

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA**

**Bárbara Vital
Mayra Braga Nishigaki
Vitor Carneiro Ferrão**

**Concepção de uma Central de Recebimento,
Processamento e Valorização de Resíduos de Poda e
Remoção de Árvores**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo, no âmbito do Curso
de Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

**São Paulo-SP
Junho de 2013**

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente ao nosso professor e orientador Ronan Cleber Contrera que nos apoiou durante todas as etapas de nosso trabalho, sempre nos incentivando e nos acalmando nos momentos mais difíceis.

Aos professores Dione Mari Morita e Renato Carlos Zambon ao apoio complementar e auxílio no acompanhamento semanal do trabalho.

Ao engenheiro Adalberto Leão Bretas por nos disponibilizar dados cruciais para a elaboração do trabalho e estar sempre disponível para responder nossas dúvidas.

Aos engenheiros e técnicos das subprefeituras estudadas e empresas prestadoras de serviço pelo fornecimento de dados e serem bastante solícitos em ajudar na elaboração do trabalho.

A Cristiane de Lima Cortez e Javier Escobar do Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), pelas reuniões e pelas ideias que muito estimularam nosso trabalho.

Aos senhores Edson e Anderson, da Reciclatec e da Lenhaeco Indústria e Comércio de Briquetes, respectivamente, por nos receberem em nossas visitas e estarem sempre à disposição de nos ajudar.

Ao Michel Rodrigo Santos, da Irmãos Lippel & CIA Ltda e à Bárbara Elisa Schmidt, da Biomax Indústria de Máquinas LTDA, por serem muito solícitos na divulgação de informações dos equipamentos e por fornecerem orçamento estimativo que deu maior confiabilidade ao trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	3
2	LEVANTAMENTO DOS DADOS	4
2.1	Definições	4
2.1.1	Arborização urbana	4
2.1.2	Resíduos Sólidos Urbanos	5
2.1.3	Biomassa	8
2.1.4	Componentes da poda - Árvores	12
2.1.5	Poda	15
2.2	Legislação	17
2.2.1	Definições da PNRS	22
2.3	Gestão de Resíduos Sólidos	24
2.3.1	Cenário Brasileiro dos Resíduos Sólidos	25
2.3.2	Cenário dos RSU no Município de São Paulo	29
2.4	Metodologia da coleta de dados	32
2.5	Resíduos de poda e remoção	33
2.5.1	Resíduos de poda e remoção no Brasil	34
2.5.2	Resíduos de poda e remoção no município de São Paulo	38
2.6	Usos dos resíduos de poda e remoção	49
3	ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS	50
4	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	55
4.1	Projeto proposto	55
5	ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS	56

5.1	Análise dos usos dos resíduos de poda e remoção	56
5.1.1	Lenha	58
5.1.2	Briquetes e Pellets	60
6	ANÁLISE MULTICRITÉRIOS PARA ESCOLHA DA ALTERNATIVA	64
6.1	Descrição e justificativa de cada critério e subcritério	64
6.1.1	Metodologia	64
6.1.2	Escalas e justificativas	64
6.2	Determinação dos pesos dos subcritérios	69
6.3	Atribuição de notas e eleição da alternativa	71
6.3.1	Atribuição de notas	71
6.3.2	Multiplicação dos pesos	72
6.3.3	Notas finais	72
7	ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO	74
7.1	Briquete	74
7.2	Análise dos possíveis mercados consumidores	74
7.2.1	Indústria Cerâmica	74
7.2.2	Olarias	76
7.2.3	Pizzarias	77
7.2.4	Padarias	78
7.2.5	Escolha do mercado consumidor	82
8	CONCEPÇÃO DA CENTRAL	84
8.1	Equipamentos	86
8.1.1	Picadores e Repicadores	87
8.1.2	Secador a Tambor Rotativo	88
8.1.3	Briquetadeira	90
8.2	Produtividade	92

8.3	Estoque	95
8.3.1	Estoque de matéria-prima	96
8.3.2	Estoque de briquetes	96
8.4	Escolha dos Equipamentos	97
8.5	Instalações	100
8.6	Funcionários	101
8.7	Planta da Central	101
9	DEFINIÇÃO DA ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL	103
9.1	Característica das áreas	103
9.2	Escolha dos critérios	104
9.3	Determinação dos pesos dos subcritérios	106
9.4	Atribuição de notas e eleição da alternativa	107
10	ANÁLISE ECONÔMICO FINANCEIRA	110
11	ANÁLISE VIABILIDADE AMBIENTAL	118
11.1	O licenciamento e a viabilidade ambiental	118
11.2	Licenciamento ambiental no Estado de São Paulo	120
12	CONCLUSÃO	126
13	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
	APÊNDICES	134
	APÊNDICE A – VISITAS ÀS SUBPREFEITURAS	135
	APÊNDICE B – VISITA A RECICLATEC E A LENHAECO	137
	ANEXOS	147

ANEXO A – FOLHETOS EQUIPAMENTOS	148
ANEXO B – ORÇAMENTO ESTIMATIVO BIOMAX	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies apropriadas para o plantio em meio urbano	13
Tabela 2 - Tipos de Resíduos e Fontes Geradoras	26
Tabela 3 - Quantidade de Resíduos Gerada por Região e sua respectiva destinação.	35
Tabela 4 - Quantidade de Resíduos de Poda Urbana	37
Tabela 5 - Estimativa de Resíduos de Poda na área de concessão da AES Eletropaulo	40
Tabela 6 - Estimativa de Resíduos de Poda no Município de SP	41
Tabela 7 - Agrupamento das Subprefeituras	43
Tabela 8 - Prestadoras de serviço de poda por subprefeitura	44
Tabela 9 – Serviço realizado por subprefeitura	47
Tabela 10 – Geração de Resíduo por Subprefeitura	48
Tabela 11 – Cálculos para o custo mensal de transporte	52
Tabela 12 – Custos mensais para disposição final	53
Tabela 13 - Usos da lenha no Brasil	59
Tabela 14 - Comparação de briquetes e pellets	61
Tabela 15 - Poder calorífico e densidade de briquetes	62
Tabela 16 - Comparação de Poder Calorífico	62
Tabela 17 – Pesos dos critérios para análise das alternativas	66
Tabela 18 – Matriz dos pesos dos subcritérios ambientais	69
Tabela 19 – Matriz dos pesos dos subcritérios econômicos/financeiros	69
Tabela 20 – Matriz dos pesos dos subcritérios técnicos	70
Tabela 21 – Matriz dos pesos dos subcritérios jurídicos	70
Tabela 22 - Matriz de atribuição de notas para cada alternativa	71
Tabela 23 – Matriz de multiplicação das notas parciais pelo peso dos critérios	72

Tabela 24 – Matriz com as notas finais de cada alternativa	73
Tabela 25 - Especificações secador Biomax Indústria de Máquinas LTDA	94
Tabela 26 - Especificações dos picadores da Biomax Indústria de Máquinas LTDA	98
Tabela 27 – Especificações dos repicadores da Biomax Indústria de Máquinas LTDA	98
Tabela 28 – Especificações dos secadores da Biomax Indústria de Máquinas LTDA	99
Tabela 29 – Especificações dos briquetes Biomax Indústria de Máquinas LTDA	99
Tabela 30 – Matriz dos pesos dos subcritérios ambientais	106
Tabela 31 – Matriz dos pesos dos subcritérios econômico/financeiros	107
Tabela 32 – Matriz dos pesos dos subcritérios técnicos	107
Tabela 33 – Matriz de atribuição de notas a cada alternativa	108
Tabela 34 – Matriz de multiplicação dos pesos dos subcritérios pelas notas das alternativas	108
Tabela 35 – Matriz das notas finais de cada alternativa	109
Tabela 36 – Custos Iniciais	111
Tabela 37 – Custos anuais com mão de obra	112
Tabela 38 - Custos anuais	113
Tabela 39 – Recursos obtidos da venda mensal e anual de briquetes	113
Tabela 40 – Timetable das atividades	114
Tabela 41 – Investimentos iniciais no ano de 2013	115
Tabela 42 – Balanço geral do fluxo de caixa entre 2014 e 2018	116
Tabela 43 – Taxa Interna de Retorno da Central de 2013 a 2018	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de biomassa em algumas regiões	9
Figura 2 - Processos de conversão da biomassa em energia	11
Figura 3- Esquema de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos	25
Figura 4 - Situação atual de destinação de resíduos	27
Figura 5- Composição Gravimétrica do Lixo Brasileiro	29
Figura 6 - Subprefeituras e distribuição das Prestadoras de Serviço	30
Figura 7 - Distância dos Aterros Sanitários dos Centros Geradores	31
Figura 8 - Municípios que aderiram ao DMRSU-2008	36
Figura 9- Destinação dos resíduos de poda no Brasil	38
Figura 10 - Regiões Atendidas pela Eletropaulo	39
Figura 11- Disposição Final de Resíduos de Poda	42
Figura 12 - Correlação dos dados obtidos	54
Figura 13-Consumo final de Energia	58
Figura 14 - Evolução do Faturamento de Panificadoras	79
Figura 15 - Classificação das empresas quanto ao número de empregados	80
Figura 16 - Composição Média de Custos de uma Padaria	81
Figura 17 – Distribuição de padarias na Cidade de São Paulo	83
Figura 18 – Fluxograma do processo	86
Figura 19 - Picador a tambor	87
Figura 20 – Repicador	88
Figura 21 - Secador de tambor rotativo	89
Figura 22 - Secador em corte simplificado	89
Figura 23 - Conjunto de briquetadeiras	91
Figura 24 - Briquetadeira em corte	91

Figura 25 - Croqui da briquetadeira de pistão	92
Figura 26 - Fluxo de massa do secador	93

RESUMO EXECUTIVO

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e o Projeto Pampa, Lei Municipal nº. 14.723 de 15 de maio de 2008, visando resolver a problemática dos resíduos sólidos e a busca pelo desenvolvimento sustentável proíbem a disposição em aterro sanitário de qualquer resíduo que seja passível de reutilização, valorização ou reciclagem. Os resíduos de poda e remoção merecem destaque dado seu grande potencial de valorização. O objetivo deste trabalho é realizar o estudo de concepção de uma Central de Valorização de Resíduo de Poda e Remoção no município de São Paulo e analisar a sua viabilidade técnica, econômica e ambiental. Para tal, realiza a análise da composição do resíduo, os seus potenciais usos, a escolha de um local para a alocação da central e a concepção da mesma. Verificou-se que a região estudada gera cerca de 600 toneladas de resíduos por mês, e unindo este dado às características do resíduo de poda e remoção e à análise do mercado consumidor para o produto gerado, foi escolhido como potencial uso a valorização energética através da produção e venda de briquetes, que possui alta densidade energética e poder calorífico em torno de 4000 kcal/kg. O estudo concluiu que a central possui viabilidade ambiental, técnica e econômica, com retorno do investimento de 4 a 5 anos. Através deste trabalho, o grupo propõe uma medida para a utilização sustentável do resíduo de poda e remoção, podendo substituir combustíveis de origem desconhecida, geração de renda, diminuição dos recursos para a disposição final, aumento da vida útil dos aterros, entre outros.

Palavras-chave: resíduo de poda e remoção, valorização, briquete.

1 INTRODUÇÃO

Sustentabilidade é um tema que recentemente ganhou grande importância. Acredita-se que para um futuro com qualidade de vida para todos os habitantes do planeta é preciso utilizar os recursos naturais de maneira racional e otimizar os processos de produção. A reciclagem de resíduos se coloca como uma forma de diminuir a quantidade de materiais extraídos da natureza e ainda de minimizar a quantidade de resíduos que precisam de tratamento ou destinação final. Por isso, se apresenta como uma solução sustentável para diversos tipos de resíduos gerados nos grandes centros urbanos.

Outro problema que assola as gerações atuais e futuras é a falta de fontes de combustíveis para suprir as necessidades da sociedade. Nosso padrão de consumo vem crescendo todos os anos e para mantê-lo, é imprescindível que se gere cada vez mais energia. Como a sociedade atual é extremamente dependente de fontes não renováveis, especialmente fontes de combustíveis fósseis, e visto que estas estão a ponto de se esgotarem, é preciso pensar em alternativas que possam substituí-las, dando preferência a fontes renováveis.

Em paralelo, tem-se a crescente geração de resíduos sólidos, impulsionada pelo aumento no consumo de bens duráveis e não duráveis, que é evidenciada nas grandes cidades e que vem ocasionando grandes problemas aos gestores das mesmas, visto que existe uma significativa produção de resíduos. Dentre as formas de disposição de resíduos nas cidades a mais comum é o descarte em aterros sanitários, aterros controlados e lixões, que se mal geridos se esgotam rapidamente. Isso leva a vários problemas ambientais e a necessidade de seleção de novas áreas, cada vez mais distantes, para a disposição dos resíduos.

Todos estes problemas são comuns às sociedades modernas, sendo mais acentuados nos países em desenvolvimento, onde a estrutura urbana já está consolidada, porém nem sempre com um planejamento urbano adequado que amparasse o desenvolvimento das cidades. Cabe ao engenheiro ambiental pensar em soluções e alternativas viáveis que resolvam estes dilemas, sempre prezando pela qualidade ambiental, aliada à qualidade de vida da população. De acordo com este panorama é essencial se reduzir a quantidade de resíduos encaminhados a

aterros sanitários. Existem diversas alternativas para o aproveitamento de resíduos, que vão do reuso à reciclagem, visando esta redução.

Em grandes cidades, a arborização urbana é necessária para a atenuação do calor, redução das poluições do ar, sonora e visual, além de facilitar a drenagem de água e melhorar a qualidade da água dos rios e córregos, é responsável pela geração de grande quantidade de rejeitos, tanto no momento da poda, como na remoção de árvores que estão doentes, com risco de queda, ou que por algum motivo atrapalhem o andamento da vida urbana. A poda de árvore, que é uma prática de remoção de galhos feita para aumentar a vitalidade destas ou para evitar problemas de segurança causados pelo crescimento exagerado dos galhos, gera um resíduo de destinação complicada, visto que este material não aceita grande compactação e ocupa grande volume, consumindo espaço útil do aterro, o que reduz sua capacidade e amplia os custos operacionais.

Esses rejeitos provenientes da poda de regiões municipais sendo descartados como os tradicionais resíduos domésticos não é coerente com seu valor de matéria-prima para outros processos. Esta classe de detritos possui uma grande capacidade de valorização e reaproveitamento energético, além da possibilidade de utilização como “adubo” ou em compostagem.

Esse resíduo pode ser tratado como biomassa, que não deve ser considerada como um resto a ser eliminado, mas sim como resultado de uma atividade e, portanto deve ser gerida de forma apropriada. Com a destinação atual em aterros, ou mediante trituração e utilização como composto nutritivo para outras plantas seria desperdiçar uma importante fonte de energia, com poder calorífico de aproximadamente 4500 kcal/kg (Cortez, 2011).

Sendo assim, este estudo propõe a construção de uma central de valorização para a trituração de resíduos de madeira, poda, remoção de árvores e capina proveniente de uma ou mais subprefeituras da cidade de São Paulo e para seu posterior aglutinamento, formando um bloco a partir deste resíduo, que poderá ser utilizado como combustível em pequenas indústrias, caldeiras e estabelecimentos comerciais que possivelmente possam vir a utilizar este tipo de matéria-prima, como padarias e pizzarias com forno a lenha.

1.1 Objetivos

O presente estudo sobre resíduos de poda e remoção tem como objetivos:

- Fazer um levantamento de dados sobre a geração de resíduos de poda e remoção de árvores em sua área de abrangência;
- Selecionar uma área em uma subprefeitura do município de São Paulo para instalação do empreendimento;
- Projetar um sistema de aproveitamento e valorização dos resíduos de madeira, poda, remoção de árvores e capina;
- Fazer uma análise técnica, econômica e ambiental sobre a viabilidade do empreendimento.

2 LEVANTAMENTO DOS DADOS

2.1 Definições

2.1.1 Arborização urbana

Entende-se por arborização urbana toda a cobertura vegetal de porte arbóreo existente nas cidades. Pode ocupar, fundamentalmente, três espaços distintos: as áreas livres de uso público e potencialmente coletivas (parques, praças, cemitérios, universidades, igrejas, etc); as áreas livres particulares (jardins, quintais, clubes e áreas de lazer de condomínios); e nas calçadas, acompanhando o sistema viário.

A arborização exerce função ecológica, melhorando o ambiente urbano em diversos níveis, inclusive o fator estético, embelezando as vias públicas, e conseqüentemente a cidade.

Algumas melhorias ambientais atribuídas à arborização são:

- Melhora na qualidade do ar, pela fixação de poeiras e gases tóxicos e pela renovação de gases por meio dos mecanismos fotossintéticos;
- Maior conforto térmico, pela retenção de umidade do solo e do ar e pela geração de sombra, evitando que os raios solares incidam diretamente sobre as pessoas;
- Redução na velocidade do vento;
- Redução do impacto da chuva no solo e de seu escoamento superficial;
- Influência no balanço hídrico, favorecendo infiltração da água no solo e provocando evapotranspiração mais lenta;
- Fornecimento de matéria orgânica para o solo, deixando o mais “rico”;
- Abrigo à fauna, propiciando uma variedade maior de espécies, o que leva a um maior equilíbrio das cadeias alimentares e diminuição de pragas e agentes vetores de doenças;
- Amortecimento de ruídos, reduzindo os níveis sonoros no meio.

Também pode-se citar o bem-estar psicológico que uma área verde proporciona ao possibilitar o contato direto dos habitantes com um elemento natural significativo.

2.1.2 Resíduos Sólidos Urbanos

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas os resíduos sólidos são:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004).

Segundo esta mesma norma (ABNT NBR 10004, 2004) os resíduos podem ser classificados quanto ao risco potencial que apresentam ao meio ambiente da seguinte maneira:

- Resíduos Classe I – Perigosos: apresentam riscos ao meio ambiente e a saúde pública. As características que conferem periculosidade a um resíduo são: inflamabilidade, patogenicidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Essas características são definidas de acordo com os resultados dos ensaios de extrato de lixiviado e solubilizado, que são padronizados pelas normas ABNT NBR 10005 e 10006, respectivamente, além da ABNT NBR 10007 utilizada para padronizar a amostragem de resíduos sólidos.
- Resíduos Classe II – Não Perigosos: não apresentam riscos ao meio ambiente e à saúde pública. São subdivididos em:
 - Classe II A – Não inertes: são os resíduos que não se enquadram na classificação de resíduo Classe I (perigosos) nem de Resíduo Classe II B (inertes). Podem apresentar propriedades de

biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os resíduos domésticos são exemplos de resíduos não inertes.

- Resíduos Classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Exemplos de resíduos Classe II B (inertes) seriam vidros e restos de concreto.

Os resíduos sólidos também são definidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010 da seguinte maneira:

“resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;”

Esta mesma lei também classifica estes resíduos quanto a sua origem, da maneira que se descreve a seguir:

- Resíduos domiciliares: são resíduos originários das atividades domésticas em residências urbanas;
- Resíduos de limpeza urbana: são resíduos originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- Resíduos sólidos urbanos: quando compreendem os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana;
- Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: são resíduos gerados nessas atividades, excetuados os resíduos de limpeza urbana, os resíduos de serviços públicos de saneamento básico, de serviço de saúde, serviços de transporte e de construção civil. Se os resíduos de

estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços forem caracterizados como não perigosos, os mesmos podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

- Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: são resíduos gerados nessas atividades, excetuados os resíduos sólidos urbanos;
- Resíduos industriais: são resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- Resíduos de serviços de saúde: são resíduos gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- Resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- Resíduos agrossilvopastoris: são resíduos gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- Resíduos de serviços de transportes: são resíduos originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- Resíduos de mineração: são resíduos gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Assim, os resíduos de poda urbana podem ser classificados como Classe II A (não inertes) segundo os critérios da ABNT, devido a sua biodegradabilidade. São, ainda, resíduos de limpeza urbana segundo os critérios da PNRS, podendo ser agregados com resíduos domiciliares, passando, então, a ser resíduo sólido urbano.

É importante mencionar também a definição de rejeito, dada também pela PNRS de 2010:

“Rejeitos são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis

e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”.

O resíduo da poda urbana, portanto não pode ser considerado rejeito e sim resíduo, visto que são materiais que não podem ser lançados diretamente na rede pública tampouco em corpos d'água, e podem ser transformados e recuperados por meios tecnológicos disponíveis, como discorrido neste trabalho.

Atualmente, com o crescimento da indústria da reciclagem, os resíduos sólidos que não possuem utilidade para o indivíduo que o descartou pode ser visto por outro como matéria prima, podendo ser reaproveitado para outro processo. Este é o caso do resíduo de poda urbana, já que possui grande potencial de aproveitamento para fins energéticos e enriquecimento do solo, por exemplo.

2.1.3 *Biomassa*

Pode ser considerado biomassa todo recurso renovável que provêm de matéria orgânica - de origem vegetal ou animal - tendo por objetivo principal a produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar, que é convertida em energia química, através da fotossíntese (ANEEL, 2005).

Embora grande parte do planeta esteja desprovida de florestas, a quantidade de biomassa existente na terra é da ordem de dois trilhões de toneladas, que em termos energéticos corresponde a oito vezes o consumo mundial de energia primária (ANEEL, 2005). É muito difícil contabilizar a real quantidade de biomassa utilizada no mundo, devido ao seu maior uso em países em desenvolvimento com poucos recursos para a coleta de dados, além de muitas vezes ser indevidamente associada a desmatamento e desertificação, e também por seu uso não comercial. Mesmo assim são feitas estimativas, como apresentado na Figura 1:

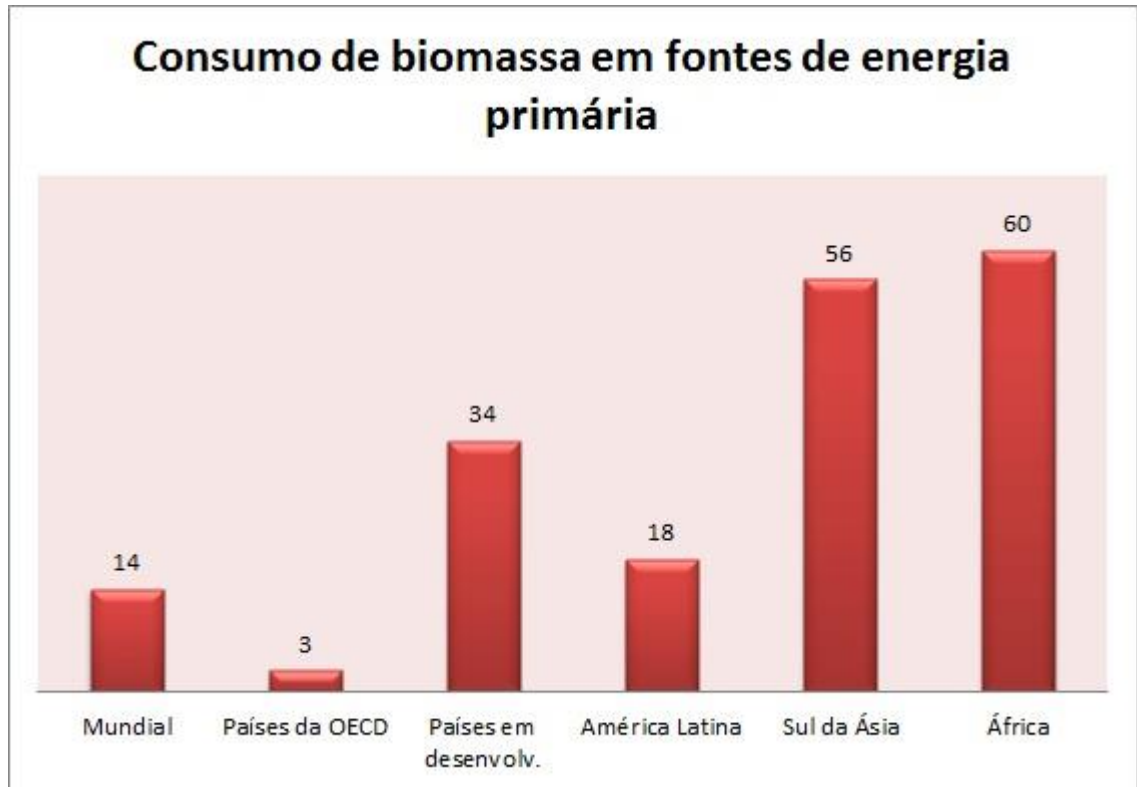


Figura 1 - Consumo de biomassa em algumas regiões

Fonte: AIE, 1998.

Observa-se que seu uso é muito mais pronunciado nos países em desenvolvimento, o que ocorre pela tradição e facilidade histórica deste tipo de aproveitamento energético. Em setembro de 2003, havia registro de 217 termelétricas a biomassa em operação no Brasil, perfazendo uma capacidade instalada de 2.696 MW. A grande maioria dessas usinas está localizada no Estado de São Paulo, onde se concentra grande parte do setor sucroalcooleiro do país (ANEEL, 2005).

O Brasil possui condições naturais e geográficas favoráveis à produção de biomassa. Por sua situação geográfica, o país recebe intensa radiação solar ao longo do ano, e também possui grande quantidade de terra agricultável disponível, com boas características de solo e condições climáticas favoráveis.

Existem diversas fontes de biomassa, que vão desde os resíduos agrícolas, industriais e urbanos até as culturas plantadas exclusivamente para a sua obtenção.

Entre as biomassas de cultivos agrícolas, o bagaço e a palha de cana são consideradas algumas das mais importantes no contexto da agricultura brasileira,

sendo aproveitadas em caldeiras para gerar energia nas usinas, além do excedente energético ter a possibilidade de ser acrescido ao sistema elétrico.

A queima da madeira atende boa parte da demanda energética brasileira, mas mesmo assim ainda existe muito resíduo proveniente da atividade florestal sendo desperdiçado.

As principais formas de conversão da biomassa em energia são:

- **Combustão direta:** combustão é a transformação da energia química dos combustíveis em calor, por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. Embora muito prático e, às vezes, conveniente, o processo de combustão direta é normalmente ineficiente. Outro problema da combustão direta é a alta umidade (20% ou mais no caso da lenha) e a baixa densidade energética do combustível (lenha, palha, resíduos etc.), o que dificulta o seu armazenamento e transporte. Para amenizar estas dificuldades podem ser utilizados processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte e/ou quebra da matéria-prima.
- **Gaseificação:** como o próprio termo indica, gaseificação é um processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão). Há vários tipos de gaseificadores, com grandes diferenças de temperatura e/ou pressão. O gás resultante é uma mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, dióxido de carbono e nitrogênio, cujas proporções variam de acordo com as condições do processo e particularmente se é ar ou oxigênio puro que está sendo usado na oxidação. É uma maneira mais limpa de produção de energia, pois não emite enxofre, além de ser versátil, podendo se adaptar em motores de combustão interna e turbina a gás.
- **Cogeração:** consiste na produção conjunta de energia térmica e elétrica, mediante sistemas e ciclos combinados. Baseia-se no aproveitamento de calores residuais dos sistemas de produção de energia elétrica. Apresenta-se numa forma de produção de energia mais interessante em instalações onde ambos os consumos, térmicos e elétricos, são elevados.

- **Digestão anaeróbia:** a digestão anaeróbia ocorre na ausência de ar, e o processo consiste na decomposição do material pela ação de bactérias (microrganismos acidogênicos e metanogênicos). Para que seja possível aproveitar o potencial energético deve ser feito em biodigestores, onde o processo é favorecido pela umidade e aquecimento. Em termos energéticos, o produto final é o biogás, composto essencialmente por metano (50% a 75%) e dióxido de carbono. Seu conteúdo energético gira em torno de 5.500 kcal/m³. Os restos do processo podem ser usados como fertilizante.

Na Figura 2 estão apresentados os principais processos de conversão da biomassa em energia.

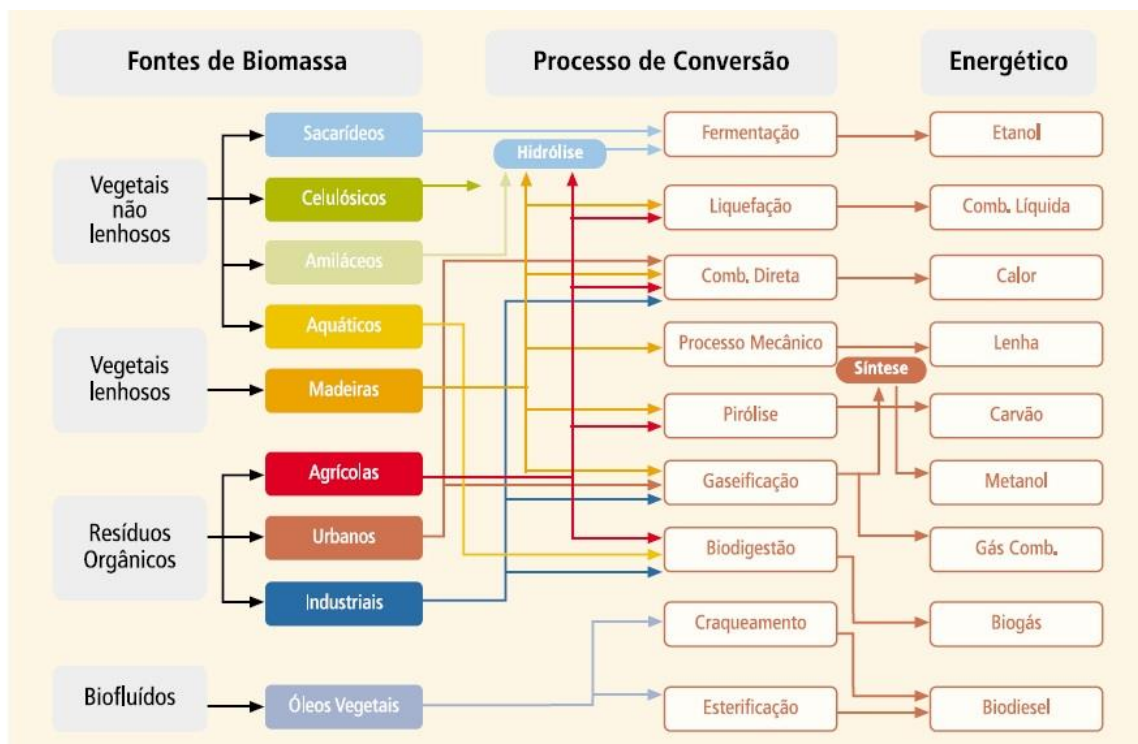


Figura 2 - Processos de conversão da biomassa em energia

Fonte: MME, 1982 (adaptado)

Do ponto de vista técnico-econômico, os principais entraves ao maior uso da biomassa são a baixa eficiência termodinâmica e os custos relativamente altos de produção e transporte, devido à necessidade de grandes equipamentos e às grandes distâncias para levar o produto ao mercado consumidor. No entanto, a

biomassa vem sendo relacionada a benefícios ambientais, como controle das emissões de dióxido de carbono e enxofre, além da redução no consumo de combustíveis fósseis, como o petróleo e seus derivados, que são matérias-primas não renováveis. Deve-se lembrar que a tendência é que no futuro os benefícios ambientais sejam também convertidos em benefícios econômicos. Verifica-se a necessidade de maior gerenciamento do uso e ocupação do solo, devido à falta de regularidade no suprimento (sazonalidades da produção), criação de monoculturas, excessiva extração de lenha e perda de biodiversidade, uso intensivo de defensivos agrícolas etc. Esses entraves tendem a ser contornados, a médio e longo prazos, pelo desenvolvimento, aplicação e aprimoramento de novas e eficientes tecnologias de conversão energética da biomassa e por meio dos incentivos governamentais.

