante, porque auxilia na tomada de decisão para o direcionamento dos resíduos de poda. Na perspectiva da valorização dos resíduos, os que não atenderem aos requisitos mínimos podem ser encaminhados para outros tipos de usos, como a compostagem ou a confecção de pequenos objetos de madeira, artigos decorativos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realidade dos resíduos de madeiras das podas urbanas nos municípios brasileiros tem sido a disposição em aterros, o depósito em lixões, ocasionando a exaustão das áreas dos aterros pela difícil compactação, contaminação do solo e dos lençóis freáticos e contribuindo para a produção de gás metano.

Por isso, o objetivo principal deste trabalho se foca nas três possíveis formas (POM, elementos estruturais de madeira e carvão vegetal) de aproveitamento da madeira de poda urbana do Município de Maringá.

A pesquisa é relevante para o Município já que Maringá é caracterizada como umas das cidades brasileiras mais arborizadas, e que, no entanto ainda não possui um sistema de gestão de aproveitamento da madeira de poda.

Para o aproveitamento da madeira de poda urbana, foi realizada a verificação das propriedades físicas da madeira, como a densidade básica e densidade aparente de cavacos e para o aproveitamento de POM, ainda foi aplicada a verificação da classe de resistência da madeira seguindo a norma NBR 7190 (ABNT, 1997) para o aproveitamento na fabricação de peças de madeira utilizadas com importância estrutural na construção.

Na verificação das normas NBR 11941 (ABNT, 2003) e NBR 14984 (ABNT, 2003) constatou-se as espécies **com alta densidade básica (acima de 0,7 g/cm³)**, como o Ipê Roxo (*Tabebuia avellanedae*), oferecem resistência mecânica para a produção de elementos estruturais. Com essas madeiras podem ser fabricados: vigas, móveis, portas, guarnições, *decks*, pisos, assoalhos, e tantas outras inovações da área da construção civil, arquitetura, *design* e artes.

E as classes de **densidade média (entre 0,5 g/cm³ e 0,7 g/cm³)**, como a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) podem ser utilizadas em móveis, e na fabricação de peças decorativas de madeira.

Já as de **densidade baixa (até 0,5 g/cm³)** como a Tipuana (*Tipuana tipu*), são mais facilmente manuseadas, podendo ser feitos porta-canetas, porta-cartões, porta-panelas, pequenos vasos decorativos, porta-retratos, painéis pastilhados, entre outras criações.

Os resultados obtidos em laboratório constataram que a madeira da poda da arborização tem potencial elevado de aproveitamento dentro da norma de estruturas de madeira (ABNT NBR 7190:1997) onde as classes definidas da madeira são utilizadas nos projetos

estruturais conforme as classes de resistência, com isso foi verificado que a espécie Ipê Roxo se classifica na classe C 40, a Sibipiruna na classe C 30 e a Tipuana na classe C 20.

A utilização das classes de resistência indica a especificação da espécie da madeira, pois para empregar essa madeira em um projeto estrutural desenvolvido, bastará a verificação das propriedades da classe de resistência de um lote de peças de madeira à classe de resistência especificada no projeto.

Para as averiguações de potencial de produção de carvão vegetal (NBR ABNT 8112:1986) com as madeiras de poda, ficou evidente por meio dos resultados que as espécies têm potencial para serem empregadas neste uso, destacando-se inicialmente o Ipê Roxo, e a Sibipiruna que atendem a todos os critérios da norma.

Comumente parte dos resíduos é utilizada simplesmente como adubo, após etapas de compostagem. Ou mesmo, por meio da compostagem, esses resíduos podem ser aplicados no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos.

Os briquetes de madeira são feitos de serragem ou pedaços de madeira, e passam por processos de tensão em câmaras de briquetagem. São utilizados em caldeiras industriais, fornos de padarias e pizzarias, e, dependendo dos materiais usados na produção dos briquetes, estes poderão ser menos poluentes do que o carvão.