Além de ambientalmente favorável, o aproveitamento energético e racional da biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, por meio da criação de empregos e da geração de receita, reduzindo o problema do êxodo rural e a dependência externa de energia, em função da sua disponibilidade local.

O projeto da utilização da biomassa como fonte de energia deve estar baseado nos princípios de sustentabilidade, isto é, mantendo o equilíbrio ecológico dos ecossistemas florestais. No caso do reuso dos resíduos de poda urbana, isso é levado em consideração. No entanto vale ressaltar que deve haver um equilíbrio paisagístico entre o urbano e o verde de uma cidade, para colaborar também com a qualidade visual, atmosférica e de vida dos munícipes.

2.1.4 Componentes da poda - Árvores

As árvores em ambiente urbano estão submetidas a condições distantes das que são oferecidas em ambiente natural, portanto é necessário utilizar espécies que ocorram naturalmente na região em que a árvore será plantada para que seu crescimento, adaptabilidade e desenvolvimento não sejam comprometidos.

Há uma série de características que devem ser avaliadas para a escolha da espécie a ser plantada, como a tolerância a poluentes e a baixas condições de aeração do solo, presença de odores, tempo de crescimento e de longevidade, tamanho e cor das flores e frutos, época e duração do florescimento e frutificação,

entre outros. Também deve se observar se a planta produz qualquer tipo de substância tóxica para seres humanos e animais e ainda se possui espinhos ou produz frutos grandes, que podem causar danos ao caírem das árvores. São preferíveis espécies resistentes a pragas e doenças (Marto & Barrichelo, 2006). É necessário também, observar o porte da árvore, pois árvores que possuem altura superior a 8 metros e raio da copa maior do que 5 metros são indicadas apenas para o plantio em praças e parques, não sendo indicadas para calçadas.

Algumas espécies apropriadas para o plantio em meio urbano estão indicadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Espécies apropriadas para o plantio em meio urbano

Nome popular	Nome científico
Acácia-mimosa	<i>Acacia podalytifolia</i>
Açoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i> Mart.
Aroeira-periquita	<i>Schinus molle</i> L.
Aroeira-vermelha	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi
Butiazeiro	<i>Butia eriospatha</i> (Mart.) Becc.
Capororocão	<i>Rapanea parviflora</i> (A Dc) Mez
Chal-Chal	<i>Allophylus edulis</i>
Coração-de-negro	<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth
Corticeira-do-banhado	<i>Erythrina crista-galli</i> L.
Gerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman
Goiabira	<i>Psidium guajava</i> L.
Ingá-feijão	<i>Ingá marginata</i>
Ipê-amarelo-paulista	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex DC.) Standl.
Ipê-roxo	<i>Tabebuia avellanedae</i> Lor. Ex Griseb.
Jaboticabeira	<i>Myrciaria trunciflora</i> Berg
Jaborandi	<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.
Mulungú	<i>Erythrina falcata</i>
Paineira	<i>Chorisia speciosa</i> St. Hill.
Palmito	<i>Euterpe edulis</i> Mart.
Pata-de-vaca	<i>Bauhinia candicans</i> Benth.
Pinheiro	<i>Araucária angustifolia</i> Kuntze
Pitangueira	<i>Eugenia uniflora</i> L.
Podocarpus	<i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch
Salseiro	<i>Salix humboldtiana</i> Wild.
Sina-sina	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.
Timbaúva	<i>Enterolobium contortisilicum</i> (Vell.) Morong.
Uva-do-japão	<i>Hovenia dulcis</i>

Fonte: Marto & Barrichelo, 2006

Neste estudo, o resíduo de poda e remoção foi considerado como um resíduo composto, pois no momento da poda não é possível separar a madeira propriamente dita (tronco e galhos) das folhas.

As folhas são os órgãos das plantas especializados na captação de luz e trocas gasosas com a atmosfera para realizar a fotossíntese e respiração. Em situações normais, a superfície da folha é maximizada em relação ao volume, possibilitando uma maior área exposta à luz e a atmosfera, aumentando as trocas gasosas.

Cada espécie de árvore possui folhas de formatos e tamanhos diferentes, normalmente adaptadas ao clima do local onde estão situadas.

As folhas constituem uma parte úmida da árvore, visto que são responsáveis pelo processo de transpiração da mesma. Esse processo tem como objetivo a manutenção da temperatura interna da planta, com a retirada de calor pela evaporação da água, da mesma maneira como acontece nos seres humanos.

A composição química das folhas é bastante variada, podendo conter nutrientes, como nitrogênio, cálcio, fósforo, potássio e magnésio, que variam sua presença e quantidade por espécies analisadas. No estudo de Spoladore *et al.* (1984) foi determinada a porcentagem de cada componente para a espécie Rami (*Boehmeria nivea* Gaud.). Os valores encontrados na matéria seca foram: 19,59% de proteína bruta, 12,98% de fibras, 43,10% de carboidratos, 5,23% de extrato etéreo, 19,10% de cinzas, 0,17% de fósforo, 0,038% de ferro, 6,24% de cálcio e 0,59% de magnésio.

Como o nosso estudo objetiva fazer a combustão dos resíduos de poda é importante definir o poder calorífico de seus componentes. Entende-se como poder calorífico a quantidade de energia por unidade de massa (ou de volume no caso dos gases) libertada na oxidação de um determinado combustível. Pode ser considerado em duas formas:

- Poder calorífico superior (PCS): é dado pela soma da energia libertada na forma de calor e a energia gasta na vaporização da água que se forma numa reação de oxidação.
- Poder calorífico inferior (PCI): é apenas a energia libertada na forma de calor

Como exemplo, temos que para a folha do abacaxizeiro, (Gamba, 2010) encontrou os seguintes valores de poder calorífico:

- PCS: 4042,0 kcal/kg
- PCI: 3709,5 kcal/kg

Já a madeira possui uma composição química elementar mais constante nas diferentes espécies, sendo constituída, aproximadamente, de 50% de carbono, 6% de nitrogênio e 44% de oxigênio. Porém sua umidade pode variar, visto que a lenha verde atinge de 40 a 50% e a seca pode chegar a apenas 20% (Pinheiro, 2004). O poder calorífico superior está entre 4700 e 5000 kcal/kg (Pinheiro, 2004) e o inferior por volta de 3800 kcal/kg (Weco S/A, s.d.).

Quimicamente a madeira é bastante heterogênea, consistindo principalmente de três polímeros: celulose (50%), hemicelulose (20%) e lignina (30%) (Pinheiro, 2004). As quantidades de cada componente, especialmente de lignina e hemicelulose, variam entre as madeiras folhosas e coníferas, além da influencia de outros fatores, tais como espécie e idade.

É importante salientar a ausência total do enxofre na madeira, e por isso sua combustão é mais limpa do ponto de vista da poluição ambiental do que outros tipos de combustíveis.

2.1.5 Poda

A palavra poda vem do latim *putare*, que significa limpar, cortar, desbastar, derramar (Scarpate Filho *et al.*, 2011). No conceito fitotécnico a poda é considerada uma técnica cultural utilizada para alterar o desenvolvimento natural da planta. Seus objetivos principais são:

- Alterar a forma natural da planta tornando-a de menor porte e melhorando a iluminação e o arejamento no interior da copa;
- Regularizar a produção de frutos durante o ano;
- Manter a forma, a sanidade e o vigor da planta.

De acordo com Manual Técnico de Poda da Prefeitura de São Paulo (Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2003) os tipos de poda urbana são os seguintes:

- Poda de formação: é empregada para substituir os mecanismos naturais que inibem as brotações laterais e para conferir à árvore crescimento ereto e à copa altura que permita o trânsito livre de pedestres e de veículos.
- Poda de limpeza: é feita para evitar que a queda de ramos mortos coloque em risco a integridade física das pessoas e do patrimônio público e particular, bem como para impedir o emprego de agrotóxicos no meio urbano e evitar que a permanência de ramos danificados comprometa o desenvolvimento sadio das árvores.
- Poda de emergência: é empregada para remover partes da árvore que colocam em risco a integridade física das pessoas ou do patrimônio público ou particular.
- Poda de adequação: é feita para solucionar ou amenizar conflitos entre equipamentos urbanos e a arborização. É motivada pela escolha inadequada da espécie, pela não realização da poda de formação, e principalmente por alterações do uso do solo, do subsolo e do espaço aéreo.

O momento adequado para a realização da poda será determinado pelo objetivo a ser alcançado, associado à fenologia da árvore e às dimensões dos ramos que se pretende suprimir. As podas podem ser executadas desde a formação até a morte da planta.

Com um simples planejamento é possível fazer a poda de árvores em formação e a remoção de pequenos volumes, pois interferem pouco no funcionamento da cidade. Já no caso de árvores formadas, a remoção de grandes volumes e as operações em vias muito movimentadas são ações um pouco mais complexas, que criam situações de risco e causam grandes transtornos à vida urbana. Esses transtornos são maiores quando as operações acontecem sob a rede de distribuição de energia elétrica e envolvem o desligamento da mesma, comprometendo o funcionamento de hospitais, escolas e estabelecimentos comerciais (Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2003). Por esses motivos, a poda deve ser uma ação planejada antecipadamente.

2.2 Legislação

Ao iniciar o estudo sobre os resíduos urbanos, especialmente os de poda, é necessário que se realize, em primeiro lugar, a verificação de leis pré-existentes que regulem seu uso tanto em âmbito nacional, estadual, como municipal.

Na esfera federal, a lei 12 305, de 2 de agosto de 2010, institui no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que reúne os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, a fim de atingir a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Do artigo 7º da mesma lei, seguem os objetivos a serem alcançados:

“Art. 7º São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;

X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com

adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007;

XI - prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:

a) produtos reciclados e recicláveis;

b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;

XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;

XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável. “

Tal lei fora regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, o qual criou também o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa.

Este par de leis trabalha em conjunto com as leis: 11.445 de 5 de janeiro de 2007 que estabelece diretrizes básicas para o saneamento básico e a política federal de saneamento básico, a 9.974, de 6 de junho de 2000 que altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências, e a Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000: “Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências”.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos no âmbito do aproveitamento energético dos resíduos de poda autoriza a utilização de tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que comprovada viabilidade técnica e ambiental, monitoramento de emissão de gases tóxicos de acordo com as diretrizes do órgão ambiental regulador competente. Tal modalidade de aproveitamento será regulamentada em conjunto pelo Ministério do Meio Ambiente, o Ministério de Minas e Energia e o Ministério das Cidades.

Esta lei descreve ainda diretrizes gerais que podem ser complementadas por Planos Estaduais e Municipais. Especificamente no Estado de São Paulo, já existe um Plano Estadual de Resíduos Sólidos, que foi estabelecido pela Lei Estadual 12.300, de 16 de março de 2006, e que foi regulamentada pelo Decreto nº 54.645, de 6 de agosto de 2009. Este decreto permeia questões como instrumentos econômicos, monitoramento de indicadores de qualidade ambiental, responsabilidades pós-consumo e de áreas degradadas e contaminadas, das infrações e penalidades, além de incentivos à educação e conscientização ambiental, à redução e segregação de resíduos na fonte geradora a fim de implantar com sucesso a coleta seletiva, regularizar a destinação final dos resíduos a locais com adequadas condições ambientais e sanitárias, e à busca de alternativas diferentes de aterros sanitários convencionais, como Usinas de Tratamento Térmico de Resíduos.

No trato Municipal de Resíduos Sólidos Urbanos, o Plano Municipal de Saneamento é que dita objetivos, metas e investimentos necessários para a universalização do acesso a todos os serviços, além de promover a articulação entre todos os serviços previstos no saneamento (abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas) e as demais políticas públicas como recursos hídricos, saúde pública e desenvolvimento urbano.

Com relação exclusivamente aos resíduos de poda, o município de São Paulo desponta como pioneiro no estado, ao apresentar um projeto pela Câmara de Vereadores denominado Programa de Aproveitamento de Madeira de Podas de Árvores (PAMPA), aprovado na Lei nº 14.723 de 15 de maio de 2008, e regulamentada pelo Decreto nº 51.664, de 26 de julho de 2010. Deste, pode-se destacar os seguintes artigos:

“Art. 2º O Programa de Aproveitamento de Madeira de Podas de Árvores - PAMPA tem por objetivos:

I - gerar benefícios ambientais;

II - reduzir o desmatamento;

III - contribuir para aumentar a vida útil dos aterros e diminuir os custos de sua utilização;

IV - reduzir custos com o transporte dos resíduos provenientes da poda e remoção de árvores para os aterros;

V - gerar receitas para o Município.

Art. 3º As ações do PAMPA incluirão:

I - a implementação da poda de precisão, conforme Manual Técnico de Poda de Árvores da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, visando à diminuição do número de intervenções no exemplar arbóreo e o aumento da vida útil e saudável da árvore;

II - o encaminhamento dos resíduos provenientes da poda e remoção de árvores a Centrais de Processamento;

III - a triagem e preparação do material proveniente da poda e remoção de árvores para produção de matéria prima para a fabricação de artigos em madeira;

IV - o processamento dos resíduos provenientes da poda e remoção de árvores destinados à preparação da mistura para compostagem.

§ 1º Na preparação da mistura para compostagem, poderão ser utilizados os resíduos orgânicos provenientes da roçagem de áreas verdes.

§ 2º Enquanto não forem realizados os testes para verificação dos componentes químicos presentes na madeira e folhas provenientes da poda e remoção de árvores, o composto orgânico resultante do processo de compostagem não poderá ser utilizado para fins de cultivo de produtos alimentícios.

Art. 4º Os resíduos provenientes da poda e remoção de árvores serão encaminhados às Centrais de Processamento referidas no inciso II do artigo 3º deste decreto pelas equipes contratadas para a prestação dos serviços.

(...)

Art. 5º As Centrais de Processamento serão instaladas em locais previamente definidos pelo grupo de Subprefeituras que compõem cada uma das regiões referidas no parágrafo único do artigo 4º deste decreto, após o licenciamento ambiental, devendo dispor de espaço para armazenagem do material encaminhado, bem como para instalação e funcionamento dos equipamentos a serem utilizados no processamento da madeira.

Art. 6º Os materiais provenientes da transformação prevista no artigo 3º deste decreto poderão ser utilizados pela própria Prefeitura ou doados a órgãos públicos federais, estaduais ou municipais.

Parágrafo Único - O excedente de material proveniente de referida transformação poderá ser doado a entidades sem fins lucrativos ou fornecidos mediante o pagamento do correspondente preço constante da tabela de preços públicos, observados os limites e as condições fixados em portaria da Secretaria Municipal de Serviços.

Art. 7º Para o desenvolvimento de pesquisas que visem o aprimoramento técnico e científico do PAMPA, poderão ser celebrados convênios com universidades, escolas, organizações não-governamentais, entidades ligadas ao meio ambiente e com a iniciativa privada.

Art. 8º Cabe a cada uma das Subprefeituras, no âmbito de seus limites territoriais, a implementação da poda de precisão, nos termos do inciso I do artigo 3º deste decreto, e o encaminhamento dos resíduos às Centrais de Processamento.

Art. 9º À Secretaria Municipal de Serviços incumbe realizar a licitação, a contratação e o custeio para implementação das Centrais de Processamento e, em consequência, o gerenciamento e o controle das ações decorrentes do contrato ou convênio que venha a ser celebrado.

Art. 10. As despesas com a execução deste decreto correrão por conta das dotações orçamentárias próprias, suplementadas se necessário.”

Este estudo de concepção terá como base estes decretos, em especial no último que diz respeito exclusivamente a resíduos de poda urbana e ao município de São Paulo. Existe uma preocupação tanto municipal, como estadual e federal de diversificar os destinos dos resíduos sólidos urbanos. Neste contexto, os resíduos de poda, representam uma fração dos tradicionais resíduos sólidos urbanos que

possuem potencial energético que pode ser explorado, de acordo com as leis anteriormente descritas, concretizando o objetivo da PNRS de valorizar o resíduo: ao invés de diretamente atribuir uma disposição final em um aterro, recorrer a um aproveitamento energético do mesmo. Logo, do ponto de vista jurídico é possível afirmar que o projeto a ser proposto é viável.

2.2.1 Definições da PNRS

É válido ressaltar algumas das definições dadas na Política Nacional de Resíduos Sólidos a fim de esclarecer possíveis dúvidas à respeito de alguns conceitos que podem parecer bastante próximos, quando na verdade não o são. Primeiramente ressalta-se a diferença entre gestão e gerenciamento de resíduos sólidos:

- “gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei; “
- “gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;”

No caso do presente estudo, percebe-se a vocação tanto para a gestão quanto gerenciamento dos resíduos de poda urbana, como é explicitado no item 2.4.

Outras definições que se fazem importantes são as de reciclagem e reutilização:

- “reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;”

- “reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa; “

Outro conceito é o de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Ainda que a poda não seja um produto “consumido” diretamente pelo homem, a destinação final deste resíduo pode auxiliar na substituição de outros produtos já incorporados no cotidiano do ser humano e assim minimizar o volume de resíduos gerados e reduzir os impactos ambientais decorrente do ciclo de vida dos produtos. Assim tem-se de acordo com a lei:

- “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei;”

Por fim ressalta-se que tanto na gestão como no gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

“§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.” (Art. 9º, da citada Lei nº 12 305/2010)

O artigo 54 determina ainda que a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada até o ano de 2014 (quatro anos após a aprovação da Lei nº 12 305).

2.3 Gestão de Resíduos Sólidos

Como já citado no presente trabalho, os resíduos de poda e remoção, de acordo com a Norma ABNT - NBR 10004:2004 e com a Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010 (PNRS), são classificados como resíduos sólidos urbanos (RSU) de Classe II A. Desta maneira, devem ser considerados em todos os planos e programas relacionados à gestão integrada de resíduos sólidos.

A própria Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010, Art. 3º) define gestão integrada de resíduos sólidos como já foi citado no item anterior. Dentro deste escopo, temos o gerenciamento dos resíduos sólidos, que engloba todas as etapas de geração, acondicionamento, segregação, coleta, transporte, reciclagem, tratamento, disposição final, entre outras.

Atualmente, a problemática dos resíduos sólidos tem trazido à tona novas discussões sobre metodologias e práticas de gestão e gerenciamento dos resíduos. De acordo com Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM (2001), as ações relacionadas ao tema devem se dar com o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil, levando em consideração as características da fonte de produção do resíduo, o volume e tipo do mesmo, atributos sociais e culturais dos cidadãos, etc. A partir deste quadro, os planos de gestão devem ter como objetivos a prevenção da geração, alto aproveitamento e reciclagem dos materiais, utilização das melhores alternativas de tratamento e disposição final. Na Figura 3 está apresentado um esquema do gerenciamento integrado de resíduos sólidos.



Como alternativas de tratamento estão incluídas: incineração e digestão anaeróbia com reaproveitamento energético, compostagem etc.

Figura 3 - Esquema de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

Fonte: MMA (2012)

2.3.1 Cenário Brasileiro dos Resíduos Sólidos

Os aspectos legais relacionados à gestão e manejo dos resíduos sólidos no Brasil são definidos na Política Nacional de Saneamento Básico, Lei n. 11.445, de 2007 e na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010). A gestão dos diferentes tipos de resíduos em relação a sua origem e periculosidade tem responsabilidades definidas nas duas leis citadas. Este fato implica em diferentes mecanismos de coleta, transporte, destinação e disposição final. O poder público tem a função de atuar em todo o processo de gerenciamento dos resíduos de sua responsabilidade, além de disciplinar os outros fluxos de resíduos, como os resíduos de grandes geradores, de construção civil, de saúde, etc. (JACOBI e BESEN, 2011). A Tabela 2 apresenta os diferentes tipos de resíduos e respectivas fontes geradoras, responsáveis pelo seu gerenciamento e disposição final.

Tabela 2 - Tipos de Resíduos e Fontes Geradoras

Resíduos sólidos	Fontes geradoras	Resíduos produzidos	Responsável	Tratamento e disposição final
Domiciliar (RSD)	Residências, edifícios, empresas, escolas	Sobras de alimentos, produtos deteriorados, lixo de banheiro embalagens de papel, vidro, metal, plástico, isopor, longa vida, pilhas, eletrônicos baterias, fraldas e outros	Município	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem de recicláveis 3. Central de compostagem 4. Lixão*
Comercial Pequeno gerador	Comércios, bares, restaurantes, empresas	Embalagens de papel e plástico, sobras de alimentos e outros	Município define a quantidade	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem da coleta seletiva 3. Lixão*
Grande gerador (maior volume)	Comércios, bares, restaurantes, empresas	Embalagens de papel e plástico, sobras de alimentos e outros	Gerador	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem de recicláveis 3. Lixão*
Limpeza Pública	Varrição e poda	Poeira, folhas, papéis e outros	Município	1. Aterro sanitário 2. Central de compostagem 3. Lixão*
Serviços de saúde (RSS)	Hospitais, clínicas, consultórios, laboratórios, outros	Grupo A – biológicos: sangue, tecidos, vísceras, resíduos de análises clínicas e outros Grupo B – químicos: lâmpadas medicamentos vencidos e interditados, termômetros, objetos cortantes e outros Grupo C – radioativos Grupo D – comuns; não contaminados; papéis, plásticos, vidros, embalagens e outros	Município e gerador	1. Incineração 2. Lixão* 3. Aterro sanitário 4. Vaia séptica 5. Micro-ondas 6. Autoclave 7. Central de triagem de recicláveis
Industrial	Industrial	Cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, escórias e outros	Gerador	1. Aterro industrial 2. Lixão*
Serviços de transportes	Portos, aeroportos, terminais	Resíduos sépticos, sobras de alimentos, material de higiene e asseio pessoal e outros	Gerador	1. Incineração 2. Aterro sanitário 3. Lixão*
Agrosilvo-pastoris	Agricultura	Embalagens de agrotóxicos, pneus e óleos usados, embalagens de medicamentos veterinários, plásticos e outros	Gerador	Central de embalagens vazias do Inpev ³
Construção civil (RCC)	Obras e reformas residenciais e comerciais	Madeira, cimento, blocos, pregos, gesso, tinta, latas, cerâmicas, pedra, areia e outros	Gerador Município e gerador pequeno e grande	1. Ecoponto 2. Área de transbordo e triagem (ATT) 3. Área de reciclagem 4. Aterro de RCC 5. Lixões*

*- Dentro da categoria lixões, são também considerados os aterros controlados

Fonte: (JACOBI; BESEN, 2011, p. 138)

A partir da tabela 2, observa-se que o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, e portanto, dos resíduos de poda e remoção, são de responsabilidade do poder público municipal.

O cenário do manejo de resíduos sólidos no Brasil ainda é preocupante e caminha a passos curtos. Devido ao crescimento econômico do país nos últimos anos e o aumento significativo do poder aquisitivo da população, principalmente nos setores de baixa renda, vê-se o aumento da geração de resíduos por todo o país. Segundo a Abrelpe (2011), observa-se um aumento de 0,8% no índice de geração per capita de RSU e um acréscimo de 1,8% na quantidade total gerada, enquanto que o crescimento da população no período foi de 0,9%. No Brasil, o índice per capita de geração de RSU é de 0,93 kg/hab/dia (SNIS, 2012). Aliado a essas informações, segundo a mesma instituição, nota-se que 6,4 milhões toneladas de RSU deixaram de ser coletados, ou seja, tiveram um destino ambientalmente inadequado. Estes dados refletem a falta de ação do poder público e da população no sentido da prevenção da geração e destinação final dos resíduos sólidos urbanos. A Figura 4 ilustra a situação da destinação final dos RSU no Brasil:

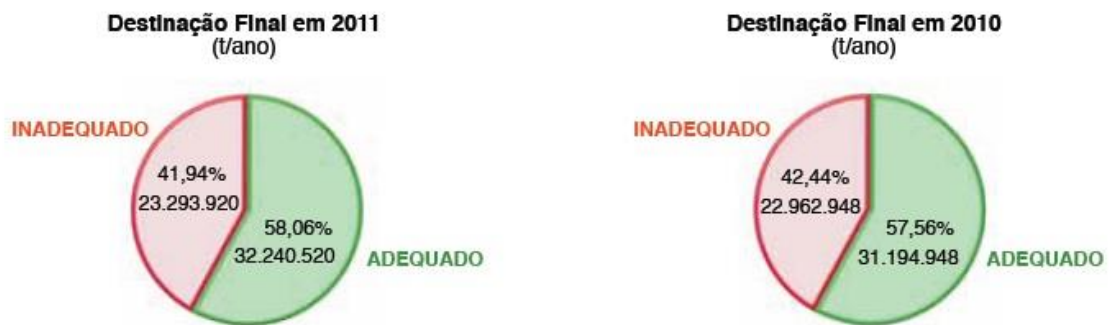


Figura 4 - Situação atual de destinação de resíduos

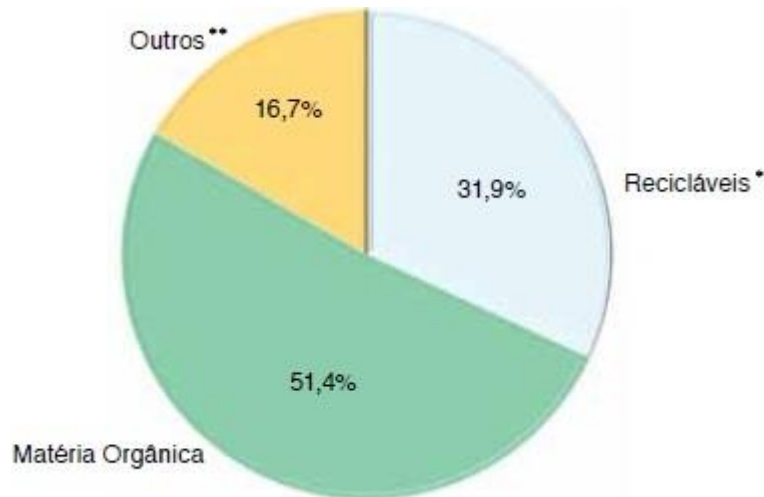
Fonte: Abrelpe (2011)

Observa-se que mais de 40% dos RSU coletados são destinados à lixões ou aterros controlados. É importante salientar que a porcentagem de resíduos dispostos adequadamente provêm principalmente da região sudeste, onde há maior geração e coleta e maior eficiência na fiscalização dos órgãos ambientais. A PNRS tenta estabelecer mecanismos para a mitigação deste problema: impõe a erradicação de

todos os lixões e aterros controlados até 2014 com a implantação de aterros sanitários. Porém já se mostram grandes falhas nesta medida e no cumprimento da lei e a prorrogação dos prazos das metas já é quase certa. Isso demonstra grande descredibilidade das administrações pública municipais em relação à nova política e descaso com a problemática dos RSU.

Além disso, a figura utiliza o termo “inadequado” para a disposição final dos resíduos, o que gera uma possível confusão por parte do leitor, em concluir que existe uma destinação final que não seja adequada. Pela nova legislação brasileira de resíduos sólidos, os resíduos devem ser reaproveitados, reciclados, reutilizados e valorizados antes de receberem uma disposição final, dessa forma isso implica em outras formas de utilização do resíduo antes que o mesmo se torne um rejeito. Ainda assim, quando é o caso de tornar-se um rejeito, este deve ser corretamente destinado por obrigação legal. Conclui-se, portanto, em concordância com a PNRS, que a destinação final nunca será inadequada.

Os RSU também possuem grande potencial de valorização. Cerca de 32% dos resíduos coletados são recicláveis e 51% são matéria orgânica (MMA, 2011). Porém, apenas 58% dos municípios indicam a existência de algum programa de coleta seletiva e apenas 4% da matéria orgânica é destinada à processos de compostagem (Cempre, 2010). Há pouca informação referente à eficiência de tais programas de coleta seletiva. A Figura 5 ilustra a composição gravimétrica dos RSU no Brasil:



* Recicláveis - metal, papel e papelão, plásticos e vidro

** : Outros – resíduos de limpeza urbana, resíduo de construção civil, resíduos perigosos entre outros

Figura 5 - Composição Gravimétrica do Lixo Brasileiro

Fonte: MMA (2012)

2.3.2 Cenário dos RSU no Município de São Paulo

De acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo (PMSP, 2012), “a Administração Direta do Município de São Paulo funciona sob a estrutura organizada e harmônica de vinte e sete Secretarias e trinta e uma Subprefeituras, estas vinculadas à Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras – SMSP”. Dentro desta estrutura, encontra-se a Secretaria Municipal de Serviços - SES, responsável pela gestão da iluminação pública, limpeza urbana e serviço funerário. Para o caso da limpeza urbana, criou-se a Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - AMLURB, que tem por função a gestão da limpeza pública e dos resíduos sólidos urbanos em toda a extensão territorial do município.

A partir desta estrutura, os serviços de limpeza urbana, incluindo o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, são realizados por empresas terceirizadas através de contratos de prestação de serviços e outorgas de concessão pública. A fiscalização e orientação ficam a cargo da AMLURB.