Assim como os *pellets* e o *bripell*, são um tipo de lenha ecológica. No caso da madeira, podem ser produzidos a partir de serragem seca, pois sua umidade é baixa e o poder calorífico alto.

Pode-se trabalhar a madeira com artesanatos, com opções de fatiá-las em discos e realizar colagem em painéis, fazendo painéis decorativos. Entre outras peças, como a iniciativa da empresa Seivarte, da cidade Palmas, no interior do Paraná, e que ainda faz esse projeto utilizando o trabalho de senhoras da terceira idade, proporcionando a elas uma renda e uma inserção no mercado de trabalho.

Ainda relacionando o uso da madeira à arte, essa madeira poderia ser aproveitada em parte para o setor de arte e cultura da cidade, disponibilizando-se a madeira a baixo custo para os artistas credenciados, tornando a madeira uma matéria-prima acessível. Com base no projeto de realização esculturas feitas em madeiras de árvores removidas do campus da Universidade Estadual de Maringá, o qual foi bem sucedido, pelas mãos do artista Marcelo Monteiro, com as obras implantadas na revitalização da passarela do campus da UEM.

Outras iniciativas poderiam se estender por toda a cidade, tornando as árvores verdadeiros marcos fabricados por esses artistas aqui já habilitados.

Com objetivos paisagísticos, as madeiras de podas e remoções podem ser transformadas em bancos de jardim, pérgolas, pequenos arrimos em canteiros, caminhos de madeira e brinquedos. Essa utilização caberia perfeitamente às praças de Maringá, embelezando ainda mais a paisagem composta pela arborização. Pois, de acordo com Remolli (2010), em estudo realizado no ano de 2010, existem em Maringá, só na área do Plano Piloto, 36 praças, de um total mais de 110 praças espalhadas pela malha urbana de Maringá.

E, por meio de técnicas de fabricação para madeira laminada colada (MLC), galhos e fustes de madeiras podem se tornar vigas resistentes, com variadas formas e dimensões. Obviamente essas peças devem estar dentro dos padrões de resistência e durabilidade, sendo necessários estudos e verificações (MIOTTO; DIAS, 2009).

As podas da espécie *Sibipiruna* merecem destaque, por ser o tipo arbóreo mais frequente em Maringá. Conseqüentemente, sempre ocorreram podas dessa espécie em maior quantidade, e, por essa lógica, visando evidenciar a possibilidade de mudanças tecnológicas para favorecer o crescimento socioeconômico do Município de Maringá, a Prefeitura poderia organizar oficinas de fabricação de pequenas peças artesanais, fabricadas por grupos da terceira idade, presos da penitenciária, grupos de jovens aprendizes e para a Associação de Pais e Amigos de Excepcionais (APAE).

A identificação da ausência do sistema de gestão de madeira de poda no Município de Maringá demonstrou que há necessidade de uma definição maior de responsabilidades e de políticas de ação conjuntas para os diferentes atores envolvidos na geração de resíduos de poda e remoção de árvores.

A quantificação total da poda pode ser o início de uma gestão de resíduos da arborização, já que atualmente não existe nenhum tipo de controle nesse sentido. Os dados de quantificação do resíduo total, e por espécie, poderão contribuir para um melhor planejamento do uso da biomassa gerada e para a valorização dos resíduos. Dessa forma, espera-se potencializar o uso dos resíduos, anteriormente lançados em aterros e terrenos baldios, sem quaisquer tipos de tratamento, diminuindo, dessa maneira, os impactos socioambientais.

Assim, espera-se que os resultados desta dissertação contribuam para que o poder público possa selecionar a tecnologia mais adequada para tratar os resíduos de madeira da poda

urbana que estão sob sua responsabilidade, além de adotar medidas de incentivos para esta prática.

REFERÊNCIAS

ABBUD, B. **Criando paisagens: guia de trabalho em arquitetura paisagística**. 3 ed. São Paulo: Editora Senac, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica**. 3 ed. Brasília (DF), 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. Acesso em: 24.set.2010.