O Município de São Paulo gera em torno de 18 mil toneladas diárias de resíduos sólidos: domiciliar, de saúde, de feira, podas de árvores, entulho, etc. Apenas de resíduos domiciliares, são em torno de 10 mil toneladas diárias (PMSP,

2012). Todo o serviço de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares são prestados por outorga de concessão pública. Para melhorar a eficiência do serviço, o município foi dividido em dois agrupamentos de subprefeituras: o Agrupamento Sudeste, operado pela Concessionária ECOURBIS Ambiental S/A; e o Agrupamento Noroeste, operado pela Concessionária LOGA - Logística Ambiental de São Paulo S.A. A Figura 6 apresenta a localização das trinta e uma subprefeituras e a divisão dos dois agrupamentos:



Figura 6 - Subprefeituras e distribuição das Prestadoras de Serviço

Fonte: PMSP (2012)

A concessionária ECOURBIS realiza a coleta na região sudeste, o transbordo em duas estações, as Estações Municipais de Transbordo Vergueiro e Santo Amaro e a disposição final no Aterro Municipal CTL - Central de Tratamento Leste. Já a LOGA realiza a coleta na região noroeste, o transbordo na Estação Municipal de Transbordo Ponte Pequena e a disposição final no aterro sanitário privado CTR -

Centro de Tratamento de Resíduos, situado na Rodovia dos Bandeirantes, km 33, no Município vizinho de Caieiras (PMSP, 2012). O custo médio para a disposição em aterros sanitários no Estado é de R\$ 70,00/t¹. Ressalta-se a preocupação que deve ser dada à vida útil dos aterros sanitários, às grandes distâncias dos mesmos aos centros geradores e à dificuldade de encontrar novos terrenos para a implementação de empreendimentos deste gênero. A Figura 7 ilustra, na Região Metropolitana de São Paulo, as grandes distâncias dos aterros sanitários dos centros geradores:

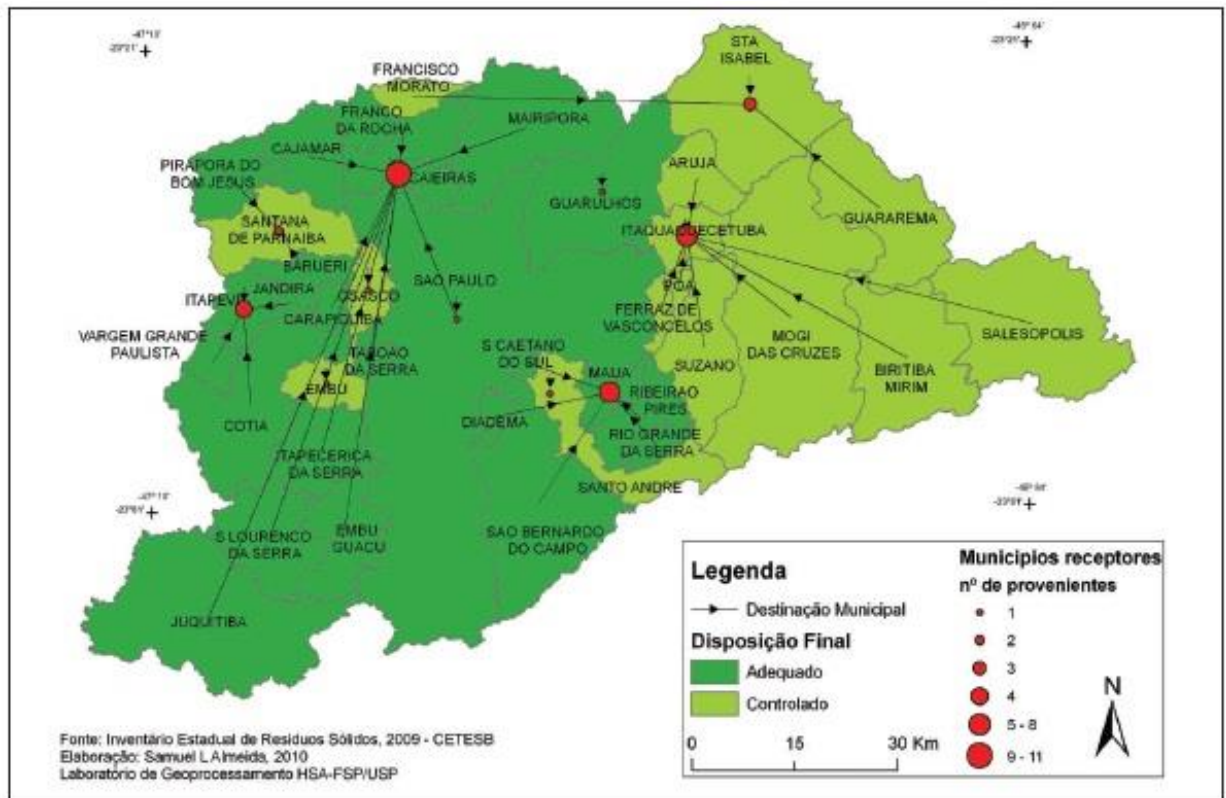


Figura 7 - Distância dos Aterros Sanitários dos Centros Geradores

Fonte: Besen (2011)², apud JACOBI e BESEN, 2011, p. 144

¹ Informação obtida pelo Engenheiro Adalberto Leão Bretas no curso Aterro Sanitários – Licenças/Projetos/Operação realizado pela ABLP – Associação Brasileira de Limpeza Pública. Outubro/2012.

² BESEN, G. R. Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. São Paulo, 2011. 275p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo

Além dos fatores citados, nota-se a dificuldade de obtenção do licenciamento ambiental para um aterro sanitário pelos órgãos ambientais, levando em alguns casos na inviabilização do empreendimento.

Em relação aos resíduos da coleta seletiva, o Município de São Paulo coleta em torno de 190 toneladas diárias. Calcula-se que na composição dos resíduos destinados aos aterros sanitários, mais de 2000 toneladas diárias são passíveis de reciclagem (PMSP, 2012).

Analisando o quadro apresentado, tanto do cenário brasileiro como do Município de São Paulo, é imprescindível a implementação de ações que visam a prevenção da geração e a valorização dos resíduos, seja na reutilização, reciclagem ou outro tipo de tratamento. Estas ações têm como objetivos: utilizar todo o potencial dos resíduos, diminuir a quantidade de resíduos transportada, aumentar a vida útil dos aterros sanitários, gerar renda, melhorar a gestão dos recursos do Estado, entre outros.

2.4 Metodologia da coleta de dados

Dada a problemática relacionada à gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e no município de São Paulo apresentada no item 2.4, este trabalho propõe o estudo de concepção de uma central para a valorização dos resíduos de poda e remoção, visando aproveitar ao máximo o potencial desse tipo de resíduo no âmbito social, ambiental e econômico, impedindo, assim, a sua destinação inadequada. Neste item será realizada uma breve descrição da metodologia da coleta de dados específica para o estudo a ser idealizado.

Este trabalho prevê a realização da planta de uma Pequena Central de Valorização de Resíduos Poda e Remoção. Para a viabilidade do projeto, é necessária uma quantidade específica de resíduos. Assim, foi pensada uma área de influência, onde será alocada a planta, e que receberá todos os resíduos gerados nesta área e destinados à central.

Por uma questão de proximidade e facilidade de locomoção para levantamento de dados foram pré-selecionadas as 5 subprefeituras mais próximas à Cidade Universitária (USP): Butantã, Pinheiros, Lapa, Campo Limpo e Santo Amaro. Para

compreender o serviço de poda realizado no município de São Paulo e obter os dados quantitativos e qualitativos deste tipo de resíduo, foram programadas, no início do trabalho, as seguintes atividades:

- Visita ao site da Prefeitura de São Paulo (www.prefeitura.sp.gov.br) em busca de informações sobre o funcionamento do serviço de poda e remoção, ou seja, as responsabilidades, contratos, empresas terceirizadas, dados quantitativos e qualitativos de geração dos resíduos;
- Pesquisa na bibliografia existente de informações sobre a gestão dos resíduos de poda e remoção, dados quantitativos e qualitativos de geração, propriedades físico-químicas do material, possíveis usos;
- Pesquisa de empresas que realizam trabalhos semelhantes e realização de visitas para conhecer os processos e obter dados de produção e quantidade de resíduo mínima para a viabilidade do projeto;
- Telefonemas aos diferentes órgãos das prefeituras responsáveis pela limpeza pública para compreender o funcionamento do serviço;
- Telefonemas com os técnicos das subprefeituras e das empresas contratadas;
- Visitas às subprefeituras;

2.5 Resíduos de poda e remoção

Através da pesquisa realizada constatou-se desde o primeiro momento a dificuldade de obtenção de dados quantitativos e qualitativos, seja na literatura, seja através do contato direto com as prefeituras e empresas, dos resíduos de poda e remoção. A ausência de uma gestão eficiente para esse tipo de resíduo é evidente.

Através da pesquisa foi possível obter alguns dados referentes aos resíduos de poda e remoção no Brasil, no município de São Paulo e nas subprefeituras analisadas. Este último caso essencial para a realização deste trabalho.

2.5.1 Resíduos de poda e remoção no Brasil

A obtenção de dados referentes aos resíduos gerados no país foram obtidos a partir da bibliografia existente. Cortez (2011) realizou uma pesquisa satisfatória que dá uma noção geral do panorama brasileiro da geração e destinação dos resíduos de poda. A Tabela 3 apresenta as quantidades de resíduos e a sua destinação em algumas cidades brasileiras:

Tabela 3 - Quantidade de Resíduos Gerada por Região e sua respectiva destinação.

Município	UF	Quantidade	Destinação
Aracaju	SE	1.778,06 t (ano de 2009)	Todo resíduo é depositado ainda no aterro sanitário.
Goiânia	GO	40.000 t/ano (109 t/dia)	Aterro sanitário. Não há programa de reutilização dos resíduos de poda.
Londrina	PR	180 t/dia	Não informada
Natal	RN	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
Recife	PE	Informação indisponível	Parte dos resíduos é triturada para ser transformada em adubo. O restante é pesado e destinado aos dois aterros privados pagos pela prefeitura.
São Bernardo do Campo	SP	2.640 m ³ (ano de 2009)	São triturados e após a decomposição são utilizados em praças, parques e hortas comunitárias.
São José dos Campos	SP	100 t/dia	Os resíduos de poda são repassados para empresa terceirizada que os utiliza para queima em caldeiras
Niterói	RJ	1.070 m ³ por mês (galhos, madeiras e troncos)	Aterro Morro do Céu
Rio de Janeiro	RJ	15.383 mst/ano	Não informado
Porto Alegre	RS	150 – 200 m ³ por 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.

Fonte: Cortez (2011)

Cortez (2011) também realizou uma compilação dos dados presentes no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2007 e 2008, do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS). Este trabalho contém a quantificação dos diversos resíduos sólidos por município. É importante ter a consciência de que a participação municipal no diagnóstico não é obrigatória e muitas vezes os dados são enviados de maneira incorreta ou são inconsistentes. A Figura 8 apresenta os municípios que aderiram ao Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2008:

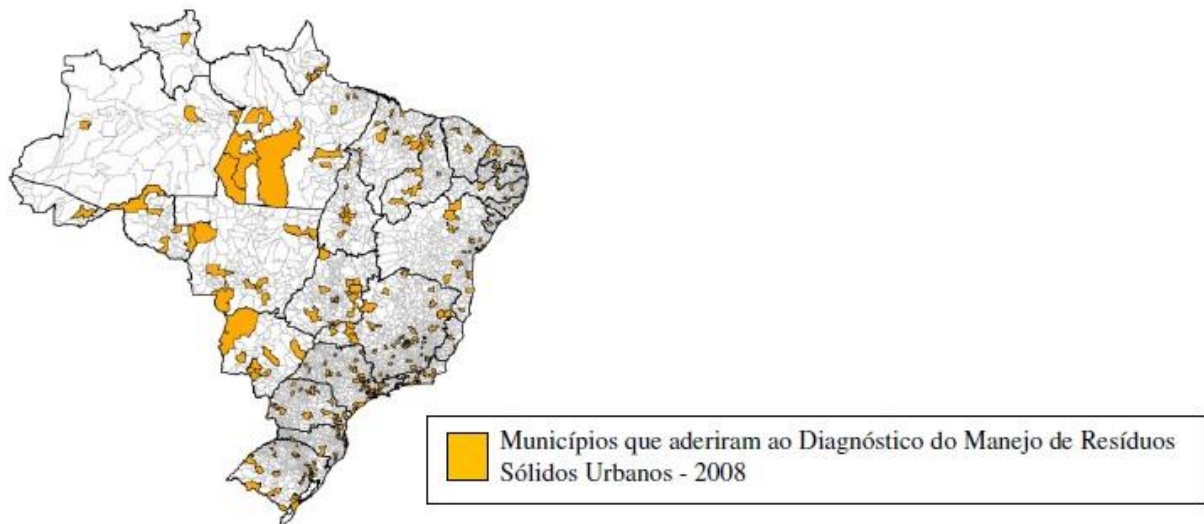


Figura 8 - Municípios que aderiram ao DMRSU-2008

Fonte: SNSA (2010)³, *apud* Cortez, (2011)

A Figura 8 ilustra novamente a dificuldade de obter dados referentes aos resíduos sólido urbanos no país. A PNRS surge em um momento crucial na realidade do país para tentar mudar este quadro. Como resultado da compilação, a Tabela 4 apresenta a quantidade de resíduos de poda por estado nos anos de 2007 e 2008 e a Figura 9 apresenta as destinações dos resíduos de poda no Brasil declarados no diagnóstico de 2008:

³ SNSA (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2008**. Parte 1 – Texto - Visão Geral da Prestação de Serviços. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2010a. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>.

Tabela 4 - Quantidade de Resíduos de Poda Urbana

Estado	Quantidade de resíduos de poda urbana (t / ano)	
	2007	2008
AL	7.989	1.064
AM	9.075	3.906
AP	1.440	936
BA	12.698	33.625
CE	46.061	48.003
ES	2.809	4.229
GO	1.413	2.702
MA	2.425	101
MG	110.329	19.261
MS	390	4.959
PA	537	42.803
PB	2.800	29.547
PE	967	30.513
PR	355.761	5.144
RJ	4.844	14.616
RN	9.312	32.284
RO	16.259	1.964
RS	300	47.658
SE	47.659	280
SP	440	66.051
TO	1.417	37.288

Fonte: Cortez (2011)

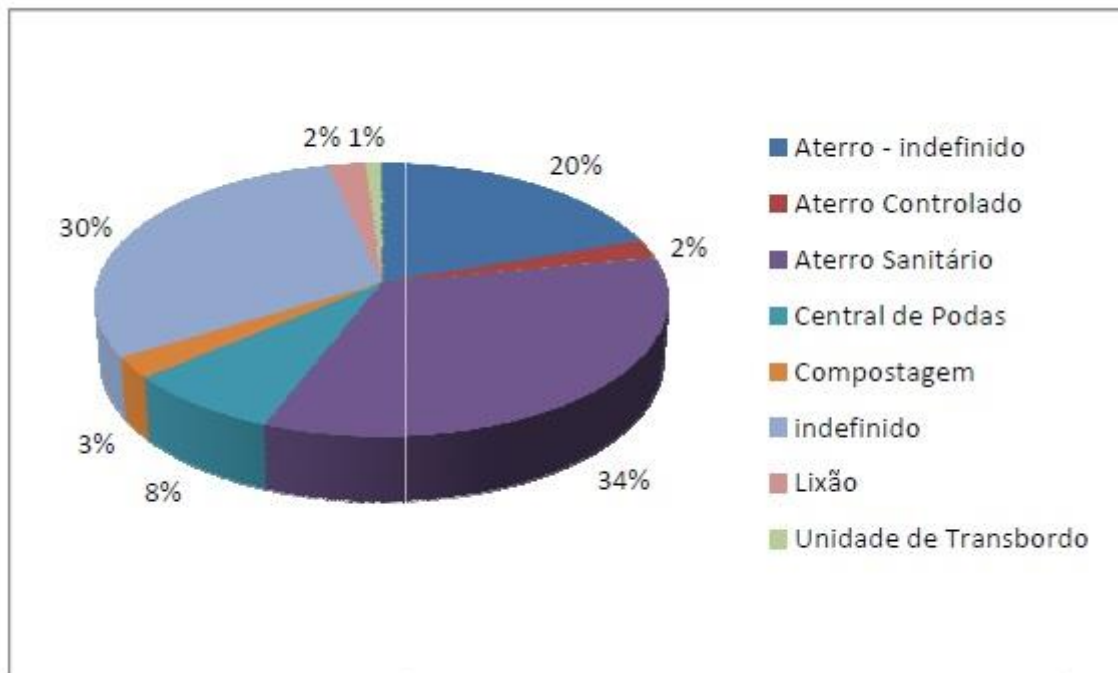


Figura 9 - Destinação dos resíduos de poda no Brasil

Fonte: Cortez (2011)

2.5.2 Resíduos de poda e remoção no município de São Paulo

Os dados referentes aos resíduos gerados no município de São Paulo foram obtidos a partir da bibliografia existente, pesquisa no site da Prefeitura Municipal de São Paulo e contato com técnicos da prefeitura e empresas contratadas.

O serviço de poda e remoção no município de São Paulo é realizado por duas frentes:

- pela Prefeitura Municipal, que através de empresas concessionárias, realiza a poda, remoção de árvores mortas, doente ou que representem algum risco ao cidadão;
- pela concessionária de energia elétrica (AES Eletropaulo) que realiza a poda e remoção de árvores que estão em contato com fiação.

A apresentação dos dados se dará separadamente, já que são frentes independentes.

2.5.2.1 O serviço de poda da AES Eletropaulo

No período de 2006 a 2008 o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo (USP) realizou o projeto P&D Aneel “Estudo do Potencial de Utilização da Biomassa Resultante da Poda e Remoção de Árvores na Área de Concessão da AES Eletropaulo”.

A área de concessão da AES Eletropaulo é composta por vinte e quatro municípios da RMSP, incluindo a capital. Está dividida em cinco unidades (Figura 10) administrativas, sendo três na capital: Norte, Leste, Sul e duas na RMSP: ABC e Oeste. Estas duas últimas unidades são compostas por todos os outros municípios da região metropolitana.



Figura 10 - Regiões Atendidas pela Eletropaulo

Fonte: CENBIO (2007)⁴, apud CORTEZ (2011)

4 CENBIO (Centro Nacional de Referência em Biomassa). Relatório Técnico do Projeto P&D Aneel: “Estudo do Potencial de Utilização da Biomassa Resultante da Poda e Remoção de Árvores na Área de Concessão da AES Eletropaulo”. 2007.

Dentro da área de concessão da AES Eletropaulo, o serviço de poda é realizado por empresas prestadores deste serviço, contratadas pela própria AES Eletropaulo, com exceção da unidade Oeste, em que o serviço é efetuado pelo município.

A partir dos dados do estudo, foi realizada uma estimativa da quantidade de resíduos de poda gerados na área de concessão pela AES Eletropaulo, discriminado por unidade administrativa (Tabela 5):

Tabela 5 - Estimativa de Resíduos de Poda na área de concessão da AES Eletropaulo

Região	Quantidade de resíduos de poda urbana	
	m ³ / mês	m ³ / ano
Norte	843	10.116
Sul	593	7.116
Leste	278	3.336
ABC	563	6.756
Oeste	1.187	14.244
Total	3.465	41.568

Fonte: (Cortez, 2011)

Foi obtida a quantidade de resíduos gerados no município de São Paulo, já que sua área compreende as unidades administrativas Norte, Leste e Sul (Tabela 6).

Tabela 6 - Estimativa de Resíduos de Poda no Município de SP

Região	Quantidade de resíduos de poda urbana	
	m ³ / mês	m ³ / ano
Norte	843	10.116
Sul	593	7.116
Leste	278	3.336
Município São Paulo	1.714	20.568

Fonte: (Elaborado a partir de Cortez, 2011)

Também foi realizada a análise da disposição final dos resíduos de poda gerados. O material coletado no município de São Paulo é destinado a uma empresa que transforma o material recebido em biomassa para ser utilizada como combustível para caldeira. Os outros municípios realizam destinações diversas, como a compostagem e disposição final em aterros sanitários, controlados ou lixões. O gráfico da Figura 11 apresenta a disposição final dos resíduos (lixão/aterro, aproveitamento energético, ou compostagem) nos municípios da área de concessão da AES Eletropaulo.

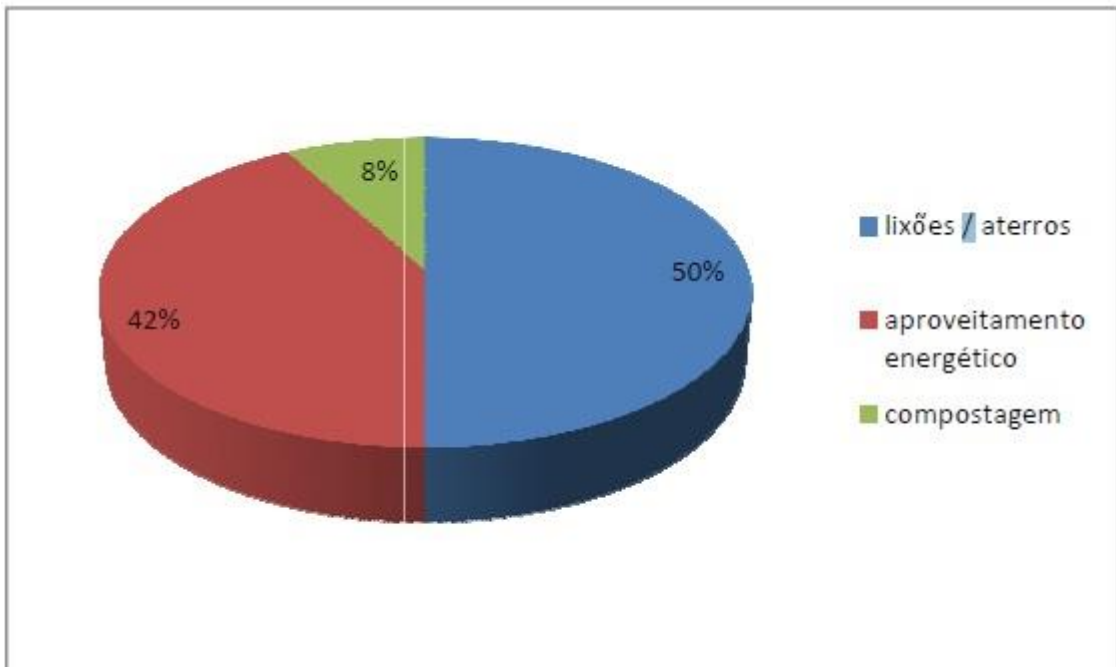


Figura 11- Disposição Final de Resíduos de Poda

Fonte: CENBIO (2007)⁵ apud CORTEZ (2011)

2.5.2.2 O serviço de poda municipal

De acordo com o item 2.4.1, o resíduo de poda e remoção, por ser classificado como um resíduo sólido urbano é de responsabilidade da administração municipal. No caso do município de São Paulo, o gerenciamento, incluindo outorga de concessão pública, é realizado pelas subprefeituras e a fiscalização das empresas prestadoras de serviço é fiscalizada pela Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - AMLURB.

O contrato realizado com as empresas prestadoras de serviço é estabelecido através de Atas de Registro de Preço, e contemplam diferentes agrupamentos de subprefeituras. Possuem a duração de 1 ano, a partir de sua assinatura, e podem ser prorrogadas pelo prazo máximo de mais 1 ano. Para o caso da arborização urbana, as Atas registram “os preços para prestação de serviços à PMSP de conservação de áreas urbanizadas/ajardinadas/praguejadas e em seu entorno e/ou

⁵ CENBIO (Centro Nacional de Referência em Biomassa). Relatório Técnico do Projeto P&D Aneel: “Estudo do Potencial de Utilização da Biomassa Resultante da Poda e Remoção de Árvores na Área de Concessão da AES Eletropaulo”. 2007.

serviços técnicos de manejo de árvores e/ou conservação mecanizada de áreas urbanizadas/ajardinadas/praguejadas e em seu entorno, através de equipes, no Município de São Paulo” (PMSP, 2010a). O serviço de poda está enquadrado nos serviços técnicos de manejo de árvores. Para todos os agrupamentos, as técnicas de poda e sua destinação são tratadas igualmente. Na Tabela 7 está apresentado o agrupamento de subprefeituras do Município de São Paulo.

Tabela 7 - Agrupamento das Subprefeituras

Item/Agrupamento	Subprefeituras
I	Perus, Pirituba/Jaraguá, Freguesia/Brasilândia, Lapa
II	Jaçana/Tremembé, Santana, V. Maria/V. Guilherme, Casa Verde
III	Mooca, Penha, Aricanduva/Vila Formosa
IV	São Mateus, Vila Prudente, Itaquera, Itaim Paulista
V	Guaianazes, Cidade Tiradentes, Ermelino Matarazzo
VI	Sé, Ipiranga, Jabaquara, Vila Mariana
VII	Santo Amaro, Cidade Ademar, Capela do Socorro, Parelheiros, M'Boi Mirim
VIII	Butantã, Pinheiros, Campo Limpo
IX	SMSP/SPUA (M.Tiete – Direita)
X	SMSP/SPUA (M.Tiete – Esquerda)
XI	SMSP/SPUA (M.Pinheiros)
XII	SMSP/SPUA (Mini Anel Viário)

Fonte: (PMSP,2010a)

Nas Atas, em seu Termo de Referência Nº 2, é explicitado que “os procedimentos e técnicas de poda deverão obedecer ao que está preconizado no ‘Manual Técnico de Poda de Árvores’ e na ‘Portaria Intersecretarial SVMA/SMSP nº 04/2005’ que o adota como norma no Município de São Paulo, ou outra norma que vier a substituí-la” (PMSP, 2010a). No mesmo Termo de Referência, é estabelecido, no item 2, a destinação dos “restos vegetais”:

2.2.1. Os galhos deverão ser triturados e o material permanecerá no local de depósito, a ser definido pelo Engenheiro Fiscal, para serem utilizados a critério da PMSP.

2.2.2. Os galhos e troncos que não forem passíveis de serem triturados deverão ser depositados em aterro licenciado para tal fim.

2.2.3. O material proveniente da remoção de vegetação parasita deverá ser embalado em sacos e não deverá ser reaproveitado, devendo ser depositados em aterro licenciado para tal fim.

2.3. O tratamento dos resíduos, ou seja, a trituração dos galhos, a remoção dos resíduos até o destino final, deverá ser executado dentro da carga horária de prestação de serviço das equipes.” (PMSP, 2010a).”

Através das Atas de Registro de Preços dos agrupamentos que englobam as 5 subprefeituras analisadas, obteve-se os dados da empresa contratada e da quantidade de equipes demandadas (Tabela 8):

Tabela 8 - Prestadoras de serviço de poda por subprefeitura

Subprefeitura	Empresa Contratada	Quantidade de equipes
Butantã	Florestana Paisagismo, Construções e Serviços LTDA	7
Pinheiros	Florestana Paisagismo, Construções e Serviços LTDA	8
Lapa	Agrícola e Construtora Monte Azul LTDA	6
Santo Amaro	Era Técnica Engenharia, Construções e Serviços LTDA	4

Campo Limpo	Florestana Paisagismo, Construções e Serviços LTDA	3
-------------	--	---

Fonte: Elaborado a partir de PMSP, 2010a, 2010b, 2010c

De acordo com a Secretaria Municipal de Serviços - SES da Prefeitura do município de São Paulo, a cidade gera cerca de 100 toneladas/dia de resíduo de poda (PMSP, 2007). A partir dos telefonemas realizados aos técnicos e engenheiros das subprefeituras, constatou-se que, atualmente, há duas destinações para os resíduos de poda e remoção no município:

- aterro sanitário;
- trituração e posterior adição ao solo de praças e parques como condicionante;

Sendo que em todas as subprefeituras estudadas, o aterro sanitário de destino é o Centro de Disposição de Resíduos Pedreira, em Guarulhos. Já os trituradores estão localizados em terrenos da própria subprefeitura. A implementação de equipamentos de trituração vem com o Projeto Pampa, Lei nº 14.723 de 15 de maio de 2008, descrita no item 2.3. O diâmetro máximo de material triturado é de 6 polegadas (aproximadamente 15cm). Além disso, nem todas as espécies de árvores são destinadas à trituração, pois os equipamentos são pequenos ou precários e podem ter problemas de funcionamento. A subprefeitura do Butantã é a única estudada que não realiza a trituração do resíduo, todo o material é destinado a um aterro sanitário em município vizinho.

Para melhor compreender o serviço analisado, foram realizadas visitas a duas subprefeituras, Butantã e Santo Amaro, já que realizam diferentes destinações para os resíduos. A descrição das visitas encontra-se nos apêndices.

Quando da coleta de dados de geração de resíduo a partir das visitas e telefonemas, verificou-se que nenhuma das empresas prestadoras de serviço ou subprefeituras tem um sistema de informações ou banco de dados. Os dados quantitativos de geração são estimados a partir da quantidade de caminhões que vão para aterro ou destinam o material para trituração e capacidade máxima de transporte de cada veículo em toneladas (em média 6 toneladas). Nesta etapa serão

utilizados os dados em toneladas, visto que são mais adequados para a análise da produção da central de valorização.

Além dos dados obtidos pelas visitas e telefonemas, percebeu-se a necessidade de caracterizar cada uma das subprefeituras eleitas, para auxiliar também na análise destes dados. As Tabela 9 e Tabela 10 auxiliaram na realização dos cálculos e apresentam resumo das informações destas regiões.

Tabela 9 – Serviço realizado por subprefeitura

Produção por Subprefeitura (t)				Capacidade caminhão: 6 toneladas			
Subprefeitura	Quantidade de caminhões para o aterro por semana	Quantidade de caminhões para trituração por semana	Quantidade de resíduos para aterro por semana (t)	Quantidade de resíduo triturado semana (t)	Quantidade de resíduos para aterro por mês (t)	Quantidade de resíduo triturado mês (t)	Quantidade total resíduo por mês (t)
Butantã	16	0	96	0	384	0	384
Campo Limpo	Dados não divulgados até o momento pela subprefeitura						
Lapa	8	2	Não divulgado	Não divulgado	172	20	192
Pinheiros	6	-	36	0,3	144	1,2	145,2
Santo Amaro	4	2	24	12	96	48	144
						TOTAL	865,2

Fonte: Elaborada a partir de visitas e telefonemas

Tabela 10 – Geração de Resíduo por Subprefeitura

Subprefeitura	Área (km ²)	População 2010 (hab)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Quantidade e de equipes para o serviço	Quantidade de funcionários por equipe	Quantidade e de caminhões (de 6 t) por equipe	Quantidade e mensal de resíduos destinada ao aterro (t)	Quantidade mensal de resíduos triturados (t)	Quantidade mensal de resíduos (t)
Butantã	56,1	428217	7633	4	12	2	384	0	384
Campo Limpo	36,7	607105	16542	2	12	2	Dados não divulgados até o momento		
Lapa	40,1	305526	7619	4	13	2	172	20	192
Pinheiros	31,7	289743	9140	3	11	2	144	1,2	145,2
Santo Amaro	37,5	238025	6347	2	Não divulgado	2	96	48	144
Total (t)							796	69,2	865,2

Fonte: Elaborada a partir de visitas e telefonemas

2.6 Usos dos resíduos de poda e remoção

Os resíduos de poda e remoção gerados pelo processo da gestão de árvores urbanas são destinados atualmente a aterros sanitários. Esta opção não é a melhor destinação final, dado que este resíduo possui alto poder calorífico e pode ser reaproveitado, seguindo conjuntamente a legislação nacional da Política Nacional dos Resíduos Sólidos que se baseia em três pilares: prevenção, valorização e gestão dos resíduos sólidos nacionais. Neste âmbito, o reaproveitamento dos resíduos de poda urbana representa uma valorização destes, à medida que reutiliza este produto a fim de gerar um novo uso e até gerar benefícios à sociedade.

No momento, estes resíduos são em sua maioria levados a aterros e lixões, ocupando um grande volume nos aterros, produzindo impactos ao ar, solo e águas, pela produção de chorume e gás da decomposição natural destes, aliado a decomposição dos demais resíduos orgânicos presentes, e gerando custos de transporte dos mesmos até sua destinação final. Um problema atual é a falta de espaço nestes locais, e a busca cada vez maior por novos espaços. No entanto, é possível pensar em alternativas para a diminuição do volume destinado a estes locais, como o reaproveitamento de tais resíduos. Neste contexto, os resíduos de poda apresentam potencial para diversas atividades alternativas como:

- A trituração dos resíduos para aplicação em compostagem;
- A utilização de troncos maiores para a fabricação de pequenos móveis;
- A utilização de pequenos galhos para fazer enfeites;
- A trituração dos resíduos e sua utilização em biorremediação de solos;
- A valorização energética dos resíduos, na forma de:
 - lenha propriamente dita;
 - briquetes;
 - pellets.

3 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Durante o processo de levantamento de dados do presente trabalho notou-se a enorme dificuldade de encontrar informações sólidas referentes à gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Além da falta de dados, as informações publicadas ilustram um quadro preocupante da situação dos resíduos no país: grande quantidade de geração, ausência de coleta seletiva, baixos índices de reciclagem, disposição final inadequada. Este fato provém diretamente da ausência de planos de gestão, falta de prioridade para com os resíduos pelas administrações municipais e dificuldades para lidar com a questão. Segundo Confederação Nacional dos Municípios, apesar da exigência da Política Nacional de Resíduos Sólidos de realização de Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos pelos municípios até agosto de 2012, apenas 9% deles o fizeram (Folha de São Paulo, 2012).

Para os resíduos de poda e remoção em particular, o caso é ainda mais preocupante. A quantidade de dados publicada é ínfima, e dentre os dados existentes, apenas 11% do material coletado sofre algum tipo de processamento. Dos quarenta maiores município brasileiros, apenas dez possuem dados sobre geração dos resíduos e metade destes realizam sua destinação adequada, considerando seu potencial de valorização (Cortez, 2011).

Apesar do quadro apresentado ser preocupante, há municípios que realizam uma boa gestão e destinação do resíduo de poda e remoção e devem ser considerados exemplos para outras municipalidades. É o caso, por exemplo, de Porto Alegre, São José dos Campos e São Bernardo do Campo, que realizam algum processo de valorização. O trabalho realizado pela AES Eletropaulo no município de São Paulo também se mostra muito eficaz, trazendo dados significativos de geração (1714 m³/mês) e a destinação adequada. Além disso, o município de São Paulo, através do Projeto Pampa, Lei nº 14.723 de 15 de maio de 2008, traz grandes avanços legais para a questão dos resíduos de poda e remoção, que já se refletem na aquisição de trituradores por parte das subprefeituras, no sentido da valorização do material.

Na pesquisa realizada nas cinco subprefeituras estudadas, foi evidente a dificuldade na disponibilidade das informações. A prefeitura do município, assim

como as empresas prestadoras de serviço, não possui um banco de dados centralizado para auxiliar no gerenciamento dos resíduos e todos os dados quantitativos foram estimativas de geração. Porém, ainda assim é possível realizar uma caracterização do serviço.

Verificou-se que os resíduos tem duas destinações: aterro sanitário localizado em município vizinho e a trituração em terreno próprio da subprefeitura. A Tabela 9 do item 2.5.2.2 apresenta dados da geração total de resíduos de poda e remoção, pertencente à área de influência das subprefeituras analisadas, é de 865 toneladas/mês, sendo 796 toneladas/mês destinadas ao aterro sanitário e 65 toneladas/mês trituradas. Ou seja, 92% do resíduo de poda e remoção destas cinco prefeituras tem uma destinação que não considera o seu potencial de valorização. Ainda que parte dos resíduos que são dispostos no aterro sanitário seja de remoções de árvores doentes, para o processo de valorização proposto neste trabalho, este material também pode ser utilizado, já que será triturado e posteriormente compactado visando o aproveitamento energético.

Com relação aos recursos públicos reservados à disposição final no aterro sanitário, considera-se:

- custo de disposição: R\$ 70,00/tonelada;
- material destinado por mês: 796 toneladas.

Portanto, temos que a Prefeitura do Município de São Paulo gasta mensalmente, apenas nas cinco subprefeituras analisadas, cerca de R\$ 55.700,00 para a disposição do resíduo no aterro sanitário. Somado a este custo, deve-se levar em consideração o custo de transporte mensal até o local de disposição. A estimativa deste custo foi calculado através do modelo disponibilizado pelo Engenheiro Adalberto Leão Bretas⁶. Temos como hipóteses:

- a distância percorrido por viagem é de 60 km (ida e volta);

⁶ Adalberto Leão Bretas é engenheiro civil, sanitarista e consultor da Associação Brasileiro de Limpeza Pública (ABLP).

- o caminhão inicia seu percurso até o aterro sanitário após atingir sua capacidade máxima de carga (6 toneladas);
- como é considerado apenas o percurso de ida e volta até o aterro sanitário, as variáveis são, além da distância percorrida por viagem, o custo com combustível, custo com pneus, câmara e recapeamento, custo de filtros e lubrificantes e o acréscimo do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas);
- da Tabela 9 da seção 2.5.2.2, temos que o número total de viagens por mês é de 136;

As variáveis para o cálculo mensal do transporte dependem diretamente da quilometragem rodada pelo caminhão, ou seja, da distância percorrida. O valor de cada uma das variáveis de custo é:

- Custo Combustível = R\$ 2,07 / 1,8 km rodados ;
- Custo Pneus, Rec, Cam. = R\$ 0,52 / km rodado ;
- Custo Filtros e Lub. = R\$ 0,44 / km rodado.

A Tabela 11 ilustra os cálculos realizados e a Tabela 12 apresenta um resumo dos custos da disposição dos resíduos das cinco subprefeituras no aterro sanitário:

Tabela 11 – Cálculos para o custo mensal de transporte

Cálculo custo mensal do transporte (R\$)	Distância por viagem: 60 km		
	Número de viagens: 136		
Custo Combustível =	2,07	x	60 / 1,8 = 69
Custo Pneus, Rec, Cam.=	0,52	x	60 = 31
Custo Filtros e Lub. =	0,44	x	60 = 26
Custo Total por Viagem			= 127
Custo Total Mensal	127	x	136 = 17218
Preço (BDI 25%)	17217,6	/	0,75 = 22957

Tabela 12 – Custos mensais para disposição final

Recursos utilizados mensalmente na disposição final dos resíduos (R\$)		
Entrada Aterro	Transporte	Total
55720	22957	78677

Fonte: Elaboração a partir das pesquisas e cálculos

Portanto, a administração municipal destina, apenas para as cinco subprefeituras estudadas, cerca de 78 mil reais por mês para a realização da disposição final dos resíduos de poda e remoção. A implementação de uma central de valorização, localizada no próprio terreno de alguma das subprefeituras, irá abater estes custos, e os recursos poderão ser destinados a outros serviços municipais.

A partir dos dados de geração obtidos, tentou-se criar alguma correlação entre estes dados e as informações das subprefeituras e características do serviço, para uma possível estimativa de geração em outras subprefeituras. A variável que se mostrou mais significativa com a quantidade de resíduo gerado é a área da subprefeitura. Realizou-se uma correlação entre as áreas e a quantidade mensal de resíduos gerados. O resultado pode ser observado na Figura 12 :

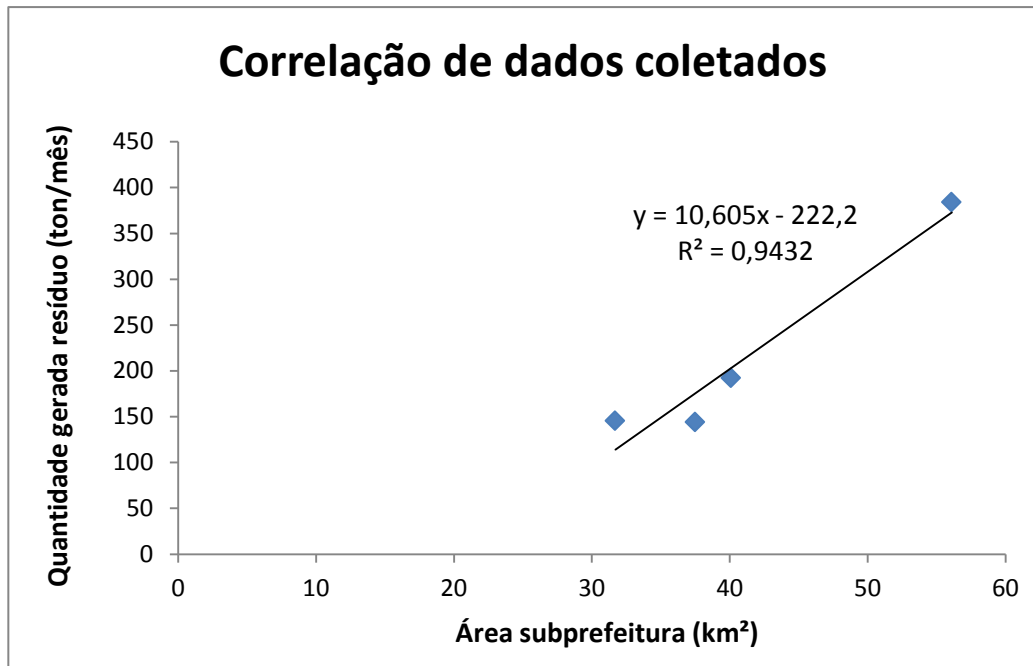


Figura 12 - Correlação dos dados obtidos

Fonte: Elaboração a partir dos dados obtidos nas visitas e telefonemas

Observa-se que o coeficiente de determinação R^2 é relativamente alto (94%). Apesar dos fatores que geram inconfiabilidade aos dados de geração, como a estimativa de resíduos a partir da capacidade dos caminhões e a quantidade destes que vão para o aterro sanitário por semana, considera-se essa correlação aceitável para estimar a geração mensal de resíduos em outras subprefeituras, caso isto seja necessário. Lembra-se que, durante esta etapa do trabalho, o grupo procura a obtenção de dados que dão uma ordem de grandeza do problema, para assim, analisar a viabilidade do projeto.

Dos dados obtidos vê-se a importância da implementação de uma central de valorização de resíduos de poda e remoção no município de São Paulo. Os ganhos são inúmeros: diminuição de gasto de recursos públicos, geração de renda e trabalho, aumento da vida útil dos aterros, valorização dos resíduos.

4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

4.1 Projeto proposto

Com base nas informações obtidas e expostas nos itens anteriores, propõe-se a realização de um estudo de concepção de uma central de valorização de resíduos de poda urbana e remoção de árvores em uma das subprefeituras estudadas. Esta deve contar com estruturação necessária para o recebimento do resíduo e seu processamento com o intuito de valorizá-lo permitindo sua destinação ambientalmente adequada. O local deve conter ainda um espaço para o acondicionamento do resíduo recebido, processamento do mesmo e armazenamento do produto final, além de instalações auxiliares, como recepção, sala de reunião, banheiros, etc.

É possível que a central de valorização a ser dimensionada receba resíduos de madeira provenientes de outras fontes geradores, tais como serralherias, indústria de móveis e da construção civil, tendo o mesmo papel de um eco ponto, podendo ser um centro de referência para educação ambiental e conscientização da população local.

Para que a central se desenvolva de acordo com os ditames da lei, a Secretaria Municipal deve realizar serviços de licitação, contratação e custeio. Este contrato fica sob responsabilidade da mesma. Os possíveis gestores da central podem ser uma pequena empresa, uma cooperativa ou uma organização não governamental.

A escolha do tipo de processo realizado na central será discutida nos itens a seguir.

5 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS

5.1 Análise dos usos dos resíduos de poda e remoção

A procura por uma nova forma de destinação dos resíduos de poda levou a enumeração de diversas alternativas, descritas no item 2.6 do presente texto. Para que uma destas pudesse ser eleita como a de melhor viabilidade, foram pesquisados dados na literatura sobre estas atividades que permitissem a comparação das mesmas.

A trituração seguida de compostagem representaria a reincorporação destes resíduos ao meio ambiente através da composição de um condicionante que aportaria nutrientes ao solo. No entanto, a simples aplicação deste no solo não seria suficiente para atender às necessidades de um vegetal, já que sua proporção C/N (Carbono/Nitrogênio) é muito baixa, aproximadamente 35/1 (CORTEZ, 2011). Sua vantagem é de melhorar a estrutura do solo, de promover a aeração adequada e de aportar umidade ao mesmo, e de protegê-lo contra erosão. Estudos comparativos realizados por CORTEZ (Cortez, 2011), verifica que o ideal seria a associação dos resíduos de poda, que são fonte majoritária de carbono, com uma fonte de nitrogênio que poderia ser esterco, lodo de Estações de tratamento de Esgoto, restos de alimentos provenientes de feiras ou restaurantes, para melhorar a relação C/N e assim ser uma alternativa viável de ser implantada.

A utilização de troncos maiores para a fabricação de pequenos móveis ou para artesanato mostra uma solução de uso imediato para os resíduos de poda. Sua limitação fica a respeito das espécies utilizadas para tais fins. Nem todas podem ser trabalhadas ou não oferecem as propriedades de dureza, durabilidade e estéticas necessárias. Pode-se ainda citar o fato de não ser uma matéria-prima com quantidades constantes ao longo do ano, podendo variar sua disponibilidade sazonalmente, ou até que nem todas estão sãs, no sentido de não apresentarem fungos ou cupins em sua estrutura.

A fabricação de enfeites com pequenos galhos também é algo que aproveita os resíduos de madeira de imediato. Nos casos de produção de objetos em geral é preciso pensar na estrutura social por trás desta alternativa e de acordo com Meira (2010) é necessário programas de capacitação e qualificação da mão de obra,

programas de desenvolvimento de produtos, estabelecimento de infraestrutura para a produção com triagem, armazenamento e eventual secagem dos resíduos de poda e desenvolvimento de estratégias de marketing que incentive o consumo de produtos com apelo do *ecodesign* e consciência socioambiental.

Na questão de biorremediação do solo, os resíduos de poda podem servir como material estruturante que é misturado ao solo para melhorar a textura do solo, visando melhorar a permeabilidade de gases e líquidos nas leiras (SEABRA, 2003). Percebe-se que nesta aplicação, os resíduos de poda podem ser substituídos por outros componentes, e que apresentam papel coadjuvante no processo de remediação do solo.

Tendo em vistas as alternativas anteriores, com suas vantagens e desvantagens, depara-se com a informação de que os resíduos de poda possuem alto poder calorífico e que podem obter um aproveitamento energético que produziria resultados mais significativos. Essa valorização, como explicitado no item 2.6, pode dar-se de três maneiras distintas:

A. Lenha: seriam aproveitados os troncos maiores que eventualmente necessitariam um corte para padronizá-los e comercializá-los. A única preocupação seria quanto aos produtos resultantes da combustão, como gases de efeito estufa e material particulado.

B. Briquetes: a trituração dos resíduos de poda após determinada secagem, seguida de compactação em uma máquina especializada, em que por pressão e temperatura formaria um bloco com dimensões pré-estabelecidas e com densidade energética maior do que a da lenha.

C. Pellets: outro processo mecânico que envolve a produção de pequenos blocos de madeira aglutinados por uma cola, feitos por uma extrusora.

Independentemente do aproveitamento energético a ser eleito, para produção de energia térmica ou elétrica, os resíduos de poda serão queimados e exigem atenção especial para os gases resultantes e para o material particulado.

Estudos comparativos demonstram que os blocos compactados apresentam uma vantagem de aumentar a densidade energética do produto, o que representaria uma maior geração de energia com a mesma quantidade em massa. O aproveitamento destes resíduos em uma alternativa de valorização energética

concilia tanto uma nova destinação aos mesmos (reduzindo o volume disposto em aterros, aumentando a vida útil dos mesmos), como um novo uso que pode ser difundido em diversos mercados consumidores e que diminuiria a busca por novas fontes de energia e por mais matéria-prima da natureza, já que esta disponível e pode ser encontrada o ano todo.

5.1.1 Lenha

A lenha é uma importante fonte de energia na matriz energética brasileira, como mostram os dados do Balanço Energético Nacional de 2012 (ano base 2011) na Figura 13, representando aproximadamente 7% do consumo de energia no país:

Consumo final de energia por fonte: 2011

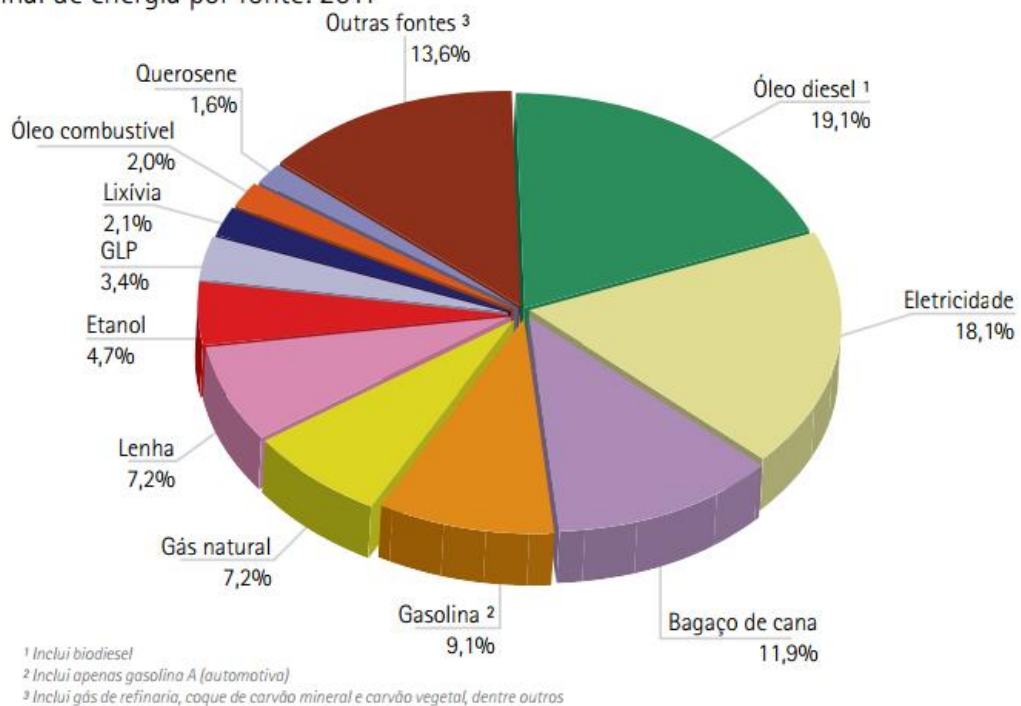


Figura 13 - Consumo final de Energia

Fonte: MME, 2012

A Tabela 13 a seguir mostra os usos desta matéria-prima. Pode-se verificar que a lenha no país é parte transformada, mas sua maioria é utilizada para consumo final energético, em especial em residências e indústrias.

Tabela 13 - Usos da lenha no Brasil

FLUXO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PRODUÇÃO	76.274	83.758	90.927	91.676	91.922	92.317	94.279	79.385	83.862	84.909
IMPORTAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO TOTAL	76.274	83.758	90.927	91.676	91.922	92.317	94.279	79.385	83.862	84.909
TRANSFORMAÇÃO ¹	29.575	34.668	40.114	39.678	38.973	39.703	39.894	25.890	28.856	32.116
GERAÇÃO ELÉTRICA	420	391	412	411	666	550	1.002	712	996	924
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL	29.155	34.277	39.702	39.267	38.307	39.153	38.892	25.178	27.860	31.192
CONSUMO FINAL	46.699	49.090	50.814	51.998	52.949	52.614	54.385	53.495	55.006	52.793
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	46.699	49.090	50.814	51.998	52.949	52.614	54.385	53.495	55.006	52.793
RESIDENCIAL	24.767	25.691	26.044	26.564	26.697	25.200	24.857	24.287	23.471	20.984
COMERCIAL	290	250	230	235	240	250	251	259	287	307
PÚBLICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGROPECUÁRIO	5.790	6.420	6.869	7.027	7.238	7.600	8.186	7.777	8.140	7.889
TRANSPORTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FERROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HIDROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INDUSTRIAL	15.932	16.729	17.670	18.171	18.731	19.564	21.091	21.172	23.108	23.614
CIMENTO	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FERRO-LIGAS E OUTROS DA METALURGIA	208	250	290	296	299	320	328	253	297	266
QUÍMICA	134	150	157	162	168	165	163	144	159	156
ALIMENTOS E BEBIDAS	5.686	5.550	5.717	5.848	5.906	6.082	6.447	6.576	7.314	7.459
TÊXTIL	248	290	302	301	303	309	305	284	296	245
PAPEL E CELULOSE	3.145	3.358	3.674	3.781	4.038	4.181	4.431	4.675	4.882	4.892
CERÂMICA	4.795	4.950	5.198	5.517	5.683	6.081	6.844	6.714	7.340	7.700
OUTROS	1.715	2.180	2.333	2.266	2.334	2.427	2.573	2.527	2.821	2.897

¹ Produção de carvão vegetal e geração elétrica. / ¹ Input for charcoal production and electricity generation.



Fonte: MME, 2012

5.1.2 *Briquetes e Pellets*

O conceito de densificação de resíduos para a produção de briquetes e pellets indica que os resíduos da poda sofrerão apenas uma modificação na conformação física de sua estrutura e não química. Esse processo não modifica o Poder Calorífico, como se ouve comumente, mas se eleva a densidade energética do produto final. Isso significa que com a mesma massa obtém-se mais energia. Além de melhorar características energéticas, a compactação uniformiza o tamanho e o formato dos produtos, facilita seu armazenamento e agrega valor à biomassa residual. O desenvolvimento de sistemas de compactação, ao potenciarem a redução do volume, revela-se vantajoso do ponto de vista do aperfeiçoamento da logística do projeto, já que a densificação da matéria florestal diminui também a parcela dos custos associados ao transporte e distribuição. Ao torná-los mais competitivos em relação aos combustíveis fósseis, como o carvão e petróleo, facilita a sua introdução no mercado energético.

De acordo com relatório de agosto de 2012 da Embrapa - Agroenergia (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias), briquete tem densidade que varia entre 650 a 1200 kg/m³, diâmetro de aproximadamente 60 mm e comprimento de 25 a 300 mm. Já os pellets têm densidade de 650 a 700 kg/m³, diâmetro de 6 a 16 mm e comprimento de 25 a 30mm. Como se pode perceber o pellet possui uma definição mais precisa e consiste em um produto de menores dimensões. Este é amplamente utilizado em países que produzem energia elétrica através de usinas termoelétricas, daí o Brasil ser um grande exportador desta matéria prima, que é produzida em solo nacional e posteriormente exportada. Vale ressaltar que as características do pellet neste caso dependem das normas técnicas do país importador. A Tabela 14 apresenta a comparação do briquete e do pallet de acordo com os padrões da Agencia Europeia de Biomassa, como apresenta Saião (2009):

Tabela 14 - Comparação de briquetes e pellets

Características	Pellets	Briquettes
Matéria-prima	Madeira ou resíduos agrícolas triturada e seca;	
Forma	Cilíndrica – Ø 6 e 12 mm e comprimento 4 a 5 vezes o Ø	Cilíndrica – Ø entre 80 e 90 mm ou Paralelepípedica – 150 x 70 x 60 mm
Estrutura	Firme, robusta	Relativamente quebradiça, frágil
Densidade	650 – 700 kg/m ³	650 e 1200 kg/m ³
Aspecto	Macio	Áspero
Transporte	Sacas	Unidades, paletes
Manuseamento	Uso manual ou automático	Utilização manual
Poder Calorífico	16 - 17 MJ/kg	16 - 17 MJ/kg
Humidade	7 a 12%	7 a 12%
Cinzas	Máximo 0,5%	0,2 %
Aspecto		

Fonte: SAIÃO, 2009

Ambos os produtos possuem Poder Calorífico Superior dentro da faixa de 16,92 a 17,64 MJ/kg e umidade de 7 a 12 %. Sua composição é praticamente a mesma, biomassa triturada na forma de partículas finas e secas. Tanto para a fabricação do briquete como do pellet não é necessária a adição de nenhum ligante, visto que a própria lignina presente na madeira atua como um ligante natural.

É válido lembrar também que o processo de briquetagem pode ocorrer com diversos tipos de materiais, não apenas com resíduos de madeira, o que torna o processo um novo aliado à formação de novos biocombustíveis à medida que compacta resíduos não aproveitados como casca de arroz, palha da cana e palha de milho e produtos com densidade energética superior à original. A Tabela 15 (Quirino,

2008) abaixo faz uma comparação entre densidades e Poder Calorífico de algumas substâncias:

Tabela 15 - Poder calorífico e densidade de briquetes

Tipo de Resíduo	Densidade natural do resíduo (kg/m ³)	Densidade de um briquete (g/cm ³)	Densidade à granel do briquete (kg/m ³)	Poder calorífico (kcal/kg)
Palha de milho	33	0,91	550	3570
Pó de serra	274	1,22	570	4880
Aparas de madeira	112	1,16	565-615	4800
Usina de compensado	132	0,83	560	4424
Casca de arroz	150	1,28	610	3730
Bagaço-de-cana	180	1,10	500-600	3700

Fonte: Quirino, 2008

Além disso, é possível também utilizar as folhas neste processo de briquetagem, visto que sua adição à madeira não modifica significativamente o Poder calorífico final do produto quando comparado ao da madeira sozinha, como apresentado no ensaio realizado por CORTEZ, 2011 (Tabela 16):

Tabela 16 - Comparação de Poder Calorífico

Material Ensaiado	Umidade (% massa)	Hidrogênio (% massa)	Enxofre Total (% massa)	Poder Calorífico Superior (kcal/kg)	Poder Calorífico Inferior em base seca (kcal/kg)
Folhas	56±4	5,6±0,1	0,28	4300	4100
Galhos	50±4	5,6±0,1	0,10±0,01	4500	4300
Folhas e Galhos	51±4	6,0±0,1	0,17±0,01	4500	4300

Fonte: Adaptado de CENBIO, 2008b⁷ apud CORTEZ, 2011

⁷ CENBIO (Centro Nacional de Referência em Biomassa). Relatório Técnico do Projeto P&D Aneel: "Estudo do Potencial de Utilização da Biomassa Resultante da Poda e Remoção de Árvores na Área de Concessão da AES Eletropaulo". Projeto de usina piloto de compostagem: manual de instalação, operação e monitoramento. Maio de 2008.

Mesmo com todas estas possibilidades de formação do briquete, vale a pena ressaltar que parâmetros como umidade, granulometria, densidade e poder calorífico, são as variáveis que mais influencia a homogeneidade do produto final, assim como seu desempenho. Isso justifica toda esta explicação desenvolvida no texto e a preocupação do grupo em adequar os resíduos de poda a padrões aceitáveis quanto a estes parâmetros.

A partir destes dados então, pode-se concluir que os briquetes apresentam uma flexibilidade maior com relação às suas dimensões e composição, podendo ser composto por folhas e madeira. O pellet apresenta características mais estritas, como uniformidade da massa triturada, menor granulometria do triturado, menores dimensões, separação de folhas da madeira, e agrega mais valor ao produto.

Percebe-se a partir deste panorama que existem diversas alternativas para a destinação do resíduo de poda urbana. A escolha por uma delas, no entanto deve ser baseada em um método mais objetivo, do que uma simples análise como a realizada acima. Para tanto foi eleito o método de decisão multicritérios em que foram elencados critérios e subcritérios que melhor caracterizassem as alternativas. A cada uma dessas foi atribuída uma nota e a partir dos pesos pré-estabelecidos foi composta uma nota final, e por fim eleita a alternativa. A descrição desta ferramenta se dá no item 6.

6 ANÁLISE MULTICRITÉRIOS PARA ESCOLHA DA ALTERNATIVA

6.1 Descrição e justificativa de cada critério e subcritério

6.1.1 Metodologia

Para a tomada de decisão de uma das alternativas elencadas, foi selecionado o método da matriz multicritérios. Inicialmente, foram definidos quatro critérios principais e cada um foi detalhado em pelo menos quatro subcritérios que fossem relevantes na caracterização do futuro empreendimento.

Para cada subcritério foi determinado um peso (discutido pelos membros do grupo), onde foi elaborada uma matriz quadrada em que foi comparado cada um dos subcritério com relação ao outro em termos de importância. Ao final, obteve-se um peso para cada um deles.

Para cada critério foi atribuído, também subjetivamente, um peso que foi multiplicado ao final, na soma de notas finais de cada critério para cada alternativa.

Por fim, cada alternativa apresentou uma nota final para cada critério, que foi somada e a que teve a maior nota foi a alternativa escolhida.