ANGELIS NETO, G. D. **As deficiências nos instrumentos de gestão e os impactos ambientais causados por resíduos sólidos urbano: O caso de Maringá/PR**. [doutorado]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo, Pós-graduação em Engenharia civil, 1999.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997, 1 v.

_____. **NBR 11941**. Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 6 p., 2003.

_____. **NBR 14984**: Determinação da densidade aparente. Rio de Janeiro, 1v., 2003.

_____. **NBR 14660**: Amostragem e preparação para análise. Rio de Janeiro, 1v., 2004.

_____. **NBR 8112**. MB 1857, São Paulo 1v., 1986.

AVISSAR, R. Potential effects of vegetation on the urban thermal environment. **Atmospheric environment**, v.30, n.3, p. 437-448, 1996.

BACKES, M. A.; FERNANDEZ, S. M. Arvoretas para uso em arborização urbana no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990, Curitiba. **Anais...**Curitiba: FUPEF, 1990. p. 315 - 323.

BARNEWITZ, A. **Poda da arborização urbana**: ultraje ao ambiente e à sustentabilidade da cidade. 2006. (Entrevista ao Ministério Público do Rio Grande do Sul). Disponível em: <<http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/doutrina/id16.htm>>. Acesso em: 01 mai. 2011.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. **Química da madeira**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 125p.

BARROSO, R.A. **Consumo de lenha e produção de resíduos de madeira no setor comercial e industrial do Distrito Federal**. [dissertação]. Brasília (DF): Universidade Federal de Brasília, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, 65 p., 2007.

BELYAEVA, O. N., HAYNES, R. J. Chemical, microbial and physical properties of manufactured soils produced by co-composting municipal green wast with coal fly ash. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 5203-9, 2009.

BENITO, M., MASAGUER, A., ANTONIO et al. Blending green feedstocks at a Madrid composting facility. **Biocycle**, v. 46, p. 72-74, 2005.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais**: reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: Rima, 2001. 249 p.

BIDONE, F.R.A.; GEHLING, G. R.; SOUZA, L. F. et al. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

BIONDI, D. Plantas invasoras na arborização urbana e paisagismo. In: MACEDO, J. H. P.; BREDOW, E. A. **Princípios e Rudimentos do Controle Biológico de Plantas**: Coletânea. Curitiba: [s.n.], 2004. p. 03 - 09.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba**: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF, 2005. 182 p.

BIONDI, D.; PEDROSA-MACEDO, J.H. Plantas invasoras encontradas na área urbana de Curitiba (PR). **Floresta**, v.38, n.1, p. 129-44, 2008. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/viewFile/11034/7505>>. Acesso em: 21.abr.2011.

BONAMETTI, J. H. **A ação do IPPUC na transformação da paisagem urbana de Curitiba a partir da área central**. [dissertação]. São Carlos (SP): Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2000.

BOLDRIN, A., CHRISTENSEN, T.H. Seasonal generation and composition of Garden waste in Aarhus (Denmark). **Wast Management**, v. 30, p. 551-557, 2010.

BRIDGWATER, A. V. **Biomass Fast Pyrolysis**. Bioenergy Research Group. Aston University. Birmingham: United Kingdon, 2007.

BRITO, J. O. ; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão, densidade da madeira x densidade do carvão. **Circular Técnica IPEF**, n. 20, p. 102-113, 1980.

BRITO, J.O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. **Documentos florestais**, n. 9, p. 1-19, 1990. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/cap9.pdf>>. Acesso em: 24.set.2010.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In : Seminários de Abastecimento energético industrial com recursos florestais. **Anais ...**São Paulo, p. 101-137, 1982.

CALIL Jr, C., LAHR, F. A. R., DIAS, A. A. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**, Editora Manole: Barueri, SP, 2003.

CARDOSO, G. V.; ROSA, C. A. B.; GUARIENTI, A. F. et al. Adequação de metodologia amostral de madeira de *Eucalyptussaligna* e *Eucalyptusglobulus* para a determinação do teor de cinzas, In: Congresso Internacional de Celulose e papel, v. 34, 2001, São Paulo, **Anais ...** São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2001.

CATÁLOGO do acervo da DPHC. Maringá: PMM/Divisão de Patrimônio Histórico e Cultural, 1995.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Manual de arborização**. Belo Horizonte, 1996. 40 p.

CHIMELO, J.P. Anatomia da madeira. In: LEPAGE, Ennio Silva. **Manual de preservação de madeiras**. 2.ed. São Paulo: IPT, v.1. p.41-67.1989

COBALCHINI, J. L. **Considerações sobre as doze espécies florestais mais utilizadas na arborização de ruas de Curitiba / PR.** [monografia]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Gerenciamento ambiental, 72p., 1999.

COBALCHINI, J. L. Critérios para a escolha de espécies utilizadas na arborização urbana viária. In: MACEDO, J. H. P.; BREDOW, E. A. **Princípios e Rudimentos do Controle Biológico de Plantas:** Coletânea. Curitiba: [s.n.], 2004. p. 11 - 13.

COELHO, E. Paulino. Reciclagem de entulho: uma opção de negócio potencialmente lucrativa e ambientalmente simpática. **Areia e Brita**, n. 5, 2002.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO (CESP). **Guia de arborização.** 3. ed. São Paulo, 1988. 33 p.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **Arborização de vias públicas:** Guia para os municípios. 2 ed. Curitiba (PR), 2009.

DANTAS FILHO, F. P. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural.**[dissertação] Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas, Pós-graduação em Engenharia Civil, 136 p., 2004.

DE ANGELIS, B. L. D. **A praça no contexto das cidades: o caso de Maringá-PR.** [doutorado]. São Paulo(SP): Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Geografia, 383 p., 2000.

DE ANGELIS, B. D. ; SAMPAIO, A. C. F.; TUDINI, O. G. et AL. Avaliação das árvores de vias públicas da zona central de Maringá, Estado do Paraná: estimativa de produção de resíduos e destinação final. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 29, n.1, p. 133 – 140, 2007.

DE ANGELIS, B. D. ; DE ANGELIS NETO, G. A vegetação e as praças na cidade de Maringá/PR. **Acta Scientiarum - Technology**, v.22, n. 5, p. 1455-61, 2000. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/3104/2231>>. Acesso em: 13 jan. 2011.

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 102-113, 2004. Disponível: <<http://www.ipef.br/publicações/scientia/nr65/cap10.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

DOMINGUES, Z. H. Produção de mudas para arborização de ruas. In: Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, 2., 1987, Maringá. **Anais...** : SBAU, 1987. p. 09 - 19.

DWYER, J. W.; McPHERSON, E. G.; SCHROEDER, H. W.; ROWNTREE, R. A. Assessing the benefits and costs of the benefits and costs of the urban forest. **Journal of Arboriculture**, v. 18, n. 5, p. 227-234, 1992.

DWYER, J.; SCHROEDER, H.; LOUVIERE, J.; ANDERSON, D. Urbanities`willingness to pay for trees and forests in recreation areas. **Journal of Arboriculture**, v.15, n.10, p. 247-252, 1989.

EUROSTAT. **Waste generated and treated in Europe: Data 1995-2003.** Eurostat, Luxembourg, 2005.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos.**Rio de Janeiro: ABES, 1999.

FENGEL, D.; WEGENER, G. Wood.chemistry ultrastructure.reactions. Walter de Gruyter: Berlin, 1989.

FIALHO, L. L.; SILVA, W. T. L.; MILORI, D. B. P. et al. **Circular técnica: Monitoramento químico e físico do processo de compostagem de diferentes resíduos orgânicos**. São Carlos: Embrapa, 2005.

FOELKEL, C.E.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6. **Anais**. Campos do Jordão: 1990. p.719-728.

GARCIA, J. C. **Maringá verde?** O desafio ambiental da gestão das cidades. Maringá: EDUEM, 2006.

GERHOLD, H. D.; SACKSTEDER, C. J. Better ways of selecting trees for urban plantings. **Journal of Arboriculture**, v. 8, n. 6, p.145 - 153, 1982.