6.1.2 Escalas e justificativas

Inicialmente, foram determinados os critérios : técnico, financeiro/econômico, ambiental e jurídico. O primeiro diz respeito aos aspectos dos projeto em si, parâmetros que pudessem mensurar os limites da central de valorização do resíduo, como equipamentos, área, influência na vizinhança, proximidade com mercados consumidores, aceitação do produto. O segundo faz menção aos aspectos financeiros do produto, como custos de produção, de venda, investimento inicial. O terceiro é relativo à questões ambientais como emissão de poluentes e aproveitamento da matéria prima. Por questões consensuais do grupo, optou-se por deixar o odor, como critério técnico e não ambiental, ainda que este pudesse fazer parte do presente grupo, como uma forma de poluição. No entanto o grupo considerou apenas se a alternativa produzia ou não odor, e por isso seria um aspecto técnico da produção. Por fim, o criterio jurídico refere-se às questões

ligadas às legislações e norma disponíveis para aprovação da alternativa escolhida, como licenciamento, regulamentação da atividade.

A escolha dos pesos de cada critério foi feita a partir de discussão do grupo sobre qual hierarquia seria compatível com a proposta do projeto e com o contexto no qual ele está inserido.

O critério técnico foi o primeiro a ser reconhecido como de grande relevância, visto que é a partir dele que se pode dizer se a alternativa pode ou não ser implantada fisicamente em um local. Como o escopo do projeto é a valorização do resíduo de poda, é muito importante mensurar os meios com os quais será feita essa valorização.

Após, surgiu a dúvida entre qual critério seria mais relevante entre ambiental e econômico/financeiro. Com ampla discussão concluiu-se que para viabilizar um projeto deste tipo, que pode ser visto como um empreendimento, o critério econômico/financeiro é de grande valor e representa grande parte da atratividade que o projeto pode ter frente a possíveis investidores. A viabilidade econômica é um requisito de mercado, e como queremos simular uma situação real foi decidido atribuir um peso igual ao técnico para este critério.

O critério ambiental apresenta grande relevância, visto que este é um projeto de formatura de alunos de Engenharia Ambiental e que vive-se em uma sociedade moderna que busca (ou deveria buscar) constantemente novas alternativas que garantam a qualidade do meio ambiente, e portanto recebeu o mesmo peso que os critérios anteriores. Também foi lembrado que o tema do trabalho já demonstra grande preocupação com o meio ambiente ao propor a valorização de um resíduo que normalmente é disposto em aterro sanitário. Sendo assim, o conceito ambiental já está internalizado em todas as alternativas propostas.

O último critério definido foi o jurídico, visando estabelecer uma relação, ainda que bem limitada, com os requisitos políticos envolvidos no projeto. Por não se tratar de um assunto de extremo conhecimento dos alunos, mas que deve ser levado em consideração quando da aprovação de um projeto, foi estabelecido um peso um pouco menor do que os demais. Desse modo, obteve-se o seguinte resultado, apresentado na Tabela 17:

Tabela 17 – Pesos dos critérios para análise das alternativas

Critérios	Pesos
Ambiental	3
Econômico/Financeiro	3
Técnico	3
Jurídico	2

Fonte : Elaborado pelo grupo

Tanto para a atribuição de notas como de pesos, optou-se por uma escala de 1 a 5, onde 1 seria a pior nota/peso do subcritério de acordo com as justificativas apresentadas a seguir para cada um deles.

A. Ambiental

- *Emissão de poluentes atmosféricos*: foi atribuída nota máxima para as alternativas que emitissem menos poluentes, como gases do efeito estufa e material particulado;
- *Aproveitamento da matéria prima*: o fato de utilizar toda a matéria prima disponível, madeira e folhas, era um ponto que o grupo concordou ser essencial para o projeto, já que o objetivo é reduzir a quantidades enviadas para os aterros e dar nova destinação a estes resíduos. Logo, as alternativas que utilizavam tanto madeira como folhas tiveram melhores notas;
- *Poluição sonora*: por inserir-se no contexto urbano de uma cidade, o projeto que emitisse menos ruídos que pudessem atrapalhar a vizinhança foi melhor classificado;
- *Poluição visual*: mais uma vez, por estar inserido em um bairro de uma cidade, quanto menos ele atrapalhar a paisagem da vizinhança melhor a nota da alternativa.

B. Econômico/Financeiro

- *Preço de venda:* o produto final deve ter um preço relativamente alto, para gerar lucros para o projeto. Dessa forma as alternativas com preços de venda mais elevados tiveram maiores notas;
- *Custo de produção:* este custo está diretamente relacionado ao preço de venda, e não deve ser maior que ele para que traga maior margem de lucro. Ele engloba todos os fatores necessários para a produção, como insumos e energia. Assim quanto menor o custo de produção, maior a nota;
- *Custo de operação:* a operação em si também é um fator que compõe o preço final e que não deve ser alto. Ele diz respeito aos custos com a gestão dos equipamentos envolvidos, dos procedimentos a serem realizados para a plena produção da alternativa. Alternativas com altos custos de operação tiveram baixas notas;
- *Capacidade (velocidade) de produção:* quanto mais rápida a produção, mais rápida pode ser a venda e mais rápido se tem o retorno do investimento. Alternativas que produzem mais rapidamente tiveram melhores notas;

C. Técnico

- *Odor:* as alternativas que geram odor em sua produção foram atribuídas piores notas, já que é um fator que incomoda muito a vizinhança;
- *Área requerida:* a área requerida pelo empreendimento não pode ser muito elevada, pois ele pode ser localizado dentro da cidade. Alternativas que exigem maiores espaços tiveram menores notas;
- *Proximidade com o mercado consumidor:* é um fator que conta muito na composição do preço final do produto. A alternativa deve ter próxima seu mercado consumidor para ser competitiva no mercado, assim as que tiveram maiores notas foram as que mais próximas estão de seus respectivos consumidores;

- *Facilidade de transporte:* o fato de ter dimensões padrão, bem definidas e regulares auxiliam no transporte, assim as alternativas que possuem estas características obtiveram maiores notas;
- *Adição de outros insumos no processo de fabricação:* a necessidade de adição de outros insumos para tornar o produto final completo e adequado para uso aumenta os custos de produção e aumentam o tempo de produção do mesmo. Assim alternativas que já estão prontas só com as matérias primas madeira e folhas foram as melhores classificadas;
- *Facilidade de operação:* diz respeito às operações necessárias durante o processo produtivo, qualificação dos operadores, supervisão do processo. Alternativas que requerem muitos cuidados na operação tiveram menores notas, já que isso encarece o produto e aumenta a probabilidade de erros na produção;
- *Aceitação do produto final:* alguns produtos por vezes por ter uma origem diferente da tradicional são mal vistos perante o mercado consumidor. As alternativas que já estão inseridas num mercado com maior aceitação obtiveram maiores notas;

D. Jurídico

- *Dificuldade de aprovação da alternativa:* diz respeito apenas a aprovação para licenciamento no órgão regulador;
- *Complexidade jurídica:* diz respeito às leis envolvidas, se são claras ou existentes. As alternativas que não possuem leis que regulamentem tiveram menores notas;
- *Visibilidade política:* esse subcritério faz alusão a visibilidade política que um projeto como esse poderia ter para um prefeito, por exemplo. Se trazer mais atenção do público, melhor para o político e mais vontade ele tem de fazer o projeto. Quanto maior a visibilidade, maior a nota.

6.2 Determinação dos pesos dos subcritérios

As matrizes apresentadas nas tabelas Tabela 18, Tabela 19, Tabela 21 e Tabela 21 mostram como foram hierarquizados os subcritérios de cada critério. Os pesos de cada um foram previamente discutidos pelo grupo.

A. Ambiental

Tabela 18 – Matriz dos pesos dos subcritérios ambientais

SUBCRITÉRIOS	Emissão de poluentes atmosféricos	Aproveitamento da matéria prima	Poluição sonora	Poluição visual	Média da Linha	Peso de cada subcritério
Emissão de poluentes atmosféricos	3	2	4	4	3,25	0,27
Aproveitamento da matéria prima	4	3	5	5	4,25	0,35
Poluição sonora	2	1	3	4	2,5	0,21
Poluição visual	2	1	2	3	2	0,17

Fonte : Elaborada pelo grupo

B. Econômico/Financeiro

Tabela 19 – Matriz dos pesos dos subcritérios econômicos/financeiros

SUBCRITÉRIOS	Preço de venda	Custo de produção	Custo de operação	Capacidade (velocidade) de produção	Média da Linha	Peso de cada subcritério
Preço de venda	3	4	3	4	3,5	0,29
Custo de produção	2	3	3	4	3	0,25
Custo de operação	3	3	3	2	2,75	0,23
Capacidade (velocidade) de produção	2	2	4	3	2,75	0,23

Fonte : Elaborada pelo grupo

C. Técnico

Tabela 20 – Matriz dos pesos dos subcritérios técnicos

SUBCRITÉRIOS	Odor	Área requerida	Proximidade com o mercado consumidor	Facilidade de transporte	Adição de outros insumos no processo de fabricação	Facilidade de operação	Aceitação do produto	Média da linha	Pesos dos subcritérios
Odor	3	2	1	1	1	1	1	1,43	0,07
Área requerida	4	3	2	3	3	2	2	2,71	0,13
Proximidade com o mercado consumidor	5	4	3	3	4	4	3	3,71	0,18
Facilidade de Transporte	5	3	3	3	4	3	3	3,43	0,16
Adição de outros insumos no processo de fabricação	5	3	2	2	3	2	2	2,71	0,13
Facilidade de operação	5	4	2	3	4	3	3	3,43	0,16
Aceitação do produto	5	4	3	3	4	3	3	3,57	0,17

Fonte : Elaborada pelo grupo

D. Jurídico

Tabela 21 – Matriz dos pesos dos subcritérios jurídicos

SUBCRITÉRIOS	Dificuldade de aprovação da alternativa	Complexidade jurídica	Visibilidade política	Média da linha	Pesos de cada subcritério
Dificuldade de aprovação da alternativa	3	1	2	2,00	0,22
Complexidade jurídica	5	3	2	3,33	0,37
Visibilidade política da alternativa	4	4	3	3,67	0,41

Fonte : Elaborada pelo grupo

6.3 Atribuição de notas e eleição da alternativa

6.3.1 Atribuição de notas

Com os pesos dos critérios e subcritério em mãos, o passo seguinte foi analisar as alternativas elencadas e atribuir uma nota conforme seu desempenho, como mostra a Tabela 22.

Tabela 22 - Matriz de atribuição de notas para cada alternativa

Alternativas		Pesos	Fabricação de Pequenos Móveis	Artesanato	Compostagem	Lenha	Briquete	Pallets
Critérios								
Amb	Emissão de poluentes atmosféricos	0,27	2	3	3	4	2	2
	Aproveitamento da matéria prima	0,35	1	3	5	1	5	1
	Poluição sonora	0,21	2	4	5	1	2	2
	Poluição visual	0,17	3	3	2	3	2	2
Econ/Fin	Preço de venda	0,29	2	2	2	3	4	5
	Custo de produção	0,25	3	2	1	3	3	1
	Custo de operação	0,23	3	3	1	3	3	2
	Capacidade (velocidade) de produção	0,23	2	2	1	3	4	4
Tec	Odor	0,07	5	4	1	5	5	5
	Área requerida	0,13	3	4	1	3	3	2
	Proximidade com o mercado consumidor	0,18	3	3	1	3	4	3
	Facilidade de Transporte	0,16	1	2	2	3	5	4
	Adição de outros insumos no processo de fabricação	0,13	2	1	1	4	5	4
	Facilidade de operação	0,16	3	3	1	3	3	3
	Aceitação do produto	0,17	4	3	2	5	4	4
Jur	Dificuldade de aprovação da alternativa	0,22	4	4	3	4	3	3
	Complexidade jurídica	0,37	3	4	3	4	3	3
	Visibilidade política da alternativa	0,41	1	2	2	1	5	4

Fonte : Elaborada pelo grupo

6.3.2 Multiplicação dos pesos

Foi multiplicada a nota de cada alternativa pelo peso dos subcritérios, obtendo-se uma nota parcial para alternativa como apresenta a Tabela 23.

Tabela 23 – Matriz de multiplicação das notas parciais pelo peso dos critérios

	Pesos dos Critérios	Fabricação de Pequenos Móveis	Artesanato	Compostagem	Lenha	Briquete	Pallets
AMB	3	1,81	3,21	3,96	2,15	3,06	1,65
FIN	3	2,48	2,23	1,29	3,00	3,52	3,08
TEC	3	1,42	1,65	0,70	1,75	2,25	1,78
JUR	2	2,41	3,19	2,59	2,78	3,81	3,41

Fonte : Elaborada pelo grupo

6.3.3 Notas finais

Através da multiplicação das notas parciais de cada alternativa pelos pesos dos subcritérios, obteve-se a nota de cada alternativa relacionada com cada critério. A soma destas notas resultou na nota final de cada alternativa. A matriz que representa esta soma é apresentada na Tabela 24 a seguir:

Tabela 24 – Matriz com as notas finais de cada alternativa

	Fabricação de Pequenos Móveis	Artesanato	Compostagem	Lenha	Briquete	Pallets
AMB	5,44	9,63	11,88	6,44	9,19	4,94
FIN	7,44	6,69	3,88	9,00	10,56	9,25
TEC	4,27	4,94	2,10	5,24	6,76	5,35
JUR	4,81	6,37	5,19	5,56	7,63	6,81
SOMA	21,96	27,62	23,04	26,24	34,13	26,35

Fonte : Elaborada pelo grupo

A matriz com as notas finais mostra que a alternativa selecionada foi o briquete, que recebeu as melhores notas nos critérios Técnico, Econômico/Financeiro e Jurídico. Assim, por este método que leva em consideração os diversos aspectos de um projeto e como eles se inter-relacionam e são hierarquizados, a alternativa que melhor se adapta às premissas pré estabelecidas pelo grupo, é a utilização dos resíduos de poda urbana na fabricação de briquetes.

7 ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

A utilização de resíduos gerados na poda e remoção de árvores na cidade na fabricação de briquetes requer a concepção de uma central de valorização que deve receber o resíduo, armazená-lo, triturá-lo, processá-lo e posteriormente destiná-lo ao mercado consumidor. Para tanto foi feito um levantamento técnico, econômico e ambiental dos principais requisitos de cada uma destas áreas para tornar tal projeto possível.

7.1 Briquete

O briquete, como descrito anteriormente neste trabalho, é produto de um processo de compactação de determinado material que sofre apenas uma modificação em sua conformação física. Esse processo, também denominado densificação ou briquetagem, não modifica o seu poder calorífico, como se ouve comumente, mas se eleva a densidade energética do produto final.

Serão tomadas como base inicial as seguintes características do briquete de resíduos de poda e remoção:

- Umidade: 7 a 12 % (SAIÃO, 2009)
- PCI = 4300 kcal/kg (Adaptado de CENBIO, 2008b apud CORTEZ, 2011)
- Densidade = 650 a 1200 kg/m³ (SAIÃO, 2009)

7.2 Análise dos possíveis mercados consumidores

7.2.1 Indústria Cerâmica

A indústria cerâmica brasileira se desenvolveu rapidamente e se tornou expressiva no cenário econômico do país, sendo responsável por aproximadamente 1% do PIB (Aragão, Gomes, Nogueira, & Ribeiro, VII - Agosto de 2008), o que corresponde a um faturamento de R\$ 18 bilhões anuais (IBGE, 2008). A abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, facilitaram a atuação

da indústria e tornaram possível a atuação de diversos segmentos cerâmicos no país. Os produtos atingiram nível de qualidade mundial e as exportações se tornaram representativas.

As regiões que possuem maior concentração de indústrias cerâmicas são a sudeste e a sul, em razão de fatores históricos e econômicos que favoreceram o local, como a maior densidade demográfica, maior atividade industrial e agropecuária, melhor infraestrutura, melhor distribuição de renda, associado ainda as facilidades de obtenção de matérias-primas, energia, centros de pesquisa, universidades e escolas técnicas. Outras regiões do país tem apresentado certo grau de desenvolvimento, sendo mais observado no Nordeste, onde tem aumentado a demanda de materiais cerâmicos, principalmente nos segmentos ligados a construção civil, o que tem levado a implantação de novas fábricas cerâmicas nessa região. Atualmente, no Brasil estão instaladas 6.903 empresas de cerâmica e olarias (IBGE, 2008).

O setor de maior destaque neste segmento é o de Cerâmica Estrutural (vermelha) que, em 2003, obteve um faturamento de US\$ 4,2 bilhões (CASTRO & PACHECO, 2005 *apud* ARAGÃO *et al.*⁸, 2008).

Este setor produz tijolos furados, tijolos maciços e telhas, sendo que 90% das indústrias são classificadas como micro ou pequena empresa (IBGE, 2008). As indústrias, na sua grande maioria, utilizam a lenha como combustível para a queima destes produtos em fornos do tipo intermitente (MESSIAS, 1996 *apud* ARAGÃO *et al.*⁹, 2008). O consumo de lenha pelo setor é bastante expressivo, sendo que a nível nacional é da ordem de 6.714.000 toneladas/ano (BEN, 2009).

A questão energética é relevante para este segmento, visto que no sistema de produção a um consumo intensivo de energia na forma primária, devido a processos térmicos e a alta temperatura dos materiais. A fatura energética no setor de cerâmica estrutural representa cerca de 17 a 30% dos custos da produção dependendo do tipo produto.

⁸ Aragão, F. M., Gomes, L. J., Nogueira, M., & Ribeiro, G. T. (VII - Agosto de 2008). Caracterização do consumo de lenha pela atividade cerâmica, nos municípios de Itabaiana, Itabaianinha e Umbaúba-SE. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, p.16.

⁹ Idem

Segundo Aragão *et al.* (2008), no estado de Sergipe o material combustível utilizado é procedente basicamente de plantações de eucalipto ou pinus ou do aproveitamento de material lenhoso principalmente as costaneiras do pinus, e de vegetação nativa da caatinga. A madeira é deixada em pátios ao ar livre para secar, aumentando-se seu poder calorífico.

De acordo com estudo de Aragão *et al.* (2008) o consumo médio de lenha por uma indústria cerâmica é de 466,7 toneladas/mês. E dessa maneira é possível produzir 1.145.200 peças/mês. Outro dado, do estudo de Nicolau (2000) é que para produzir 25.200 kg de peças por dia se consome 16.783.200 kcal/dia. Considerando o poder calorífico de 2400 kcal/kg da lenha (Folder WECO), obtemos um consumo de aproximadamente 7 toneladas de lenha por dia. Calculando o gasto no mês, obtemos 210 toneladas. Assim, assumindo um valor médio entre esses dois estudos, pode-se dizer que o consumo de lenha em uma fábrica média de cerâmica é de 340 t/mês.

Portanto, o consumo de briquetes nesse modelo de indústria estaria na faixa de 190 toneladas a 200 toneladas por mês, visto que a diferença da densidade energética entre os dois combustíveis considerados é de aproximadamente 43% (4200 kcal/kg para o briquete e 2400 kcal/kg para a lenha). Este valor coincide com os dados de fornecedores, que estima que 1 tonelada de briquete substitua até 7 m³ de lenha (Biofogo, 2008), unidade geralmente utilizada no mercado deste produto.

7.2.2 Olarias

As Olarias são fábricas pertencentes à indústria da Construção Civil e, portanto representa grande contribuição para o desenvolvimento do País. Estes estabelecimentos produzem tijolos comuns, jardineiras, vasos,oringas, entre outros objetos de argila, que não requerem um tratamento especial da mesma, para a retirada de impurezas como sulfato de ferro, presente naturalmente na terra de fundo de córregos, rios e várzeas, de onde é retirada a argila. Sua produção está intimamente ligada à produção de cerâmicas em geral, por isso pode-se adotar valores semelhantes ao da indústria cerâmica para a produção de olarias, no que diz respeito ao consumo de lenhas. É válido ressaltar ainda que as olarias representam

menor mercado consumidor e que são predominantemente pequenos empreendimentos.

7.2.3 Pizzarias

O mercado de pizzarias é um mercado em expansão. De acordo com dados da EDC Food Service, existem 12 mil pizzarias no Estado de São Paulo, 7500 na Grande São Paulo e 5000 na Capital. A tendência de crescimento varia de 6 a 8% ao ano e o faturação gira em torno de 5 bilhões de reais no ano. No Brasil são produzidas 1,5 milhões de pizzas/dia e somente o Estado de São Paulo é responsável pelo consumo de 800 mil delas, o que representa aproximadamente 53% do total.

Somente na grande São Paulo são consumidas 43 milhões de pizzas por mês, o que movimenta aproximadamente R\$ 10 bilhões ao ano. Atualmente a cidade de São Paulo é a segunda maior consumidora do mundo, perdendo apenas para Nova Iorque. O consumo de um paulistano gira em torno de 7 unidades por mês.

Toda esta indústria é alimentada em sua maioria pela lenha comum de eucalipto, já que de acordo com os pizzaiolos, garante um melhor sabor à pizza. O briquete pode ser usado em alguns casos, porém o mercado ainda apresenta resistência a esse novo combustível.

Tomando um forno fabricado pela empresa “Fornos Pizzabon”, com dimensões internas de 102 cm de largura, 47 cm de altura e 97 cm de profundidade, peso de 700 kg, consome de 5 a 6 kg de lenha ou briquete por hora de funcionamento. Considera-se que uma pizzaria funcione das 18 horas às 0 horas, totalizando 6 horas de funcionamento, com necessidade de pré aquecimento até que atinja a temperatura de 350° Celsius de 60 minutos. Logo são 7 horas de pleno funcionamento que somariam na pior das hipóteses 42 kg de lenha por dia. Em um mês seriam 1260 kg ou aproximadamente 1,3 toneladas.

O forno em questão permite assar simultaneamente seis pizzas de 30 cm de diâmetro, ou duas pizzas de 40 cm de diâmetro mais duas de 45 cm de diâmetro, ou quatro de 40 cm de diâmetro.

Percebe-se que este é um potencial mercado consumidor a aderir ao uso de briquetes visto suas vantagens energéticas. Porém, o fato do alimento estar em contato com o combustível pode gerar problemas, dificultando a aceitação do mercado. Entretanto, já é possível encontrar alguns estabelecimentos que relatam o uso com sucesso do novo combustível, pela praticidade, uniformidade do produto, produção em média 1/3 menor de cinzas, ainda que o preço seja um pouco mais alto que a lenha convencional. Mesmo assim, o grupo decidiu não considerar pizzarias como um real mercado consumidor, devido ao fato de que ainda não foi estudada a influencia que o novo combustível pode ter no sabor do produto final. Segundo relatos de produtores de briquetes, a resistência do mercado de pizzarias com o briquete de resíduos de poda e remoção decorre de seu aspecto diferente, medo de inovar, tradição do setor e medo de que o resíduo exale odor.

7.2.4 Padarias

O segmento de panificação vem apresentando crescimento nos últimos anos e assim se estabelece como um setor importante na economia brasileira. A Figura 14 apresenta o crescimento e o faturamento do setor de 2006 a 2011:

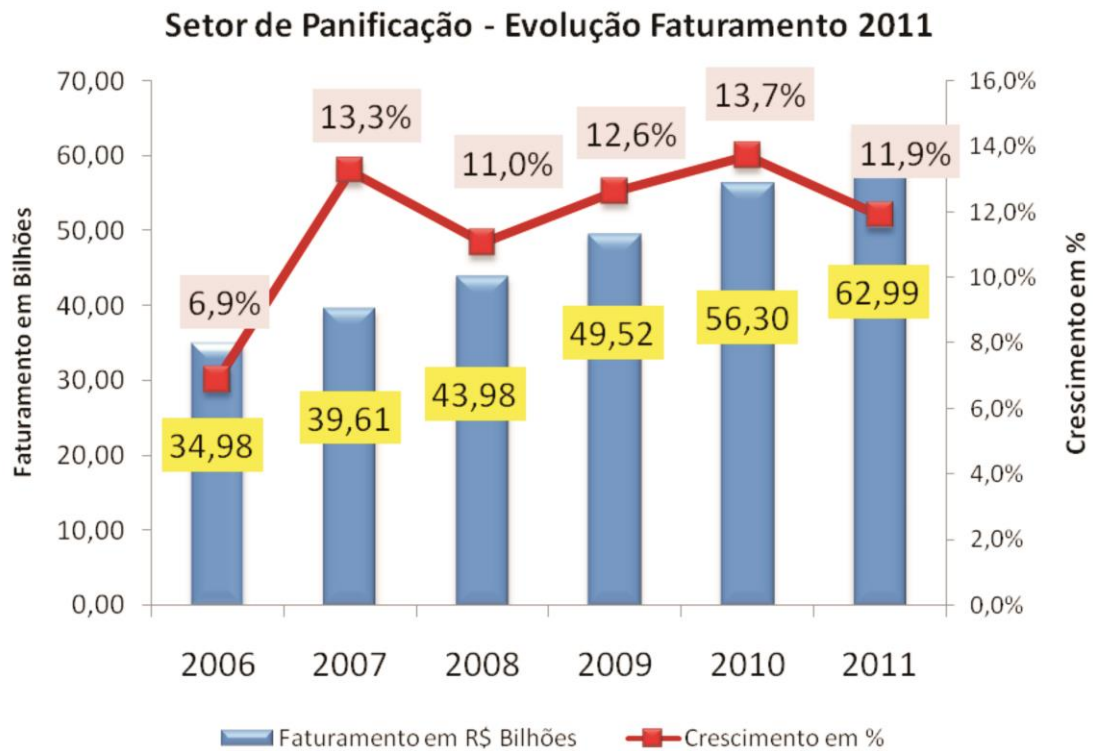


Figura 14 - Evolução do Faturamento de Panificadoras

Fonte: ABIP, 2012

Atualmente, existem cerca de 63 mil panificadoras em todo o país, que representam um grande setor industrial do país, sendo que a maioria são micro e pequenas empresas que atendem em média 40 milhões de clientes por dia (21,5% da população nacional). O setor gera cerca de 780 mil empregos diretos e 1,8 milhão indiretos.

São Paulo é o estado que concentra o maior número de padarias no país, totalizando 12.764 empresas. Outros estados com grande representatividade no setor são Rio de Janeiro, que possui 7.400 padarias e o Rio Grande do Sul, com 6.058

De acordo com o estudo realizado em 2011 pelo Instituto Tecnológico de Panificação e Confeitaria (ITPC), em parceria com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP), o índice de crescimento estimado do setor foi de 11,88%, o que representa um faturamento de R\$ 62,99 bilhões. A

pesquisa foi feita com mais de 1.200 empresas de todo o país, abrangendo das pequenas até grandes representantes do setor.

As vendas de produção própria representam 51% do volume de faturamento, R\$ 32,12 bilhões, visto que no país o consumo de pães artesanais é de 86%, sendo a maioria desses (58%) de pão francês.

O setor de panificação se mostra muito representativo na área de *food service* no Brasil. Em 2011, representou 36% do faturamento no setor de *food service*, o que foi obtido com a criação de áreas para café, restaurantes, lanchonetes, produtos assados na hora, além de novos produtos.

A classificação utilizada pela ABIP (Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria) para determinar o porte da empresa é a quantidade de funcionários contratados. A Figura 15 apresenta a situação do setor em 2011:

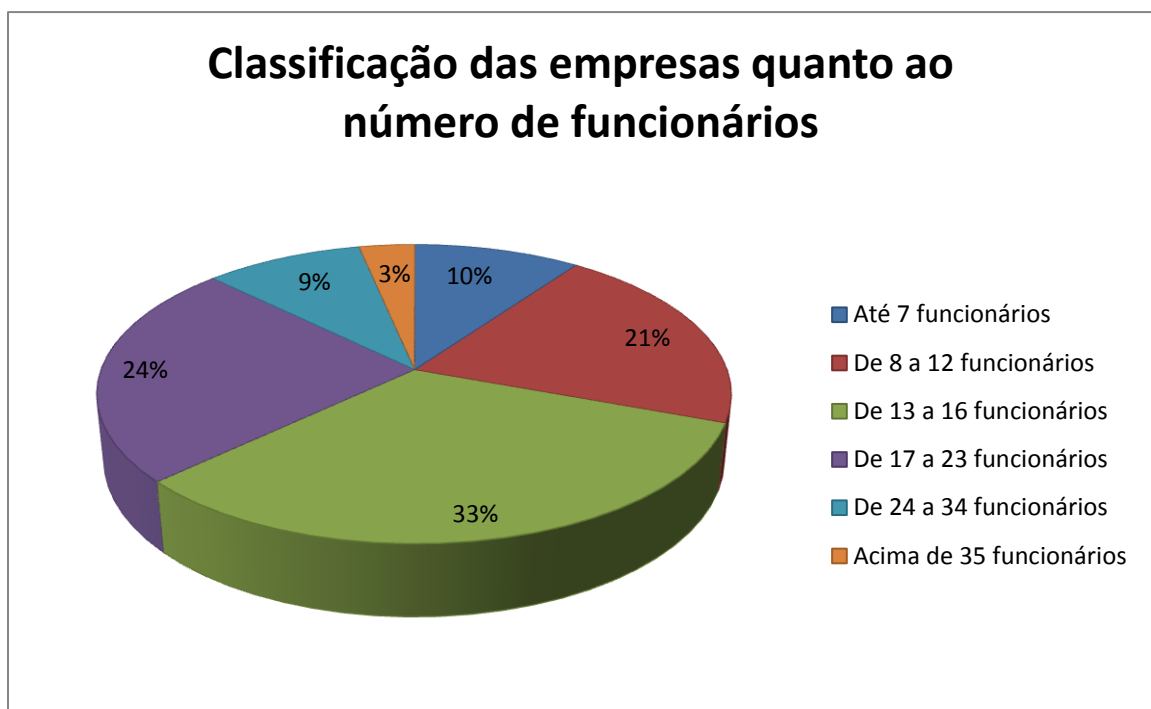


Figura 15 - Classificação das empresas quanto ao número de empregados

Fonte: ABIP, 2012

Os custos que envolvem a manutenção de uma empresa no setor são variados. A maioria está concentrada nos gastos com funcionários e matéria-prima. Mesmo assim, o gasto com a energia necessária para manter os fornos funcionando

é bastante representativa, com o valor de 8,7 % do custo total. A Figura 16 mostra a distribuição dos custos nas áreas:

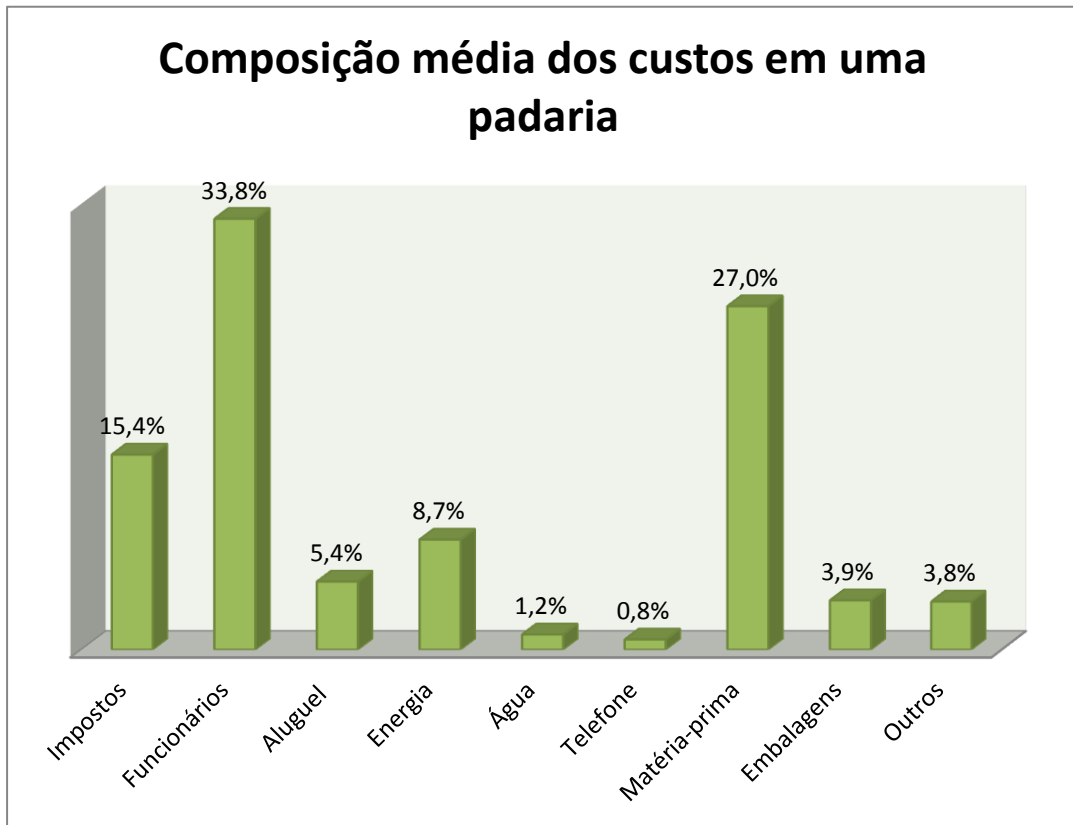


Figura 16 - Composição Média de Custos de uma Padaria

Fonte: ABIP, 2012

Para fazer a estimativa da quantidade de lenha consumida em uma padaria típica foram utilizados dados de uma produtora de briquetes (Biofogo, 2008) que fez uma estimativa da média consumida em padarias, obtendo o valor de 11 m³ por mês. O consumo é bastante variável, pois depende de diversos fatores, tais como estado de manutenção e regulagem do forno e características técnicas dos produtos de lenha (umidade e tipo de madeira, entre outros).