GERHOLD, H. D.; STEINER, K. C.; SACKSTEDER, C. J. Management information system for urban trees. **Journal of Arboriculture**, v. 13, n. 10, p. 243 – 249, 1987.

GOLD, S. M. Social and economics benefits of trees in cities. **Journal of Forestry**, p. 84 - 87, 1977.

GREY, G. W. ; DENEKE, F. J. **Urban forestry**. New York, John Wiley, 1978.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban Forestry**. 2. ed. New York: John Wiley, 1986. 299 p.

HAM, R. K., KOMILIS, D. P. A Laboratory Study to Investigate Gaseous Emissions and Solids Decomposition During Composting of Municipal Solid Wastes.. US **Environmental Protection Agency**, EPA-600/R-03/004, 2003. Disponível em:<<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r03004/600r03004.pdf>>. Acesso em: 04.jan.2011.

HARRIS, R. W. **Arboriculture**: integrated management of landscape trees, shrubs and vines. New Jersey: Prentice-Hall, 1992. 674 p.

HELLMEISTER, J.C. Madeiras e suas características. I EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. **Anais...** São Carlos, p. 1-37, 1983.

HOWARD, J. L. U. S. **Forest products annual market review and prospects, 1999 – 2000**. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2000. 5 p.

HULL, R.B. Brief encounters with urban forests produces moots that matter. **Journalofarboriculture**, v. 18, p. 98-101, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico: Maringá, 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 12.jan.2010.

JANKOWSKY, I. P. Defeitos na secagem de madeiras. LCF/ESALQ/USP. Revisado em 20/08/2002Disponível em:< <http://www.ipef.br>>. Acesso em 15 ago. 2011.

JORNAL O DIÁRIO DE MARINGÁ. **Fila para remoção de árvores tem 2700 casos**". Publicado dia 1º de dezembro de 2010.

JORNAL O DIÁRIO DE MARINGÁ. **Ouvidoria da Prefeitura tem 8 mil solicitações pendentes.** Publicado dia 4 de dezembro de 2010.

JORNAL O DIÁRIO DE MARINGÁ. **Árvore que caiu em cima de um veículo com o condutor Maringá.** Publicado dia 22 de novembro de 2011.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **Painéis de madeira reconstituída.** Brasília: BNDES, 2002. 21 p.

LAPOIX, F. Cidades verdes e abertas. In: **Enciclopédia de ecologia.** São Paulo: EDUSP, 1979.

LOGSDON, N. B. **Influência da umidade em propriedades da madeira.** São Carlos, 1998. 174 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Estadual de São Paulo.

MARTINS, R. A.F.. **Avaliação quali-quantitativa da arborização urbana da área central de cruzeiro do Oeste – Pr. Cruzeiro do Oeste, 1995.** [monografia]. Maringá(PR): Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-graduação em Planejamento Geo-Ambiental, 1995.

MARRA, A. A. **Techonology of wood bonding: principles in practice.** Van Nostrand Reinhold. New York, 1992.

MAYER, R.; ULRICH, B. Conclusions on the filtering action of Forest from ecosystem analysis. **Decol Plant.**, v. 9 n. 2, p. 157-68 , 1974.

McPHERSON, E. G. A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto, California, U. S. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n.1, jan, p.1-7, 2003.

MEIRA, A. N. de. **Gestão de resíduos de arborização.** [doutorado]. Piracicaba (SP): Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais, 179p., 2010.

MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P.F. et al. Variação da densidade de madeira de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltz, no sentido longitudinal dos caules. **Revista Cerne**, v. 5, n. 1, p. 1-111, 1999.

MENEGHETTI, G.I.P. **Estudo de dois métodos de amostragem para o inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do Município de Santos-SP, 2003,** 100 f. [dissertação]. Piracicaba (SP): Universidade de São Paulo, Pós- Graduação em Agronomia, 100p., 2003.

MENEGUETTI, K. S. **Cidade Jardim, Cidade Sustentável. A Estrutura Ecológica Urbana e a Cidade de Maringá.** Maringá: EDUEM, 2009. 206 p.