Para efeito de comparação foram utilizados dados do catálogo de um fornecedor de fornos, no qual o modelo Forno Turbo Lenha 10e Tedesco Ftl10ff consome 0,6 kwh. De acordo com o poder calorífico da lenha já citado e de sua densidade, assumindo a utilização durante 14 horas por dia, 30 dias por semana obtemos o valor de 9 m³ de lenha consumido por mês. Com esta quantidade é possível produzir 300 pães de 50gr por hora, resultando numa produção de 126 mil

pães por mês (ABIP, 2012). Sendo assim, podemos adotar o valor de 10 m³/mês para a quantidade de lenha consumida em uma padaria média por mês.

Com este dado, podemos estimar a quantidade de briquete que será necessária na substituição da matriz energética da padaria. A partir da diferença de densidade energética da lenha e do briquete, como já foi explicado anteriormente, pode-se dizer que uma padaria média necessita de 1,4 a 1,5 toneladas/mês de briquete para suprir suas necessidades energéticas do forno, o que é compatível com os dados dos fornecedores (Biofogo, 2008). O valor da produtividade da central se aproxima desse valor encontrado, e sendo assim pode-se dizer que a produção horária da central abastece uma padaria por mês.

7.2.5 Escolha do mercado consumidor

Após a análise dos mercados consumidores descritos anteriormente foi possível ao grupo analisar as informações e chegar a um consenso sobre qual seria a melhor combinação para os valores que estão sendo considerados para a central de processamento neste estudo.

Também foi considerada a aceitação do briquete de poda e remoção pelo mercado, sendo que as informações foram obtidas tanto dos consumidores como dos produtores de briquetes durante as visitas.

Sendo assim, estabeleceu-se que o mercado mais adequado para este estudo é o de padarias, devido a:

- quantidade necessária ser condizente com o abastecimento de padarias do entorno da central de processamento;
- o briquete não entrar em contato com o alimento e dificultar possíveis contaminações por emissões tóxicas do mesmo;
- atualmente o mercado já aceita este tipo de combustível e este é visto como agregador de vantagens em comparação com a lenha tradicional.

Para a estimativa feita até o momento, estarão disponíveis para venda cerca de 270 toneladas por mês de briquete. Já o cálculo para o consumo de briquete de

uma padaria é de 1,5 toneladas por mês. Logo, será possível abastecer cerca de 180 padarias na cidade de São Paulo.

Como é possível perceber pela Figura 17 abaixo, as padarias estão bem distribuídas por toda a cidade, e certamente não seria difícil encontrar a quantidade de padarias necessárias para a venda lucrativa do brique.

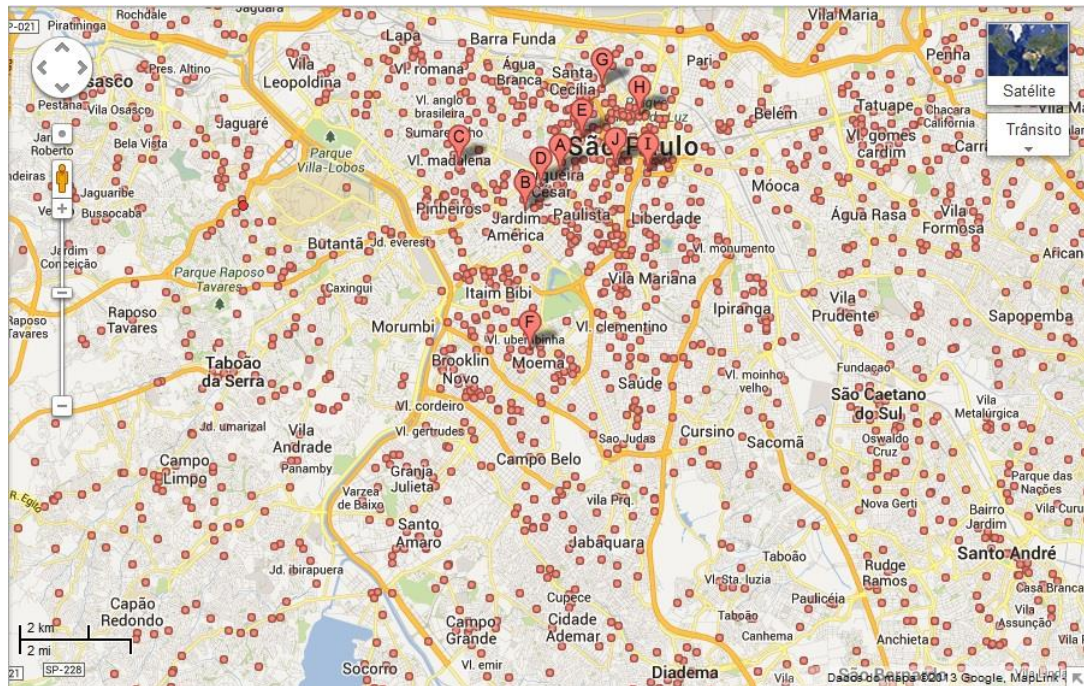


Figura 17 – Distribuição de padarias na Cidade de São Paulo

Fonte: Google, 2013

8 CONCEPÇÃO DA CENTRAL

O processamento dos resíduos de poda e remoção com o objetivo de transformá-lo em briquete requer diversas etapas de produção. O briquete, por ser um produto compactado sem a adição de aglutinantes, necessita que sua matéria-prima, tenha características específicas para garantir a boa eficiência na etapa de briquetagem. Os dois parâmetros de maior influência para a fabricação de briquetes com alto poder calorífico e compactação ótima são a umidade e a granulometria do material a ser processado. A umidade deve estar na faixa de 8 a 15% (QUIRINO, 2008), enquanto que o diâmetro das partículas a serem compactadas deve ficar na faixa de 1 a 15 mm. Portanto, o resíduo de poda e remoção recebido pela central de valorização deverá ser triturado e secado, para em seguida ser compactado na forma de briquete (briquetagem).

A central de valorização de resíduos de poda e remoção estudada neste trabalho deverá ter as seguintes etapas:

- Pesagem dos resíduos em balança;
- Recebimento dos resíduos em pátio;
- Triagem manual do material;
- Pesagem e descarte o material rejeitado;
- Trituração do material;
- Secagem do material;
- Armazenamento do material seco;
- Compactação;
- Ensacamento;
- Armazenamento do produto final.
- Pesagem dos briquetes;
- Transporte ao mercado consumidor.

O resíduo utilizado como matéria-prima na central será recebido pelos caminhões das empresas responsáveis pelo serviço de poda e remoção na cidade

de São Paulo. Ao chegar ao galpão da central, os caminhões serão pesados através de uma balança eletrônica e em seguida é realizado o despejo do material no pátio de recepção. Ao sair do galpão, o caminhão é pesado novamente para obter a massa de resíduo recebido. Durante sua estadia no pátio, o material é transportado por uma pá carregadeira e sofre uma triagem visual para verificação de possível material indesejado. Caso este seja detectado, ele é pesado e descartado juntamente com os resíduos sólidos da central.

A trituração da matéria-prima é realizada em 3 etapas:

- Corte dos troncos de grande diâmetro (>300 mm) através da utilização de serra de mão;
- Trituração parcial do material por meio de picador fixo;
- Trituração final do material por meio de repicador fixo.

Após a trituração o material é depositado em um silo subterrâneo, onde é levado, através de uma rosca transportadora, a um secador de tambor rotativo para atingir uma umidade máxima de 15%. A energia fornecida pelo secador será gerada pela combustão do próprio resíduo de poda e remoção *in natura* ou do briquete produzido no final do processo. Em seguida o material está pronto para ser briquetado e é armazenado em silo subterrâneo, para ser destinado à compactação.

Nesta, a matéria-prima é compactada por equipamento denominado briquetadeira, que por meio de golpes produzidos sobre a biomassa por um pistão é capaz de formar briquetes de formato cilíndrico e com considerável resistência mecânica. Após a formação dos briquetes, eles são ensacados e mantidos em pátio de armazenamento, para em seguida serem transportados por caminhões para o mercado consumidor.

O fluxograma que ilustra o processo é apresentado pela Figura 18.

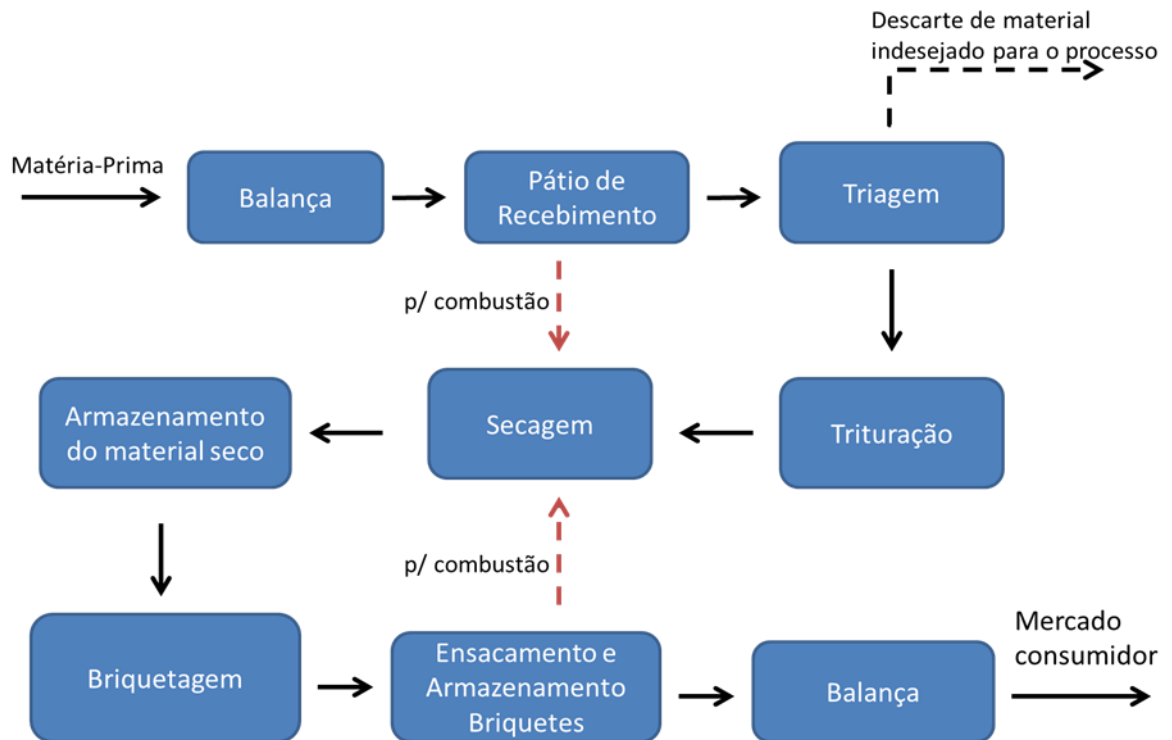


Figura 18 – Fluxograma do processo

Fonte: Elaborado pelo grupo

8.1 Equipamentos

Como citado anteriormente, no processo produtivo de transformação dos resíduos de poda e remoção em briquete, produto com alta densidade energética, são necessários diversos equipamentos específicos responsáveis pela trituração, secagem e compactação da matéria-prima. Neste item serão detalhadas as máquinas essenciais para o funcionamento de uma usina padrão de briquetagem de resíduos não processados. São estas:

- Picadores e repicadores;
- Secador a tambor rotativo;
- Briquetadeira;

8.1.1 Picadores e Repicadores

Os picadores e repicadores de madeira são equipamentos de pequeno a grande porte utilizados basicamente para a trituração, redução da granulometria e homogeneização de determinado material. A trituração é realizada através de facas, dentes ou rolo tracionador. A escolha do tipo de processo depende da granulometria que se deseja ao produto final.

Normalmente os picadores tem a função de processar o material de grandes dimensões, com diâmetros maiores que 300 mm, produzindo cavaco de dimensão que variam de 10 a 200 mm (Damuth, 2013), dependendo das dimensões do material de entrada e do tipo de trituração realizada. Já os repicadores são equipamentos de menor dimensão e tem a função de diminuir a granulometria dos cavacos para no máximo 15 mm.

A Figura 19 ilustra um tipo de picador e a Figura 20 apresenta um repicador.



Figura 19 - Picador a tambor

Fonte: Damuth, 2013



Figura 20 – Repicador

Fonte: Biomax, 2013

8.1.2 Secador a Tambor Rotativo

Para a produção de briquetes, o secador tem a função de reduzir a umidade do material triturado, de 30 a 50% para 8 a 12%. O secador a tambor rotativo utilizado neste processo industrial é composto por um cilindro rotativo, onde o material a ser secado é deslocado continuamente ao longo de sua geratriz inferior, pela ação de pás direcionadoras presas na face interna do cilindro, que também promovem o revolvimento do material. Para a secagem, este entra em contato com uma corrente de ar quente ao longo do seu percurso, promovendo a evaporação da água. O fluxo de ar pode ser em corrente ou contra-corrente em relação ao fluxo de matéria-prima. Os secadores possuem um exaustor que aspira os gases quentes e resíduos que passam pelo secador e um ciclone, que realiza a precipitação do resíduo, para em seguida serem destinados a briquetadeira. Os gases, juntamente com o valor de água, são liberados na atmosfera através de chaminé.

O ar quente que atravessa o tambor é gerado por um queimador de biomassa (fornalha) acoplado ao secador, que através da combustão do resíduo de poda e remoção *in natura* ou briquetes fornece o calor necessário para o aquecimento do fluxo de ar e para a evaporação da água presente no resíduo. Sua temperatura pode variar de 300 a 800 °C (Lippel, 2013).

O principal poluente gerado no secador a tambor rotativo dentro do processo de produção do briquete de biomassa é o material particulado. O separador tipo

ciclone instalado na saída do tambor é responsável pelo controle desta emissão atmosférica.

Na Figura 21 está apresentada a foto de um secador e na Figura 22 um esquema do secador e seus equipamentos secundários.



Figura 21 - Secador de tambor rotativo

Fonte: Lippel, 2013

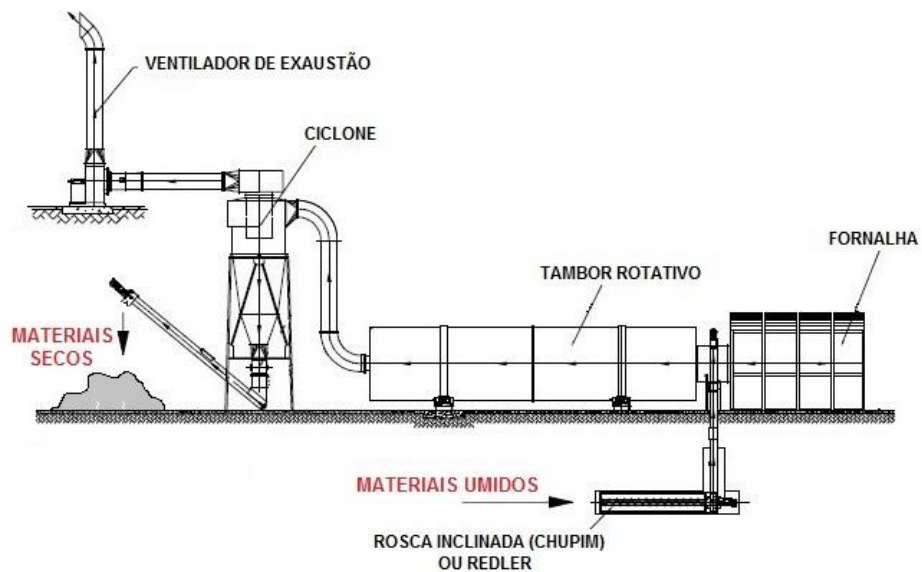


Figura 22 - Secador em corte simplificado

Fonte: Biomax, 2013

8.1.3 Briquetadeira

A briquetadeira é o equipamento responsável pela compactação da biomassa, transformando-a em briquetes com densidade da ordem de 1000 kg/m³. A compactação ocorre em elevadas pressões, provocando o aumento da temperatura do processo da ordem de 100 °C. Este aumento provoca a "plastificação" da lignina, substância que atua como elemento aglomerante das partículas de madeira. Isto justifica a não utilização de produtos aglomerantes no processo (Quirino, 2008).

Existem atualmente no mercado três tipos de briquetadeira, de acordo com o tipo de prensa extrusora:

- Briquetadeira de pistão mecânico: a compactação acontece por meio de golpes produzidos sobre os resíduos por um pistão acionado através de dois volantes. Os volantes servem para armazenar energia cinética para sustentar o funcionamento contínuo que necessita de grande potência. Do silo de armazenagem (aéreo ou subterrâneo) os resíduos são transferidos para um dosador e briquetados em seguida (forma cilíndrica). Seu resfriamento é realizado em conduto de resfriamento de grande extensão (Cenbio, 2013);
- Briquetadeira de pistão hidráulico: equivalente a de pistão mecânico, porém o equipamento usa um pistão acionado hidráulicamente. O material a ser compactado é alimentado lateralmente por uma rosca sem fim. Uma peça frontal ao embolo abre e expulsa o briquete quando se atinge a pressão desejada (Quirino, 2013);
- Briquetadeira por extrusão: Seu princípio mecânico é semelhante às marombas da indústria cerâmica. Quando a matéria prima é conduzida para a parte central do equipamento, chamada matriz, a mesma sofre intenso atrito e forte pressão, o que eleva a temperatura acima de 250 °C, fluidificando-a. Posteriormente, o material é submetido a altas pressões, tornando-se mais compacto. No final do processo, o material é naturalmente resfriado, solidificando-se e resultando um briquete com elevada resistência mecânica (Cenbio, 2013).

Através da pesquisa do grupo com fornecedores de equipamentos e análise das usinas de briquetagem existentes no país, observou-se que a briquetadeira de pistão mecânico é a mais utilizada no mercado. Logo, esta também será utilizada na concepção da central de valorização.

Nas figuras Figura 23, Figura 24 e Figura 25 a seguir estão apresentadas uma foto, um corte simplificado e um croqui de uma briquetadeira de pistão mecânico, respectivamente.



Figura 23 - Conjunto de briquetadeiras

Fonte: Lippel, 2013

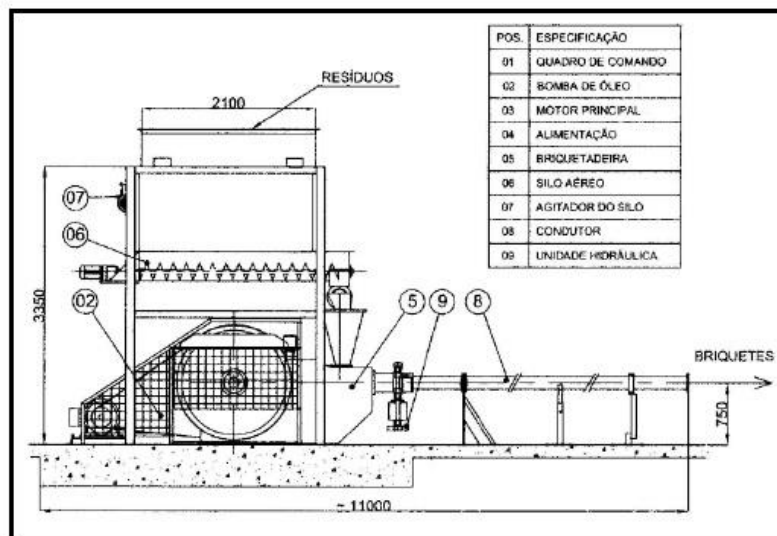


Figura 24 - Briquetadeira em corte

Fonte: Biomax, 2013

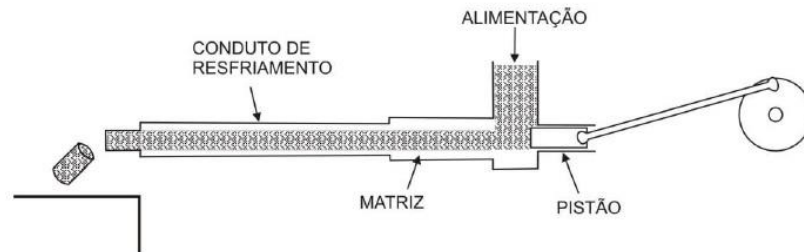


Figura 25 - Croqui da briquetadeira de pistão

Fonte: Gentil, 2008

8.2 Produtividade

Para o dimensionamento da central, incluindo a escolha dos equipamentos, sua dimensão, área e volume dos locais de armazenamento de matéria-prima e produto final, é necessário o cálculo da produtividade mensal de briquetes. Durante as pesquisas realizadas, constatou-se que os equipamentos possuem em seus catálogos a produtividade dada em massa (quilogramas ou toneladas) por hora. Além disso, o preço de venda do briquete é em R\$/toneladas. Portanto, será obtida a produtividade em toneladas de briquete por hora.

Para tal, precisa-se saber a relação da massa de matéria-prima necessária para produção de uma tonelada de briquete. Esta relação provém de um estudo simplificado do fluxo de massa do processo. Considera-se inicialmente que as perdas de matéria devidas à dispersão de material particulado são desprezíveis, uma vez que este pode ser retornado ao início do processo. A única etapa em que ocorre perda de massa significativa é na secagem, onde a matéria-prima já triturada, com umidade acima dos 30%, sai do secador com umidade entre 8 e 12%. A Figura 26 apresenta um fluxograma do fluxo de massa no secador:

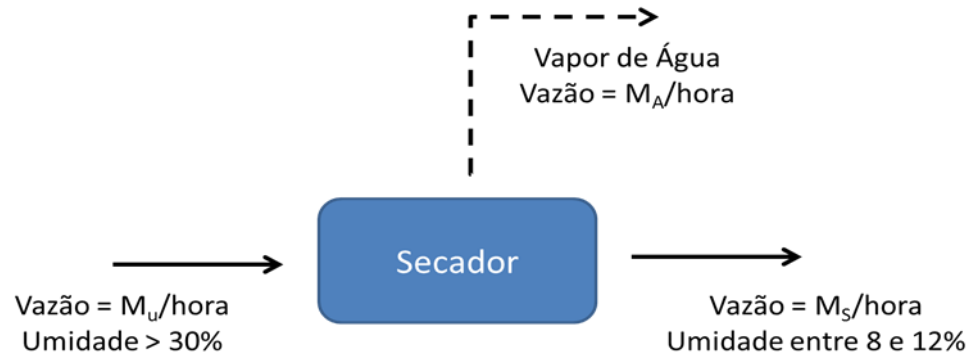


Figura 26 - Fluxo de massa do secador

Fonte: Elaborado pelo grupo

Em que:

M_u = Massa Material Úmido

M_s = Massa Material Seco

M_A = Massa de Água

De acordo com um dos fornecedores contatados, a relação M_u / M_s é aproximadamente igual a 2. A Tabela 25 apresenta as especificações dos secadores da Biomax Indústria de Máquinas Ltda. com destaque para a capacidade de entrada e saída do equipamento:

Tabela 25 - Especificações secador Biomax Indústria de Máquinas LTDA

MODELOS	B 8000	B 10000	B 12000	B 18000	B 20000	B 22000
Capacidade(kg/h) Entrada: 55% umidade	780	1.180 a 1.600	2.150	3.100 a 3.900	5.900 a 7.800	9.800
Capacidade(kg/h)* Saída: 12% umidade	400	600 a 800	1.100	1.600 a 2.000	3.000 a 4.000	5.000
Ventilador de Exaustão	12,5 CV	15/20 CV	25 CV	30 CV	40/50 CV	60 CV
Tambor (Ø x comprimento)	1.850x8.500	1.850x10.000 1.850x12.000	1850x15.000	2.460x14.000 2.460x15.000	3.000x15.000	3.200x16.000
Fornalha (largura x comprimento)	2.100x4.500	2.100x4.500	2.100x5.000	2.100x5.000	2.750x6.000	2.750x6.000
Potência Instalada	19 kW	22/27 kW	32 kW	38 kW	45/52 kW	62 kW
Potência Instalada Alimentador automático para fornalha	---	6 kW	7 kW	8 kW	10 kW	12 kW

Fonte: Biomax, 2013

Foi recomendada, tanto pelos fornecedores quanto pelas fábricas visitadas, a utilização do próprio briquete como fonte de alimentação da fornalha do secador, utilizando cerca de 10% da produção para tal.

Em conversa com os fornecedores, concluiu-se que a quantidade de matéria-prima recebida pela central é elevada e, portanto, a produtividade horária resultante seria alta demais, acarretando na compra de muitos equipamentos e na possível inviabilização da central. Conseqüentemente, levou-se em consideração a diminuição da quantidade de resíduos de poda e remoção recebida pela central. Dada a baixa confiabilidade da coleta de dados discutida anteriormente, a quantidade de matéria-prima a ser utilizada pelo conjunto das 5 subprefeituras é de 800 t/mês. Além disso, foi retirada a subprefeitura da Lapa da área de influência da central, resultando em uma produção de resíduos de poda e remoção de 608 t/mês.

Para o cálculo da produtividade horária da central serão considerados os seguintes parâmetros:

- Massa mensal de matéria-prima: 608 t/mês;
- Dias de funcionamento por mês: 22 dias;
- Período diário de funcionamento: 8 horas;
- Relação M_u / M_s para o secador: 2;

Portanto, temos as seguintes produtividades:

- Produtividade mensal:

$$P_m = 608 / 2 = 304 \text{ t/mês}$$

Considerando os 10% destinados à fornalha:

$$P_m^* = 304 \times 0,9 = 273,6 \text{ t/mês} \sim 274 \text{ t/mês}$$

- Produtividade horária:

$$P_h = 304 / (22 * 8) = 1,73 \sim 1,75 \text{ t/hora (adotado)}$$

Considerando os 10% destinados à fornalha:

$$P_h^* = 1,75 \times 0,9 = 1,58 \text{ t/hora} \sim 1,60 \text{ t/hora (comercializável)}$$

8.3 Estoque

A central de valorização de resíduos de poda e remoção proposta por este trabalho possuirá dentro de sua área três locais destinados ao estoque de matéria-prima, de produto final (briquete) e de matéria-prima triturada e seca. Para os dois primeiros é considerado um estoque de uma semana de funcionamento (5 dias) da central, de maneira a garantir a quantidade de matéria-prima e de briquetes para o caso de manutenção de equipamentos, chegada excessiva de matéria-prima, disponibilidade do produto final para o mercado consumidor, etc. Para o caso da matéria-prima triturada e seca é necessário um local para armazenamento de apenas algumas horas de produção, com o objetivo de homogeneização do material para entrada na briquetadeira.

Será realizado apenas o dimensionamento da área necessária ao estoque de matéria-prima e de briquetes, considerando a chegada de matéria-prima de 608 t/mês e produção de briquetes comercializáveis de 1,60 t/hora.

8.3.1 *Estoque de matéria-prima*

Considerando que a central funciona 22 dias no mês e que o estoque dura em média 5 dias, a quantidade de matéria-prima no estoque neste período é de:

$$m_{5\text{dias}} = (608 / 22) \times 5 = 138 \text{ t/período}$$

De acordo com Meira (2010), em seus estudos sobre os resíduos de arborização urbana da cidade de Piracicaba, SP, a densidade média dos resíduos mais frequentes varia de 0,5 a 0,7 g/cm³. Será considerado nesta etapa do trabalho o valor de densidade para os resíduos de poda e remoção de 0,6 g/cm³. Portanto, para a densidade de 0,6 g/cm³ é necessário um volume de estoque de:

$$V_{\text{estoque}} = 138 / 0,6 = 230 \text{ m}^3$$

Considerando que a altura média deste material quando estocado é de 2,5 metros, temos a área aproximada necessária ao estoque de matéria-prima:

$$A_{\text{estoque}} = 230 / 2,5 \sim 92 \text{ m}^2$$

8.3.2 *Estoque de briquetes*

Temos que a produção de briquetes estocados é de 1,60 t/hora, que a central funciona 8 horas por dia e que o estoque dura em média 5 dias:

$$m_{5\text{dias}} = 1,60 \times 8 \times 5 = 64 \text{ t/período}$$

Considerando a densidade média do briquete de 1000 kg/m³, o volume de estoque é de:

$$V_{\text{estoque}} = 64 / 1,0 = 64 \text{ m}^3$$

Considerando que a altura média deste material quando estocado é de 2 metros, temos a área aproximada necessária ao estoque de briquetes:

$$A_{\text{estoque}} = 64 / 2 \sim 32 \text{ m}^2$$

8.4 Escolha dos Equipamentos

Para o processo de transformação dos resíduos de poda e remoção em briquetes serão necessários os seguintes equipamentos: picador, repicador, fornalha, secador de tambor rotativo, ciclone, briquetadeira, silos subterrâneos, rosca transportadora, tubulações.

Todos os equipamentos devem estar dimensionados para uma produtividade efetiva de briquetes de 1,75 t/hora. É dado pelos fornecedores que a produtividade efetiva dos equipamentos é 90% de sua capacidade. Portanto, a escolha dos mesmos deve se basear em uma capacidade de:

$$1,75 / 0,9 = 1,94 \text{ t/hora}$$

No mercado encontram-se equipamentos com capacidade de 2,0 t/hora, que serão utilizados neste trabalho. A briquetadeira e o secador devem ter capacidade de 2,0 t/hora de matéria. Já a capacidade do picador e do repicador deve estar em torno de 4,0 t/hora, pois a relação da matéria-prima de entrada e saída do secador é igual a 2.

Na pesquisa realizada nesta etapa do trabalho, foram contatados dois fornecedores líderes de equipamentos específicos para a produção de briquetes no país, a Irmãos Lippel & CIA Ltda e a Biomax Indústria de Máquinas Ltda. Ambos os fornecedores, além dos responsáveis pelas visitas realizadas, recomendam que todas as máquinas do processo produtivo provenham do mesmo fornecedor, para garantir o fluxo de matéria entre cada unidade.

Os equipamentos de ambos os fornecedores possuem características e preços semelhantes. Neste trabalho serão considerados os equipamentos da Biomax Indústria de Máquinas Ltda, pois até o momento de sua realização foi o fornecedor que disponibilizou um orçamento estimativo mais detalhado para a implantação de uma usina de briquetagem. Constatou-se nos orçamentos que o custo dos equipamentos auxiliares, como fornalha, ciclone, silos subterrâneos, roscas transportadoras e tubulações já estão incluídos junto com as outras máquinas.

As características dos modelos de cada equipamento e o destaque para o modelo escolhido são apresentadas nas Tabelas Tabela 26 a Tabela 29.

- Picador – BM 600/160

Tabela 26 - Especificações dos picadores da Biomax Indústria de Máquinas LTDA

MODELO	TM 350/120	BM 350/120			BM 600/160			BM 800/160	BM 900/300	
Potência Instalada [CV]	20 / 30	30	40	50	60	75	100	75 / 125	150	200
Capacidade * [m³/h] Cavaco de 25-45mm	1-2	3-4	5-6	6-8	10-12	13-15	18-20	15-25	35-40	45-55
Boca de Alimentação [mm]	350 x 120	350 x 120			600 x 160			800 x 160	900 x 300	
Número de Dentes	18	18			30			30	38	
Ø do Rotor [mm]	400	400			600			700	900	
Peso [kg]	1000	2000			3500			4000	6000	

* A capacidade dos picadores depende das características e dimensões iniciais do material

Fonte: Biomax, 2013

- Repicador – BMR 800/260

Tabela 27 – Especificações dos repicadores da Biomax Indústria de Máquinas LTDA

MODELO	BMR 300/150	BMR 500/190	BMR 800/260
Potência Instalada [CV]	20 - 40	40 - 60	60 - 125
Capacidade * [m³/h] Cavaco de 10-15mm	2-5	6 - 12	15 - 30
Boca de Alimentação [mm]	300 x 150	500 x 190	800 x 260
Número de Dentes	18	18	34
Ø do Rotor [mm]	400	650	700
Peso [kg]	600	1400	2800

* A capacidade dos repicadores depende das características e dimensões iniciais do material

Fonte: Biomax, 2013

- Secador de tambor rotativo – B 18000

Tabela 28 – Especificações dos secadores da Biomax Indústria de Máquinas LTDA

MODELOS	B 8000	B 10000	B 12000	B 18000	B 20000	B 22000
Capacidade(kg/h) Entrada: 55% umidade	780	1.180 a 1.600	2.150	3.100 a 3.900	5.900 a 7.800	9.800
Capacidade(kg/h)* Saída: 12% umidade	400	600 a 800	1.100	1.600 a 2.000	3.000 a 4.000	5.000
Ventilador de Exaustão	12,5 CV	15/20 CV	25 CV	30 CV	40/50 CV	60 CV
Tambor (Ø x comprimento)	1.850x8.500	1.850x10.000 1.850x12.000	1850x15.000	2.460x14.000 2.460x15.000	3.000x15.000	3.200x16.000
Fornalha (largura x comprimento)	2.100x4.500	2.100x4.500	2.100x5.000	2.100x5.000	2.750x6.000	2.750x6.000
Potência Instalada	19 kW	22/27 kW	32 kW	38 kW	45/52 kW	62 kW
Potência Instalada Alimentador automático para fornalha	---	6 kW	7 kW	8 kW	10 kW	12 kW

* A capacidade do secador depende das características e dimensões do resíduo.

Fonte: Biomax, 2013

- Briquetadeira – B 95/210R

Tabela 29 – Especificações dos briquetes Biomax Indústria de Máquinas LTDA

MODELO	Briquete [Ømm]	Capacidade [kg/h]	Capacidade [m³/h]	Motor [CV]	Volante [Ømm]	Peso Líquido [kg]
B-55/120	56	280 ⁽¹⁾	1,5	20	1000	2000
B-55/160	56	450 ⁽¹⁾	2,5	30	1190	2500
B-65/160	66	600 ⁽¹⁾	3,3	40	1190	2700
B-75/190	75	800 ⁽¹⁾	4,5	50	1200	6200
B-85/210	82	1100 ⁽¹⁾	6,2	60	1390	7000
B-95/210	93	1550 ⁽¹⁾	8,6	75	1390	7600
B-95/210R	93	2000 ⁽¹⁾	11,2	100	1390	8100
B-105/210 *	103	700 ⁽²⁾ / 1750 ⁽¹⁾	12	75/100	1390	8500
B-105/240 *	103	1000 ⁽²⁾ / 1500 ⁽³⁾	12	75/100	1390	8500
B-115/220 *	115	1500 ⁽²⁾ / 2100 ⁽³⁾	17	100	1390	9000

* Modelos exclusivos para resíduos leves, como: bagaço de cana e resíduos de algodão.

⁽¹⁾ Capacidade baseada em resíduos com peso específico de 180 kg/m³ (resíduos de madeira) e umidade de 16%.

⁽²⁾ Capacidade baseada em resíduos com peso específico de 90 kg/m³ (bagaço de cana) e umidade de 16%.

⁽³⁾ Capacidade baseada em resíduos com peso específico de 120 kg/m³ (resíduos de algodão) e umidade de 16%.

Fonte: Biomax, 2013

Dada a especificação da briquetadeira, a central de valorização de resíduo de poda e remoção produzirá briquetes de 93 mm de diâmetro com capacidade de 2,0 t/hora.

São apresentados nos anexos alguns folhetos dos fornecedores, assim como o orçamento estimativo realizado, que será a base para o estudo econômico-financeiro do estudo de concepção.

8.5 Instalações

Das pesquisas e visitas realizadas neste trabalho com os fornecedores de equipamentos e fábricas existentes, constatou-se que para a implantação de uma usina de briquetagem com capacidade de 2,0 t/hora é necessária a construção de um galpão industrial com área de 1000 a 1200 m². Este galpão deve possuir as paredes em alvenaria e cobertura de telhas metálicas.

Neste estudo de concepção, é considerado que o setor administrativo da empresa será implantado no mesmo terreno do galpão industrial. Portanto, além da instalação deste, que possuirá todos os equipamentos necessários ao processo produtivo em si, a implantação de um empreendimento como o realizado neste trabalho implica na concepção de instalações de suporte. São elas:

- Recepção e escritório: responsável pelo setor administrativo da empresa, como a gestão, contabilidade, relação com os clientes e fornecedores, etc;
- Banheiro/vestiário;
- Copa ou refeitório;
- Sala de reunião/pequeno auditório: a implantação de uma central de valorização de resíduos de poda e remoção da cidade de São Paulo será considerado um empreendimento referência do bom gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos e gerados pela prefeitura. Desta maneira, o empreendimento deverá estar aberto à recepção de visitas de escolas, universidades e sociedade civil visando a difusão de conhecimento e boas práticas e criando um centro de educação ambiental.
- Almoxarifado: destinado ao armazenamento de equipamentos;

- Estacionamento: que deverá ter área suficiente para permitir a manobra dos caminhões;

8.6 Funcionários

Para o pleno funcionamento da central, seria necessária a contratação de 12 funcionários, sendo 8 funcionários responsáveis pelo processo produtivo dentro do galpão e o restante nas áreas administrativa e externa. Dos 8 funcionários do galpão:

- 1 é encarregado do picador e repicador;
- 2 são encarregados do secador de tambor rotativo e fornalha;
- 2 são encarregados da briquetadeira;
- 2 são encarregados da pesagem do produto ensacado e carregamentos dos caminhões
- 1 responsável pelo uso da pá carregadeira;

Dos 4 funcionários restantes, teremos:

- 1 encarregado do setor de secretariado;
- 1 gerente;
- 1 responsável pela limpeza;
- 1 responsável pela portaria e pesagem dos caminhões na entrada;

Todos os funcionários responsáveis pelo processo produtivo utilizarão constantemente todos os EPIs necessários de acordo com a NR-6 do Ministério do Trabalho e Emprego. Os EPIs a serem utilizados são: capacete, protetor auditivo, máscara respiratória, óculos, luvas e botas de segurança.

8.7 Planta da Central

A seguir é apresentada a planta da central em formato A3 proposta pelo grupo. As dimensões dos equipamentos estão de acordo com as suas especificações e as

estimativas realizadas pelo grupo. A área do galpão é de 1066 m² e do terreno necessária é de 1925 m². Como este é um estudo de concepção será apresentada apenas a planta da central. Não foi possível a realização de cortes devido a falta de informação dos fornecedores em relação aos equipamentos.

9 DEFINIÇÃO DA ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL

9.1 Característica das áreas

Para decidir qual o melhor local para a instalação da central foram idealizadas três áreas, cada qual com características próprias, que as definem. Não foram utilizadas áreas reais nessa análise, devido a complexidade que isso traria ao trabalho. Considerou-se que todas as possíveis áreas são da Prefeitura de São Paulo, que irá promover a concessão de uso do terreno, já que o gerenciamento dos resíduos de poda e remoção é de sua responsabilidade e o empreendimento fictício estudado neste trabalho seria realizado pela iniciativa privada. Sendo assim, ao definir as características dos locais, imaginaram-se quais seriam as condições limitantes de cada uma, e que conseqüentemente estavam relacionadas aos critérios e subcritérios que foram utilizados para o julgamento dos quesitos.

Abaixo, tem-se a definição de cada uma das áreas, que foram diferenciadas numericamente:

- Área 1:
 - Grandes dimensões, o que representa uma área maior que a necessária considerada no estudo;
 - Localizada na periferia, porém próximas a grandes avenidas e estradas;
 - Alta densidade populacional ao redor;
 - Poucas indústrias no entorno, porém próxima a padarias que servem os habitantes da região;
 - Pouca vegetação ao redor.
- Área 2:
 - Grandes dimensões, o que representa uma área maior que a necessária considerada no estudo;
 - Localizada em região central, porém de zona mista e próxima a avenidas de escoamento;
 - Média densidade populacional;

- Próxima a padarias de bairro, que são possíveis mercados consumidores;
- Quantidade significativa de parques e áreas verdes no entorno.
- Área 3:
 - Dimensões restritas, o que representa uma área que corresponde exatamente ao dimensionamento para a central, não possibilitando futuras ampliações ou folgas no estoque;
 - Localizada na periferia, distante das avenidas de alimentação da cidade;
 - Baixa densidade populacional ao redor;
 - Região industrial, proximidade com grandes indústrias;
 - Vegetação e áreas verdes no entorno.

9.2 Escolha dos critérios

Para a classificação destas áreas foi acordada a adoção de três critérios: ambiental, econômico e técnico, visto que são estes os aspectos mais relevantes na escolha de um local para implantação da central de processamento.

Após discussão do grupo, chegou-se a conclusão de que todos os critérios teriam peso 1 (Um), devido ao fato de todos terem igual importância na escolha de uma área para a central de processamento.

Abaixo, descreve-se e justifica os critérios e subcritérios correspondentes:

A. Ambiental

Este critério está relacionado aos impactos ambientais que a instalação de uma central de processamento pode causar no meio ao seu redor, afetando o meio ambiente e os habitantes do entorno.

- *Poluição atmosférica*: foi atribuída nota máxima para as alternativas que possuísem maior capacidade de absorção dos poluentes emitidos na

operação da central (material particulado, dióxido de carbono e vapor da água), como a presença de áreas verdes e a distância a adensamentos populacionais.

- *Impacto da circulação de caminhões*: considerando o grande tráfego de caminhões que a central demandará, foi analisado o impacto gerado, sendo atribuída nota menor para os locais com maior densidade populacional e distante de grandes avenidas.
- *Poluição sonora*: por inserir-se no contexto urbano de uma cidade, a área que possui melhor capacidade de absorção dos sons ganhou nota máxima. Foi considerada a absorção por meio da vegetação e a distância aos habitantes da região.

B. Econômico/Financeiro

O critério econômico contempla os subcritérios relacionados a distância da área aos locais de obtenção da matéria prima e de mercado consumidor, visto que são essas duas variáveis que mais influem no valor que será transmitido ao preço final do briquete devido a escolha do local. Não foram considerados aspectos financeiros relacionados ao local diretamente, já que isso implicaria em um estudo de valoração de terrenos e valorização/depreciação dos mesmos, o que não entra no escopo deste trabalho.

- *Distância ao mercado consumidor*: foi atribuída nota máxima para a área mais próxima aos lugares de consumo do produto final, que até o momento deste estudo são apenas padarias. Foi contemplada a proximidade a indústrias devido ao fato de estas poderem absorver a produção da central, porém este não é o foco deste estudo.
- *Distância para obtenção de matéria prima*: quanto mais próxima a parques e áreas verdes urbanas maior a nota recebida nesse quesito.

C. Técnico

Este critério considera os aspectos práticos e relevantes para a adequação da área em conformidade com as necessidades técnicas do empreendimento.

- *Área disponível:* foi atribuída nota maior para as áreas que possibilitariam expansão da central no futuro ou que poderiam abrigar galpões de estoque maiores, possibilitando maior folga na produção.
- *Facilidade de escoamento da produção:* foi atribuída maior nota para a área que apresenta maior facilidade de mobilidade no entrono para a entrega do produto final, sem necessariamente considerar a distancia entre ambos, visto que este aspecto já foi considerado no subcritério “Distancia ao mercado consumidor”.
- *Mão de obra disponível:* quanto maior a densidade populacional da região, mais fácil será obter mão de obra para trabalhar na central, não exigindo grandes deslocamentos diários. Esse aspecto deverá ser levado em consideração no momento da contratação dos funcionários, o que possibilita uma maior qualidade de vida para os envolvidos.

9.3 Determinação dos pesos dos subcritérios

As matrizes apresentadas nas Tabela 30, Tabela 32 apresentam a hierarquização dos subcritérios de cada critério. Os pesos de cada um foram previamente discutidos no grupo.

A. Ambiental

Tabela 30 – Matriz dos pesos dos subcritérios ambientais

SUBCRITÉRIOS	Poluição atmosférica	Impacto circulação de caminhões	Poluição sonora	Média da Linha	Peso de cada subcritério
Poluição atmosférica	3	4	4	3,67	0,41
Impacto circulação de caminhões	2	3	4	3,00	0,33
Poluição sonora	2	2	3	2,33	0,26

Fonte: Elaborada pelo grupo

B. Econômico/Financeiro

Tabela 31 – Matriz dos pesos dos subcritérios econômico/financeiros

SUBCRITÉRIOS	Distancia ao mercado consumidor	Distancia para obtenção de MP	Média da Linha	Peso de cada subcritério
Distancia ao mercado consumidor	3	3	3	0,50
Distancia para obtenção de MP	3	3	3	0,50

Fonte: Elaborada pelo grupo

C. Técnico

Tabela 32 – Matriz dos pesos dos subcritérios técnicos

SUBCRITÉRIOS	Área disponível	Facilidade de escoamento da produção	Mão de obra disponível	Média da linha	Peso de cada subcritério
Área disponível	3	5	5	4,33	0,48
Facilidade de escoamento produção	1	3	4	2,67	0,30
Mão de obra disponível	1	2	3	2,00	0,22

Fonte: Elaborada pelo grupo

9.4 Atribuição de notas e eleição da alternativa

A partir dos pesos dos subcritérios obtidos conforme ilustram as matrizes apresentadas no item anterior, foi possível analisar as alternativas e classifica-las por meio de uma nota, seguindo os preceitos definidos pelo grupo. Na Tabela 33 estão apresentadas as notas de cada uma das áreas:

Tabela 33 – Matriz de atribuição de notas a cada alternativa

Alternativas		Pesos	Área 1	Área 2	Área 3
Critérios					
Econ/fin	Distancia ao mercado consumidor	0,50	4	4	3
	Distancia para obtenção de MP	0,50	3	5	2
Tec	Área disponível	0,48	5	5	3
	Facilidade de escoamento produção	0,30	4	5	2
	Mão de obra disponível	0,22	5	3	2
Amb	Poluição atmosférica	0,41	3	4	5
	Impacto circulação de caminhões	0,33	4	3	1
	Poluição sonora	0,26	1	3	5

Fonte: Elaborada pelo grupo

Após a avaliação de cada uma das alternativas de acordo com os subcritérios definidos, foi feita a multiplicação dos pesos pelas notas, obtendo-se a matriz apresentada na Tabela 34:

Tabela 34 – Matriz de multiplicação dos pesos dos subcritérios pelas notas das alternativas

	Pesos dos Critérios	Área 1	Área 2	Área 3
Eco/fin	1	3,50	4,50	2,50
Tec	1	4,70	4,56	2,48
Amb	1	2,81	3,41	3,67

Fonte: Elaborada pelo grupo

Após este passo foi possível somar as notas, obtendo-se Tabela 35:

Tabela 35 – Matriz das notas finais de cada alternativa

	Area 1	Area 2	Area 3
Eco/fin	3,50	4,50	2,50
Tec	4,70	4,56	2,48
Amb	2,81	3,41	3,67
SOMA	11,02	12,46	8,65

Fonte: Elaborada pelo grupo

A matriz com as notas finais mostra que a área selecionada foi a Área 2. Assim, por este método que leva em consideração os diversos aspectos de um projeto e como eles se inter-relacionam e são hierarquizados, o local que melhor se adapta às premissas pré-estabelecidas pelo grupo, é a área com as características especificadas no item 9.1 (Área 2).

10 ANÁLISE ECONÔMICO FINANCEIRA

Como parte do estudo de viabilidade da central de valorização de resíduos de poda urbana, a análise de viabilidade econômica impõe-se como imperativo no mundo atual, apresentando papel importante na decisão de investimento em um novo projeto. Para tanto, o grupo detalhou os custos iniciais, custos com mão de obra, custos administrativos e vendas realizadas a fim de verificar se o projeto é viável deste ponto de vista.

Os custos iniciais relacionam-se ao investimento realizado para dar as bases do empreendimento e compreendem a aquisição dos equipamentos, sua instalação e os custos da obra civil para a construção das estruturas da central. O orçamento dos equipamentos foi realizada com o auxílio da empresa Biomax Indústria de Máquinas LTDA, que disponibiliza toda a aparelhagem necessária para o estabelecimento de usina de briquetagem. Optou-se pela compra com apenas um fornecedor na espera de obtenção de um preço menor e de evitar problemas de adequação entre os equipamentos. Na consideração destes custos, incluiu-se também um transformador industrial e toda a infra-estrutura da parte elétrica, decorrentes da implantação do primeiro.

O orçamento da construção civil foi realizada com base na tabela PINI, do mês abril de 2013 e está descrita com áreas aproximadas de cada setor da central: área industrial, área administrativa e área de estacionamento. A Tabela 36 apresenta os custos iniciais da central.

Tabela 36 – Custos Iniciais

Investimento Inicial - Equipamentos	Observações	Preço (R\$)
Montagem para setor elétrico		30 000,00
Transformador Industrial (13,8 kV para 600 V)	(inclui subestação e rebaixamento)	120 000,00
Montagem de equipamentos		50 000,00
Pá carregadeira		300 000,00
Balança		30 000,00
Briquetadeira		171 600,00
Motor Briquetadeira (100CV)		17 000,00
Quadro de Comando Briquetadeira		16 400,00
Silo/dosador		25 300,00
Secador Tambor Completo		230 000,00
Redler para Secador		58 000,00
Picador		167 000,00
Repicador		131 200,00
Soma		1 346 500,00
Investimento Inicial-Obra Civil	Área (m2)	Preço (R\$)
Área industrial	1060	1 206 258,80
Área administrativa	360	409 672,80
Área de estacionamento/manobra	500	568 990,00
Soma		2 184 921,60

Fonte: Elaborada pelo grupo

Em seguida foram dimensionados os custos com mão de obra. Após definidos os cargos dentro da central, buscou-se o salário mínimo definido na Constituição Estadual de São Paulo (Lei nº 12.640, de 2007), e de acordo com cada função foram acertados os salários. O maior salário coube ao gerente do projeto, visto que ele terá grandes responsabilidades na questão gerencial, de supervisão e de controle da produção. A cada salário foram considerados os direitos exigidos na lei, como décimo terceiro salário, férias remuneradas e Previdência Social. Além disso, foram considerado os Equipamentos de Proteção Individuais (EPIs), tais como luvas, botas, capacete, máscara respiratória, protetor auricular e óculos de proteção, como itens a serem repostos periodicamente, e como tal, representa uma despesa anual.

A Tabela 37 a seguir apresenta os custos com mão de obra.

Tabela 37 – Custos anuais com mão de obra

Orçamento de Mão de Obra (em R\$)	Salário mensal	Salário anual	Férias + Encargos sociais	Epi's	Custo Total Anual
1 encarregado picador e repicador	765,00	9945,00	1683,00	75,50	11 703,50
2 encarregados secador	765,00	9945,00	1683,00	75,50	11 703,50
2 encarregados briquetadeira	765,00	9945,00	1683,00	75,50	11 703,50
2 encarregados da pesagem e carregamento dos caminhões	765,00	9945,00	1683,00	75,50	11 703,50
1 encarregado da pá carregadeira	775,00	10075,00	1705,00	75,50	11 855,50
1 secretario	775,00	10075,00	1705,00	75,50	11 855,50
1 gerente	2325,00	30225,00	5115,00	75,50	35 415,50
1 responsável pela limpeza	755,00	9815,00	1661,00	75,50	11 551,50
1 porteiro	765,00	9945,00	1683,00	75,50	11 703,50
Soma	8455,00				129 195,50

Fonte: Elaborado pelo grupo

Os gastos anuais também foram dimensionados e incluíram energia elétrica, diesel, custos administrativos e contábeis, telefone e internet, manutenção dos equipamentos, seguro de instalação e incêndio. O primeiro item foi dimensionado a partir da potência de cada máquina utilizada no processo – de acordo com a indicação do fabricante, e da potência das lâmpadas utilizadas. Foram escolhidas lâmpadas de LED tanto para o galpão como para o setor administrativo, e cada uma foi adequada ao respectivo ambiente. Logo a lâmpada a ser utilizada no galpão é um do tipo holofote e a destinada a parte administrativa é uma lâmpada de luz quente.

O diesel diz respeito à pá carregadeira que deve alocar a matéria prima ao estoque e leva-la ao picador. Os custos administrativos e contábeis dizem respeito à taxas municipais, estaduais, licenças e contador da empresa. Os custos de telefone e internet foram estimados com base no estudo de viabilidade de uma fábrica de pellets. A manutenção dos equipamentos foi considerada como 1% do valor do investimento inicial, enquanto o seguro de instalação e incêndio como 5% do mesmo. Estas estimativas também fazem parte do estudo de viabilidade supracitado.

A Tabela 38 apresenta os gastos anuais da central.

Tabela 38 - Custos anuais

Custos anuais (em R\$)	
Energia elétrica	97 221,17
Diesel	25 000,00
Custos administrativos e contábeis	18 000,00
Telefone e internet	4 800,00
Manutenção dos equipamentos (1% investimento inicial)	13 465,00
Seguro de instalação e incendio	67 325,00
Soma	225 811,17

Fonte: Elaborado pelo grupo

A produção mensal e anual previstas e já dimensionadas foram computadas com preço de venda de R\$365,00 por tonelada, dado que este foi o preço de venda encontrado no mercado, sem contar o frete de entrega. Neste ponto vale lembrar que 10% da produção total é destinada para a alimentação do forno rotativo utilizado na secagem da matéria prima triturada.

A Tabela 39 apresenta os recursos obtidos, mensalmente e anualmente com a venda dos briquetes.

Tabela 39 – Recursos obtidos da venda mensal e anual de briquetes

Produção mensal (toneladas)	304
Vendas mensais (R\$)	99 864,00
Vendas anuais (R\$)	1 198 368,00

Fonte: Elaborado pelo grupo

Para melhorar o planejamento da implantação e operação da obra foi esboçado um *timetable* (Tabela 40) que organizou as atividades a serem desenvolvidas, assim como o pagamento e a contratação dos serviços, em concomitância com o tempo de duração de cada uma delas. Essa ferramenta foi o primeiro passo para o desenvolvimento do fluxo de caixa a ser apresentado a seguir.

Tabela 40 – Timetable das atividades

Atividades	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	2014	2015	2016	2017	2018
Contratação da Obra Civil											
Abertura da Empresa											
Construção Civil											
Contratação dos Equipamentos											
Chegada dos Equipamentos											
Compra dos Equipamentos Elétricos											
Compra da Balança Industrial											
Compra da Pá Carregadeira											
Montagem dos Equipamentos											
Montagem dos Equipamentos Elétricos											
Instalação da Balança											
Contratação dos Funcionários											
Teste de Produção											
Produção Plena											

Fonte: Elaborado pelo grupo

Com a noção do período de realização de cada atividade, um fluxo de caixa inicial foi feito levando em consideração apenas a fase de implantação da central de valorização, contemplando a abertura da empresa, contratação da obra civil, dos equipamentos, a entrega e montagem destes, instalação dos equipamentos elétricos e contratação dos funcionários. O valor referente a cada mês foi trazido a valor presente, considerando uma taxa de juros próxima à inflação de 4,5% ao ano ou 0,36 ao mês. A somatória destes valores foi denominada investimento inicial e corresponde apenas à etapa inicial do projeto, sem produção alguma de briquete.

A Tabela 41 apresenta o investimento inicial do projeto em seu primeiro ano de implantação:

Tabela 41 – Investimentos iniciais no ano de 2013

Investimentos Iniciais (em R\$)								
Itens	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	TOTAL (2013)	
Abertura da Empresa	10 000,00	-	-	-	-	-		
Construção Civil	-	546 230,40	546 230,40	546 230,40	546 230,40	-		
Equipamentos	-	538 600,00	-	269 300,00	269 300,00	134 650,00		
Instalação elétrica	-	-	-	-	30 000,00	-		
Funcionários	-	-	-	-	-	8 455,00		
Soma (Valores Presentes)	10 000,00	1 084 830,40	546 230,40	815 530,40	845 530,40	143 105,00	3 445 226,60	
Valores Futuros (Taxa de Juros = 4,5% a.a ou 0,36% a.m)	10 217,95	1 104 498,45	554 138,69	824 369,87	851 629,18	143 105,00	3 487 959,15	

Fonte: Elaborado pelo grupo

Considerou-se que em seis meses a usina estaria apta a dar início à produção, já que teria um galpão construído, instalações elétricas, equipamentos montados, funcionários e até a realização de um teste de produção. A partir de então, a produção plena dos briquetes poderia ser iniciada. Os custos passam a ser praticamente iguais em todos os meses e por isso optou-se por mostrar os custos anuais da central. Estes incluem a última parcela do pagamento dos equipamentos, os custos de mão de obra, e os custos gerenciais. Nesta etapa incluiu-se a produção e a venda dos briquetes. A diferença dos gastos e das vendas resultou em um lucro bruto anual. Pensando em amortizar o investimento em 5 anos, de cada lucro bruto foi retirado 20% do investimento inicial, obtendo-se assim o lucro líquido final (saldo final do fluxo de caixa). A determinação por cinco anos foi arbitrária. Observando a planilha, pode-se perceber que o investimento inicial pode ser pago em apenas quatro anos com folga, no entanto julgou-se melhor ter um lucro líquido maior e pagar o investimento em mais tempo.

A Tabela 42 apresenta o balanço geral do fluxo de caixa da central entre os anos de 2014 e 2018.

Tabela 42 – Balanço geral do fluxo de caixa entre 2014 e 2018

Fluxo de Caixa Anual (valores em R\$)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Equipamentos	134 650,00	-	-	-	-
Mão de Obra	129 195,50	129 195,50	129 195,50	129 195,50	129 195,50
Custos Gerenciais	225 811,17	225 811,17	225 811,17	225 811,17	225 811,17
Custos Anuais	489 656,67	355 006,67	355 006,67	355 006,67	355 006,67
Vendas	1 198 368,00	1 198 368,00	1 198 368,00	1 198 368,00	1 198 368,00
Lucro Bruto	708 711,33	843 361,33	843 361,33	843 361,33	843 361,33
Investimento Amortizado (20% a.a.)	697 591,83	697 591,83	697 591,83	697 591,83	697 591,83
Fluxo de Caixa (LB - Inv)	11 119,50	145 769,50	145 769,50	145 769,50	145 769,50

Fonte: Elaborado pelo grupo

Por fim, para verificar a viabilidade real do projeto, foi calculada a Taxa Interna de Retorno (TIR), considerando o investimento inicial e os valores de lucro bruto anuais. A Tabela 43 apresenta a TIR do estudo:

Tabela 43 – Taxa Interna de Retorno da Central de 2013 a 2018

Tabela TIR (valores em R\$)						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Investimento	3 487 184,15					
Lucro Bruto		708 711,33	843 361,33	843 361,33	843 361,33	843 361,33
Fluxo de Caixa	- 3 487 184,15	708 711,33	843 361,33	843 361,33	843 361,33	843 361,33
					TIR	5,4%

Fonte: Elaborado pelo grupo

O resultado mostra uma taxa de 5,4%, que é superior à taxa de inflação prevista. Isso significa que o investimento é favorável economicamente no período de 5 anos (2013 a 2018).