MENEGUETTI, K. S.; REGO, R.L.; BELOTO, G.E.. Maringá - a paisagem urbana e o sistema de espaços livres. **Paisagem ambiente**, n. 26, p. 29-50, 2009. Disponível em:<http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-60982009000100003&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em: 15. ago. 2011.

MELO, E. F. R. Q.; ROMANINI, A. A Gestão da Arborização Urbana na Cidade de Passo Fundo/ RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 1, p. 1-16, 2007.

MELO, R. R.; LIRA FILHO, J. A.; RODOLFO JÚNIOR, F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 1, p.64-78, 2007.

MILANO, M. S. O planejamento da arborização, as necessidades de manejo e tratamentos culturais das árvores de ruas de Curitiba, PR. **Floresta**, v.17, n.1/2, p.15-21, 1987.

MILANO, M. S. **Avaliação quali-quantitativa e manejo da arborização urbana: exemplo de Maringá –PR**. [doutorado]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná, 120p., 1988.

MILANO, M. S. Arborização urbana. In: UNILIVRE – Universidade Livre do Meio Ambiente. **Curso sobre arborização urbana**. Curitiba: UNILIVRE/PMC, p. 01 – 52, 1994.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226 p.

MILLER, R. W. **Urban Forestry: planning and managing urban greenspaces**. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall, 1996, 502 p. Disponível em: <http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Nerium_oleander.htm>. Acesso: 02.fev. 2011.

MIOTTO, J. L.; DIAS, A. A. Produção e avaliação de vigas de madeira laminada colada confeccionadas com lâminas de eucalipto. **Revista Tecnológica**, n. esp., p. 35-45, 2009. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/viewArticle/8714>. Acesso: 11. mar. 2011.

MOYA-ROQUE, R. A. Variação da anatomia e da densidade da madeira de *G. arborea*, em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica. [doutorado]. Piracicaba (SP): Universidade de São Paulo, 150 p., 2005.

NOLASCO, A. M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC.: caracterização e perspectiva**. [doutorado]. São Carlos (SP): Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, 171p., 2000.

NOWAK, D.J; CIVEROLO, K.L.; RAO, S.T.; SISTLA,G. et al. A modeling study of the impact or urban trees on ozone. **Atmospheric environment**, v.34, p. 1601-1613, 2000.

PANCHIN, A. J.; DE ZEEUNW, C. **Textbook of wood technology**, 4ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722p.

PACIFIC. **Imagens**. 2011. Disponível em:< <http://pacificdoismiledez.blogspot.com/>>. Acesso em: 03.nov.2010.

PELLETSLAR. Biomassa, 2007. Disponível em <<http://www.pelletslar.com/?pID=31>>. Acesso em janeiro de 2011.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. sexta edição, Editora LTC , Rio de Janeiro, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ (PMM). **Processo nº. 01533/2010**: Leilão nº 001/2010-PMM. Maringá, 2010.

_____. **Edital pregão nº 334/2011**- reg.preços – PMM. Maringá, 2011.

PIVETTA, K.F.L.; SILVA FILHO, D.F. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico. Jaboticabal, SP: UNESP/FCAV/FUNEP. 2002. 75p.

PHILLIPS, L. E. **Urban trees: a guide for selection, maintenance and master planning**. New York: McGraw-Hill, 1993. 273 p.

PIRONE, P. P. **Tree maintenance**. New York: Oxford University Press, 1959. 465 p.

PALERMO JUNIOR, A. Planejamento da arborização urbana visando a eletrificação e as redes de distribuição". In: Encontro Nacional de Arborização Urbana. **Anais..** Maringá: Prefeitura do Município de Maringá, p. 68-71, 1987.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Brasília: Editora IBAMA, 2002.

QUIRINO, W. F. et al. Poder calorífico da madeira e de descartes ligno-celulósicos. **Biomassa e Energia**, v1, n 2, p 173-182. 2004.. Disponível em: <www.funtec.org.br/arquivos/aproveitamento.pdf>. Acesso em: 25. jun.2010.

REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. S. The construction of the urban form: The design of new cities in Brazil as part of an agriculture development business. In: Internacional Seminar on Urban form. **Proceedings...**Londres, 2005.

REGO, R. L. O desenvolvimento de Maringá e a idéia de Cidade Jardim. **Acta Scientiarum**, v. 23, n.6, p. 1569-77, 2001.

RESIDUAL MÓVEIS. Imagens. Disponível em:< <http://www.residualmoveis.com.br/>>. Acesso em: 12.dez.2010.

REMOLLI, J.A. Praças e qualidade espacial: plano piloto da cidade de Maringá, Paraná. [dissertação]. Maringá (PR): Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-graduação em Geografia, 144p., 2010.

RIBEIRO, F. A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, n. 46, p. 76 -85, 1993. Disponível: <<http://www.ipef.br/publicações/scientia/nr46/cap06.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2011.

ROWELL, R. M. USDA-Forest Product Laboratory. Forest Service.**Wood Handbook**.Chapter 19-Specialty Treatments, Wisconsin, 1987.

ROWELL, R. M. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. 1ed. CRC Press: Madison, 2005.

SAIGUSA, T. **A complete of wood vinegar for organic agriculture** . Tokyo, 2000. 195 p.

SAMPAIO, A. C. F. **Análise da arborização de vias públicas das principais zonas do plano piloto de Maringá-PR**. [dissertação]. Maringá(PR): Universidade Estadual de Maringá-PR, Programa de Pós-graduação em Geografia, 117p., 2006.

SAMPAIO, A. C. F. **Relatório Final Projeto Árvore – Censo das árvores urbanas de Maringá – PR**. Maringá: CESUMAR, 2006.

SANCHOTENE, M.C.C. Desenvolvimento e perspectivas da arborização urbana no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2, 1994. São Luís-MA. **Anais...** São Luís, Sociedade Brasileira de Arborização Urbana; 1994.

- SANTOS, E. Proposta de caracterização estética e dendrológica de espécies com potencial de uso em paisagismo e arborização urbana. In: Congresso Brasileiro de arborização Urbana, São Luís. **Anais...** São Luís: SBAU, 1994. p. 481 - 487.
- SANTOS, N. R. Z.; TEIXEIRA, I. F. **Arborização de vias públicas**: ambiente x vegetação. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001. 135 p.
- SEBRAE. **Podas de Macieira viram artesanato e design no Paraná**. Boletim mensal. 2010. Disponível em:
http://www.sebraepr.com.br/portal/page/portal/PORTAL_INTERNET/BEMPR_INDEX/BEMPR_ARTIGO?_dad=portal&_boletim=15&_filtro=243&_artigo=4211
- SEIVARTE. **Imagens**. Disponível em:< <http://seivarte.com.br/>>. Acesso em: 16.out.2010.
- SHEETS, V.; MANZER, C. Affect, cognition and urban vegetation: Some affects of adding trees along city streets. **Environmentand Behavior**, v. 23, p. 285-304, 1991.
- SILVA, L. F.; VOLPE-FILIK, A.; LIMA, A. M. L. P.; SILVA FILHO, D. F. Participação comunitária no planejamento viário de alguns bairros da cidade de Americana/SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 3, p. 47-63, 2007.
- SILVA JÚNIOR, O. A. B. MÔNICO, M. O. M. Arborização em harmonia com a infra-estrutura urbana. In: **1ª Semana de Meio Ambiente**. Prefeitura Municipal de Guarulhos: Secretaria de Meio Ambiente, 1994.
- SILVA OLIVEIRA, J. T.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécie de Eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.115-127, 2005.
- SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; SILVA OLIVEIRA, J. T. et al.. Influência da idade e da posição ao longo fo tronco na composição química da madeira de Eucalyptus grandis Hill. ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 29, n.3, p.455-460, 2005.
- STEINKE, R. **Ruas curvas versus ruas retas**: a trajetória do urbanista Jorge de Macedo Vieira. Maringá: Eduem, 2007.
- STERNADT, G. H. **Pequenos objetos de madeira – POM, compostagem de serragem de madeira**. Brasília (DF): Ibama-Laboratório de Produtos Florestais, 2002, 29p.
- SZÜCS, Carlos Alberto. Madeira: o material de ontem em evidência hoje. **Revista do Setor Madeireiro**, p. 56-7, 2003.
- TAKAHASHI, L.T.A.. **A Arborização urbana e a distribuição de energia elétrica em dois bairros da cidade: Jardim Alvorada e Zona 5**. [monografia] Maringá (PR): Universidade estadual de Maringá. Pós Graduação em Geografia do estado do Paraná, 1997.
- TATTAR, T. A. **Diseases of shade trees**. New York: Academic Press, 1978. 361 p.
- TEIXEIRA, J.A.. **Design e Materiais**. Curitiba: Editora CEFET-PR, 1999.
- ULRICH, R. View through a window may influence recovery from surgery. **Science**, n. 224, p.420-421, 1984.
- VALE, A. T.; SARMENTO, T. R.; ALMEIDA, A.N. Caracterização e uso de madeiras de galhos de arvores provenientes da arborização de Brasília, DF. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 411-420, 2005.

VALE, A.T.; DIAS, I.T.; SANTANA, M.A.. Relações entre propriedades químicas e energéticas da madeira de cinco espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v.20, n.1, p. 137-45, 2010.

VELASCO, G. D. N., **Arborização viária x sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas filotécnicos.** [dissertação] Piracicaba: Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 94p., 2003.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Árvore**, v. 30, n. 4, p. 679-86, 2006.

WANG, S.; WINISTORFER, P. M. The effect of species and species distribution on the layer characteristics of OSB. **Forest Products Journal**, v. 50, n. 4, p. 37-48, 2000.

WILLIAMS, P. T. **Waste treatment and disposal.** John Wiley and Sons Ltd., Chichester, UK, 2005.

WOODTRADELAND. Custo simulador, 2011. Disponível em <<http://www.woodtradeland.com/costes.php>>. Acesso em março 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A

SETOR DE AVALIAÇÃO E VISTORIA DA SEMUSP – QUESTIONÁRIO APLICADO AO ENGENHEIRO QUE REALIZA VISTORIA

Nome:

01 - Atualmente a prefeitura tem um registro de todas as espécies arbóreas existentes no Município?

02 - Quais as espécies arbóreas mais frequentes na cidade de Maringá?

03 - Quais as espécies que mais sofrem podas na cidade de Maringá? E qual o motivo dessa frequência?

04 - Existe algum critério, procedimento ou legislação para a execução da poda e remoção realizada pela Prefeitura da cidade de Maringá? Quais?

05 - A sazonalidade climática afeta a ocorrência de poda e remoção? Quais são os períodos sazonais em que mais ocorrem pedidos e realizações de podas e remoção?

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO APLICADO AO GERENTE DO SETOR DE PARQUES E JARDINS DA SEMUSP – SOBRE OS RESÍDUOS DE PODA E REMOÇÃO DA CIDADE DE MARINGÁ

Nome:

01 - A poda e remoção da cidade de Maringá são feitas somente pela Prefeitura Municipal? Existem empresas contratadas? Quais são essas empresas?

02- A COPEL também realiza podas e remoção?

03 – Quais os custos dos itens abaixo:

a) Custo médio da poda (reais/ árvore):

b) Custo médio da remoção (reais/ árvore):

04 – Atualmente o que é feito com a poda e remoção no Município?

05 – Quais as frequências das podas executadas pelo Município e também pelas empresas contratadas (diária, semanal, ou conforme demanda);

06 – Qual o local de disposição dos resíduos de poda e remoção?

07 – Há algum uso para os resíduos (galhos, folhas, troncos)?

08 – Quantidade de árvores podadas por mês?

09 – Estimativa da quantidade de resíduos (em m³, ou ton.), ou número de caminhões/cargas por mês.