11 ANÁLISE VIABILIDADE AMBIENTAL

11.1 O licenciamento e a viabilidade ambiental

No contexto do desenvolvimento sustentável em que a sociedade atual esta inserida, as decisões que envolvem a utilização de recursos ambientais devem incorporar diversos pressupostos e verificar a compatibilidade entre os efeitos decorrentes das ações sobre o meio ambiente e a manutenção da produtividade dos diferentes sistemas ambientais, sempre procurando identificar a existência de limites às solicitações sobre o meio de modo a garantir a disponibilidade de bens e serviços providos por tais sistemas.

Segundo Montaño e Souza (2008), “a viabilidade ambiental pode ser entendida como uma propriedade fundamental das ações exercidas sobre o meio, que expressa a adequabilidade das atividades antrópicas sobre o meio ambiente frente aos padrões de qualidade (estabelecidos formalmente ou negociados com as partes interessadas), levando-se em consideração a capacidade do meio em assimilar um certo nível de alterações (impactos) provocadas por estas atividades. Sendo assim, concorrem para a viabilidade ambiental – de modo pleno – as características do meio (físico, biótico e antrópico) e as características (tecnológicas) da atividade ou empreendimento que se pretende implantar, considerando o nível de qualidade ambiental estabelecido para o momento da implantação e requerido ao longo do tempo”.

Ainda, de acordo com os mesmos autores, os instrumentos da viabilidade ambiental são planos, programas e atividades, e a viabilidade ambiental é fundamentada nos seguintes preceitos:

- Determinada a partir da confrontação das características do meio que será afetado pela ação com as características das ações que serão realizadas, considerando um horizonte temporal amplo, procurando-se determinar a intensidade dos efeitos sobre o meio;
- Com base em padrões ambientais de referência, considera a necessidade de adoção de medidas mitigadoras como requisito para a manutenção da viabilidade ambiental;

- Amparada de modo contínuo pelo monitoramento dos efeitos sobre o meio, após a realização da ação proposta, para verificação das condições reais de qualidade ambiental e aferição da efetividade das medidas de mitigação de efeitos.

Dessa maneira, desenvolve-se a percepção de que há uma relação estreita entre a viabilidade ambiental de um empreendimento e os procedimentos do licenciamento ambiental adotados na atual legislação. Sendo assim, conclui-se que atestar a viabilidade ambiental de um projeto e de atividades previamente à implantação do empreendimento corresponde a utilizar o licenciamento como instrumento de política e gestão do meio ambiente. Cabe lembrar que o licenciamento ambiental também inclui a consideração do local de implantação, sendo que esse aspecto é de grande importância para a viabilidade ambiental.

O sistema de licenciamento ambiental brasileiro consiste em submeter um empreendimento à avaliação do Poder Público, desde a sua concepção, a entrada em operação, e continuamente durante toda sua vida útil.

De acordo com Montañó e Souza (2008), dentre os fundamentos relacionados ao licenciamento ambiental, cabe destacar os seguintes conceitos:

- o licenciamento ambiental é um instrumento de política e gestão ambientais que se pauta pelos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), com destaque para a compatibilização do crescimento econômico com a manutenção da qualidade ambiental;
- trata-se de um instrumento de tomada de decisão, fundamentada pela aplicação de outros instrumentos conforme o caso, como a avaliação de impacto ambiental, os parâmetros de qualidade ambiental e outros instrumentos e requisitos legais.

As etapas posteriores (licenciamento de instalação e de operação) apresentam, a rigor, uma relação diferenciada com a componente locacional da viabilidade ambiental, vez que são focadas essencialmente nos aspectos tecnológicos relacionados à incorporação pelos projetos de medidas de controle de poluição e mitigação de efeitos ambientais estabelecidas inicialmente, em função da localização do empreendimento em pauta.

11.2 Licenciamento ambiental no Estado de São Paulo

Provada a intrínseca relação entre viabilidade ambiental e licenciamento ambiental de um empreendimento, o grupo partiu em busca dos procedimentos necessários para formalizar um pedido de licenciamento, de maneira que o projeto submetido cumprisse as normas estabelecidas e fosse aprovada sua operação. Como este estudo é produzido por alunos de Engenharia Ambiental, o aspecto ambiental sempre foi de grande relevância dentro do mesmo; de tal maneira que o próprio tema já busca trazer uma alternativa mais favorável ambientalmente para a destinação do resíduo de poda e remoção. Com efeito, nas duas análises multicritérios realizadas anteriormente neste estudo (escolha da alternativa energética e da área de implantação do empreendimento), o critério Ambiental ganhou peso igual ou maior aos outros aspectos considerados e, portanto já vem sendo levado em consideração durante todo o projeto.

Sendo assim, ao ter contato com a lista de documentos e procedimentos necessários para a realização do licenciamento o grupo percebeu que grande parte já estava contemplada no trabalho.

Para saber a classificação do empreendimento, o grupo entrou em contato com a CETESB. A informação obtida foi que é uma instalação simples e que deve seguir os procedimentos indicados na categoria Indústrias e Serviços. Então, a partir do site da CETESB, obteve-se a documentação necessária para o caso no qual se enquadra este projeto, como é descrito a seguir:

1. Impresso denominado "Solicitação de" - *devidamente preenchido. As duas folhas devem ser entregues assinadas, mesmo nos casos em que a folha 2/2 esteja em branco.*

Tratando-se de funcionário da firma requerente, deverá ser preenchido o campo "Autorização", do impresso, e deverá ser apresentada, para conferência do vínculo, documentos comprobatórios como Carteira Profissional Registrada, Hollerith etc.

Comentário: Este documento poderá ser preenchido facilmente com as informações da empresa.

2. Procuração: *quando for o caso de terceiros representando a empresa, apresentar o documento assinado pelo responsável da empresa.*

Comentário: Não será necessário, visto que o responsável pela empresa irá representar a mesma.

3. Cópia do contrato social, *registrado na Junta Comercial do Estado – JUCESP (exceto para empresas recém-constituídas). Obs.: Em caso de alteração de endereço (transferência da empresa para outro imóvel) ou alteração de atividade (alteração de atividade no mesmo imóvel), poderá ser apresentada uma minuta da alteração contratual que será registrada na JUCESP, acompanhada de cópia do contrato social anterior registrado na JUCESP. Por ocasião da análise do pedido de Licença de Operação, deverá ser apresentada a cópia da alteração contratual registrada na JUCESP.*

Comentário: Como a empresa é recém-constituída, este documento não será necessário.

4. Certidão da Prefeitura Municipal Local, *Certidão de uso e ocupação do solo emitida pela Prefeitura Municipal, com prazo de validade. Na hipótese de não constar prazo de validade, será aceita certidão emitida até 180 dias antes da data do pedido da licença;*

OBS: *Está suspensa, temporariamente, a exigibilidade de apresentação da certidão municipal de uso e ocupação do solo para processos de licenciamento ambiental de empreendimentos situados no Município de São Paulo, exceto aqueles localizados em Área de Proteção aos Mananciais.*

Comentário: A partir do estudo feito para a escolha do melhor local de implantação não foi considerada a possibilidade de estar localizada em uma Área de Proteção aos Mananciais. Para efeitos de simplificação do processo, considera-se que o empreendimento não estará localizado em tal tipo de área.

5. Manifestação do órgão ambiental municipal: *Manifestação do órgão ambiental municipal, nos termos do disposto na Resolução SMA nº 22/2009, artigo 5º, e na Resolução CONAMA 237/97, artigo 5º, emitida, no máximo, até 180 dias antes da data do pedido de licença. Na impossibilidade de emissão dessa manifestação, a Prefeitura Municipal deverá emitir documento declarando tal impossibilidade, nos termos do disposto no parágrafo 2º do artigo 5º da Resolução SMA nº 22/2009. Exceção: Município de São Paulo*

Comentário: De acordo com a relação de atividades citada acima, devem apresentar a dita manifestação as “Atividades que utilizem incinerador ou outro dispositivo para queima de lixo e materiais, ou resíduos sólidos, líquidos ou gasosos”, caso no qual se encontra este objeto de estudo.

Para esclarecer como deveria ser esta manifestação o grupo entrou em contato com a CETESB, explicando a situação do empreendimento. O esclarecimento dado foi de que não haveria dificuldades em obter tal manifestação da Secretaria do Verde e Meio Ambiente do município de São Paulo.

6. Para municípios localizados na Região Metropolitana de São Paulo *Manifestação do órgão ou entidade responsável pelo sistema público de esgotos, contendo o nome da Estação de Tratamento de Esgotos que atenderá o empreendimento a ser licenciado. Caso a estação não esteja implantada, informar em qual fase de implantação se encontra e a data final da implantação.*

Comentário: Como não foi definido um local específico para a instalação da central é impossível fornecer este documento.

7. Comprovante de Fornecimento de água e coleta de esgotos *Comprovante de pagamento de taxa de água e esgoto do imóvel ou certidão do órgão responsável por tais serviços, informando se o local é atendido pelas redes de distribuição de água e coleta de esgoto.*

Comentário: Novamente, como não foi definido um local específico para a instalação da central é impossível fornecer este documento.

8. Memorial de Caracterização do Empreendimento – MCE – 1 via impressa e 1 via em meio eletrônico (CD-ROM) Deve ser entregue na versão simplificada ou completa, definida pelo valor do fator de complexidade (W) da atividade. A versão impressa deve ser preenchida integralmente e assinada pelo responsável na última folha, e nas demais rubricadas, dando fé das informações ali prestadas.

Comentário: Para o caso da central, foi considerado o fator de complexidade (W) igual a 5,0, que corresponde a “Atividades que utilizem incinerador ou outro dispositivo para queima de lixo e materiais, ou resíduos sólidos, líquidos ou gasosos”. Isso leva ao preenchimento do MCE Geral, o que deve ser feito a partir de um programa disponibilizado pela CETESB. Entretanto, devido ao fato de não ser um empreendimento real e pela falta de alguns dados, como Razão Social e CNPJ, não foi possível dar seguimento as telas do programa. Mesmo assim, acredita-se que as informações contidas neste estudo serão suficientes para o preenchimento deste documento, já que foram levados em consideração diversos aspectos ambientais e técnicos que poderiam ser exigidos pelo órgão.

9. Plantas: Se a instalação da empresa ocorrer em prédio existente, juntar 01 (uma) cópia da planta já aprovada pela Prefeitura local e/ou pela Secretaria da Saúde, ou na inexistência desta, apresentar Planta de Conservação do prédio, assinada somente pelo proprietário do imóvel, com o respectivo quadro de áreas. (Se estiver em APM apresentar 2 vias) Em se tratando de construção nova ou ampliação, apresentar plantas baixas e cortes, de 01 (uma) a 05 (cinco) vias dependendo do interesse/necessidade do empreendedor, assinadas pelo proprietário e pelo responsável técnico. Se em APM o quadro de área deve contemplar TO e CA.

Anexar uma cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). No caso de ampliação, o procedimento será análogo, devendo isto ser indicado através de legenda. (Se estiver em APM apresentar 2 vias)

Comentário: Para a apresentação deste item seria necessária a definição de uma área real e ainda a contratação de um engenheiro responsável pela obra.

10. Croqui de Localização – *Indicando o uso do solo e construções existentes nas imediações do empreendimento, num raio mínimo de 100m.*

Novamente, como não foi definido um local específico para a instalação da central é impossível fornecer este documento.

11. Disposição física dos equipamentos (lay-out); que pode ser demonstrada em croqui ou em planta baixa da construção.

Comentário: O lay-out da central é apresentado no item 8.7.

12. Fluxograma do processo produtivo

Comentário: O fluxograma do processo consta no item 8.

13. Mapa de acesso ao local, com referências.

Comentário: Novamente, como não foi definido um local específico para a instalação da central é impossível fornecer este documento.

14. Roteiro de acesso até o local a ser licenciado para permitir a inspeção no local.

Comentário: Novamente, como não foi definido um local específico para a instalação da central é impossível fornecer este documento.

15. Outorga de implantação do empreendimento emitida pelo DAEE, se houver captação de águas subterrâneas ou superficiais ou lançamento de efluentes líquidos em corpo d'água.

Comentário: Não se aplica às atividades descritas na central de processamento.

16. Estudo de Viabilidade de Atividade para empreendimentos localizados nas áreas potencialmente críticas para a utilização das águas subterrâneas, conforme mapa publicado pela Resolução SMA 14 de 06/03/2010, que captam água subterrânea em vazões superiores a 50 m³/h ou que disponham efluentes líquidos, resíduos e substâncias no solo.

Comentário: Não se aplica as atividades descritas na central de processamento.

17. Anuência da empresa concessionária/permissionária, se o empreendimento pretenda se instalar próximo a rodovias e lançar suas águas pluviais na faixa de domínio dessas rodovias.

Comentário: Não é o caso da área escolhida no estudo.

18. Outras informações que a agência considere pertinentes.

Comentário: O grupo fica a disposição para maiores esclarecimentos.

Sendo assim, acredita-se que após a definição do local exato do empreendimento será possível obter a licença de instalação da CETESB, já que até onde foi feito o estudo foram cumpridas as exigências do órgão regulador competente.

12 CONCLUSÃO

A realização deste Estudo de Concepção de uma Central de Valorização de Resíduos de Poda e Remoção teve como motivação o interesse do grupo por uma alternativa viável e sustentável para a destinação ambientalmente adequada deste resíduo.

Para tal, foi feito um estudo do atual cenário da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no país, no Estado de São Paulo e no Município de São Paulo de maneira a ilustrar a problemática deste tema na realidade brasileira. Em seguida, foi realizada a coleta de dados para a quantificação dos resíduos de poda e remoção na área de influência da central. Os resultados, todos baseados em estimativas das empresas prestadoras de serviço e da prefeitura da cidade, demonstram grande incerteza e dificuldade na gestão deste tipo de resíduo. A maior parte deles é disposto em um aterro sanitário, destinação ambientalmente inadequada de acordo com as premissas da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Além disso, a PMSP utiliza quantidade relevante de recursos para esta disposição, que poderiam ser realocados para outro fim caso houvesse outra alternativa de destinação do material.

Dado este panorama, a implantação de uma central de valorização de resíduos de poda e remoção mostrou-se de extrema importância. Foram elencadas diversas alternativas de valorização e através da elaboração de uma matriz de decisão multicritérios, optou-se pela produção do briquete, material de alta densidade, alta densidade energética e poder calorífico em torno de 4000 kcal/kg e alto valor agregado, de R\$ 350,00 a tonelada, em média. Devido a falta de estudos na bibliografia relativos ao briquete de resíduos de poda, como poder calorífico, resistência e emissão de poluentes considerou-se que o mercado consumidor que melhor aceitaria este produto seriam as padarias, devido a sua alta demanda por biomassa em seus fornos, proximidade das possíveis área de implantação da central e ao isolamento do combustível com os alimentos.

A concepção da central foi baseada em informações obtidas pelos fornecedores de equipamentos e empresas visitadas. Sendo assim, a partir dos dados coletados foi possível obter a produtividade horária de 1,75 t/hora de briquetes e mensal de 304 t/mês.

Através da análise econômico/financeira da central foi constatada a sua viabilidade, com retorno de investimento de 4 a 5 anos, a uma taxa interna de retorno superior a taxa de inflação. Também concluiu-se que a central estudada possui viabilidade ambiental e que o estudo contém grande parte das informações necessárias para o licenciamento ambiental pelo órgão regulador ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Finalmente, chega-se a conclusão que a central de valorização de resíduos de poda e remoção é viável nas três esferas estudadas (técnica, ambiental e econômica). Contudo, dadas as incertezas contidas no processo de coleta de dados e na falta de informações na bibliografia a respeito da tecnologia de briquetagem de resíduos de poda e remoção, o grupo recomenda a realização de estudos complementares para determinação de parâmetros cruciais como: catalogar as espécies de árvores presentes na cidade e nos resíduos, quantificação dos resíduos e realização de uma série histórica de geração, análises físico-químicas e mecânicas do produto final (teor de umidade, teor de cinzas, resistência a tração e compressão, carbono total,...), etc.

Além disso, o grupo considera de extrema relevância a discussão em torno da existência de incentivos fiscais por parte do poder público, com o intuito de estimular a implantação de empreendimento como o proposto neste estudo, que tem como base a destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos, trazendo benefícios significativos no aumento da vida útil dos aterros, diminuição do desmatamento, substituição de combustíveis de origem desconhecida, geração de renda, diminuição dos recursos para a disposição final ambientalmente inadequada, entre outros.

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIP (Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria). **Performance do Setor de Panificação e Confeitaria Brasileiro em 2011**. Fevereiro 2012. Disponível em <http://gestaoportalsebrae.com.br/setor/panificacao/o-setor/mercado/brasil/performance%20panificacao%20confeitaria%202011%209fev12.pdf> Acesso em 10 de novembro de 2012.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ABNT NBR 10004/2004. Resíduos Sólidos. 2004**.

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2011. Disponível em <http://www.ibrij.gov.br/a3p_site/pdf/ABRELPE%20Panorama%202001%20RSU-1.pdf>. Acesso em 3 nov. 2012.

AIE (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA). **Nuclear power: sustainability, climate change and competition**. Paris: IEA/OECD, 1998.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília, DF, 2005. 243 p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>> Acesso em 31 nov. 2012

Aragão, F. M., GOMES, L. J., NOGUEIRA, M., & RIBEIRO, G. T. **Caracterização do consumo de lenha pela atividade cerâmica, nos municípios de Itabaiana, Itabaianinha e Umbaúba-SE**. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, p.16. Agosto de 2008

Associação “Pizzarias Unidas”. Disponível em <http://www.pizzariasunidas.org.br/> acessado em 14 de novembro de 201

Biofogo Combustíveis. (Setembro de 2008). Biofogo Combustíveis. Acesso em 20 de 05 de 2013, disponível em Folder briquetes: http://www.biofogo.com.br/site/folder_briquetes.htm

Biomax Indústria de Máquinas LTDA. Disponível em <<http://www.biomaxind.com.br/>>. Acesso em 10/05/2013.

BRASIL. Lei Federal número 12305 – « **Política Nacional de Resíduos Sólidos** », Brasília, 2 de agosto de 2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm . Acesso em 15 set. 2012 e 4 de novembro de 2012

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Planos de Gestão de Resíduos Sólidos: Manual de Orientação**. Brasília, 2012. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf>. Acesso em 4 nov. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Projeto PNUD BRA 00/20. **Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado**. Curitiba, 2009. 35 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Balanço Energético Nacional (BEN)**. Brasília, 1982.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Balanço Energético Nacional (BEN)**. Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego. **Norma Regulamentadora – NR – 6**. Brasília. 1978.

CEMPRE 2010. Fichas técnicas. Composto Urbano. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ft_composto.php>. Acesso em: 2 nov. 2012.

Cenbio. *Banco de Dados de Biomassa*. Disponível em: <<http://infoener.iee.usp.br/cenbio/biomassa.htm>>. Acesso em: 14/05/2013.

CORTEZ, C. L. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia. Estudo de caso: AES Eletropaulo**. Tese de doutorado, São Paulo, 2011.

Damuth Machines. Disponível em < <http://www.demuthmachines.com/>>. Acesso em 25/05/2013.

David, A. C. **Secagem térmica de lodos de esgoto, determinação da umidade de equilíbrio**. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.

European Biomass Industry Association. Disponível em www.eubia.org acessado em novembro de 2012

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Agroenergia). **Briquetagem e Peletização de Resíduos Agrícolas e Florestais**, folheto informativo, Brasília, agosto 2012.

FILHO, E. R. (s.d.). **EcoNews**. Acesso em 31 de 10 de 2012, disponível em Ecomensagem: <http://www.ecolnews.com.br>

FOLHA DE SÃO PAULO. **Só 9% das cidades têm planos de gestão de resíduos**. 2012. Disponível em < <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidiano/59080-so-9-das-cidades-tem-planos-de-gestao-de-residuos.shtml>>. Acesso em 9 nov. 2012.

Fornos Pizzabon < <http://www.fornopizza.com.br/p100> > acessado em 14 de novembro de 2012

GENTIL, L. V. C. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. Tese de doutorado. Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

Google. Google Maps. Disponível em <maps.google.com.br> Acesso em 25/05/2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM). **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduo Sólidos**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em 8 set. 2012.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. **Gestão de Resíduos Sólidos e São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Revista Estudos Avançados, vol. 25, nº 71. São Paulo, jan./abril. 2011. p. 135-158.

Lippel & CIA Ltda. Disponível em <<http://www.lippel.com.br/>>. Acesso em 10/05/2013

MEIRA, A.M. **Gestão de Resíduos de Arborização Urbana**, Tese de doutorado, Piracicaba, 2010

MARTO, G. B., & Barrichelo, L. E. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). 20 de janeiro de 2006. Acesso em 04 de Novembro de 2012, disponível em <http://www.ipef.br>

Montaño, M., & Souza, M. P. A viabilidade ambiental no licenciamento de empreendimentos perigosos no Estado de São Paulo. Engenharia Sanitária e Ambiental, 13(nº 4). Out-Dez de 2008.

NICOLAU, V. (2000). **Associação Nacional da Indústria Cerâmica**. Acesso em 05 de Novembro de 2012, disponível em Projeto Cerâmica Vermelha: <http://www.anicer.com.br/index.asp?pg=artigos.asp&idartigo=6>

PINHEIRO, G. F.; Rendeiro, G.; PINHO, J. T. **Densidade Energética de Resíduos Vegetais**, 2005

PINHEIRO, P. C. **Combustíveis sólidos - Madeira**. 15 de Julho de 2004. Acesso em 04 de Novembro de 2012, disponível em

<http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/solidos/madeira/>

Pizza Mídia < <http://www.pizzamidia.com.br/mercado.html> > acessado em 14 de novembro de 2012

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **Plano de Gestão Integrada de Resíduo Sólidos do Município de São Paulo**. São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/pmsp_2012_plano_municipal_gestao_integrada_residuos_s.pdf>. Acesso em 27 out. 2012.

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **Gestão de Resíduos Sólidos na Cidade de São Paulo**. São Paulo, 2007. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2007/10/pref_saopaulo.pdf>. Acesso 28 out. 2012.

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **ATA DE REGISTRO DE PREÇOS Nº 43/SMS/COGEL/2010**. São Paulo, 2010a. Disponível em http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/pesquisa_online/atas_de_registro/index.php?p=37673>. Acesso em 20 set. 2012.

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **ATA DE REGISTRO DE PREÇOS Nº 37/SMS/COGEL/2010**. São Paulo, 2010b. Disponível em http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/pesquisa_online/atas_de_registro/index.php?p=37673>. Acesso em 20 set. 2012.

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **ATA DE REGISTRO DE PREÇOS Nº 42/SMS/COGEL/2010**. São Paulo, 2010c. Disponível em http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/pesquisa_online/atas_de_registro/index.php?p=37673>. Acesso em 20 set. 2012.

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **Dados Demográficos dos Distritos pertencentes as Subprefeituras**. São Paulo, 2012. Disponível em

<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758>. Acesso em 5 de nov. de 2012.

QUIRINO, W. F. **Utilização Energética de Resíduos Vegetais**, Laboratório de Pesquisas Florestais/IBAMA. 2008

QUIRINO, Briquetagem de Resíduos Ligno-Celulósicos. Disponível em: <<http://www.funtecg.org.br/arquivos/briquetagem.pdf> > Acesso em: 14/05/2013.

R7Notícias : *São Paulo consome mais da metade das pizzas produzidas no Brasil*
10/07/2010 < <http://noticias.r7.com/economia/noticias/sao-paulo-consome-mais-da-metade-das-pizzas-produzidas-no-brasil-20100710.html> >

SAIÃO, M.G.C.M. **Implementação de uma Central a Biomassa – Análise de Sustentabilidade Ambiental e Económica**, Lisboa, 2009

SCARPARE FILHO, J., MEDINA, R. B., & DA SILVA, S. R.. **Poda de árvores frutíferas**. Piracicaba (SP), 2011.

SEABRA, P. S. **Biorremediação de Solos Argilosos Contaminados Com Petróleo**. *Colóquio Anual de Engenharia Química*. Rio de Janeiro, 2003

SNSA (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2010**. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2012. Disponível em <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em 3 nov. 2012.

SPOLADORE, D. S., JÚNIOR, R. B., TEIXEIRA, J. F., ZULLO, M. T., & AZZINI, A. **Composição química das folhas e dimensões das fibras lenhosas em Rami**. 1984

Weco S/A. (s.d.). Weco S/A. Acesso em 04 de Novembro de 2012, disponível em Weco - Indústria de Equipamento Termo-Mecânico: <http://www.weco.ind.br/ManutencaoSite/Imagens/InformacoesTecnicas/Portugues/PoderCalorifico.pdf>

APÊNDICES

APÊNDICE A – VISITAS ÀS SUBPREFEITURAS

– *Subprefeitura Butantã:*

- No dia primeiro de outubro de 2012 foi realizada a visita a subprefeitura do Butantã e fomos recebidos pelo Engenheiro Agrônomo Eduardo, responsável pelo serviço de Poda e Remoção;
- O serviço de poda no município de São Paulo é feito de forma terceirizada. No caso da subprefeitura do Butantã a empresa contratada é a Florestana Paisagismo Construções e Serviços LTDA. Ela é responsável pela poda e remoção das árvores da região e pelo destino dos resíduos até o aterro sanitário designado pela prefeitura, incluindo seu transporte até o mesmo;
- A poda inclui os serviços de remoção de galhos que cheguem até as vias públicas ou que intercepte os cabos de tensão da rede elétrica, a retirada de partes secas das árvores e a poda de orientação e formação;
- A capina e conservação de praças são feitas por outra empresa;
- Em média, por mês, são podadas 205 árvores e 80 são removidas, com o posterior replantio equivalente obrigatório;
- A poda é feita constantemente durante o ano, não respeitando questões de sazonalidade, visto que existem diferentes espécies na região. Em dias de chuva, não é realizada a poda, sendo que então, nos períodos chuvosos a quantidade podada tende a diminuir, porém as remoções tendem a aumentar.

– *Subprefeitura Santo Amaro*

- No dia três de outubro de 2012 foi realizada a visita ao galpão da subprefeitura de Santo Amaro, onde eles realizam a trituração dos resíduos de poda da região com a utilização de maquinário específico para esta atividade;

- Foi possível observar o triturador em funcionamento. Ele funciona de acordo com a quantidade de resíduos que chegam ao galpão, o que normalmente acontece no período das 7h às 15h;
- Por dia, chegam a média de dois caminhões com aproximadamente 7 toneladas de resíduo, porém apenas os resíduo com diâmetro até 6 polegadas são triturados;
- A trituração do resíduo tem como objetivo a destinação para a disposição no solo como condicionante, utilizado nas praças locais e também repassado para outras subprefeituras e hortas comunitárias. Antes da disposição no solo, ao material triturado é adicionada quantidade similar de terra;
- Os resíduos que não podem ser triturados, tanto por serem grandes ou por serem de espécies impróprias para a trituração, são levados para aterro sanitário;
- Armazenamento do resíduo triturado é feito a céu aberto, suscetível a intempéries, em local próximo ao galpão;

APÊNDICE B – VISITA A REICLATEC E A LENHAECO

Foram realizadas duas visitas técnicas, a primeira a Fábrica da Reciclatec e a segunda na Fábrica da Lenhaeco Indústria e Comércio de Briquetes. Nas duas visitas o grupo buscou compreender como é realizada a valorização dos resíduos de madeira, incluindo o conhecimento do tipo de matéria-prima, equipamentos utilizados, mercado consumidor, etc. Os questionários de ambas as visitas incluía perguntas sobre o processo produtivo, produtividade, máquinas utilizadas, número de funcionários, tipo de produto final, mercado consumidor, etc. As visitas estão sintetizadas em tópicos e posteriormente avaliadas conforme sua relevância e contribuição para o presente trabalho.

– *Visita Reciclatec*

No dia 19 de março de 2013, uma terça-feira, o grupo realizou a visita na Fábrica da Reciclatec, empresa que produz pó de madeira de diversas granulometrias, a partir de pellets de madeira, principalmente a partir de material de indústria de embalagem, mas também pela poda de árvores feita pela Eletropaulo e outros municípios. Um dos objetivos da visita foi descobrir como é realizado o manuseio dos resíduos de poda utilizados no processo. O grupo foi recebido pelo Sr. Edson, diretor da empresa, que passou diversas informações sobre o processo produtivo. Algumas delas estão apresentadas a seguir:

- A produtividade da fábrica é da ordem de 5000 a 8000 t/mês destinados ao setor industrial e o produto final é vendido a granel. Circulam em média 60 caminhões por dia para o transporte de matéria-prima e produto final.
- A área total do terreno utilizado pela empresa é de 14.000 m², enquanto que o galpão de produção possui 8.000 m².
- O processo se resume na trituração do material e separação de materiais metálicos presentes na matéria-prima. Os resíduos de poda são triturados juntamente com os outros materiais, não havendo nenhum tipo de manuseio específico para eles.
- A empresa possui 64 funcionários, sendo 20 responsáveis pelo processo produtivo, divididos em 2 turnos, e o restante dividido no transporte e outras

atividades. Os funcionários recebem treinamento constante e utilizam todos os EPIs necessários: luvas, botas, máscara respiratória; óculos, protetor auricular.

- Todas as máquinas são movidas a energia elétrica;
- O custo com logística é bastante significativo;
- Há poucas perdas no processo produtivo, pois todo o material disperso retorna ao início do processo;
- Foi questionado para o Sr. Edson se este tipo de empreendimento causaria incômodo na vizinhança. A resposta foi sim, devido ao grande fluxo de veículos, emissão de material particulado e poluição sonora.
- Foi recomendado a utilização do produto final (briquete) para uso como fonte de energia para combustão na fornalha anexada ao secador.

Sendo assim, para uma primeira visita a empreendimento que realiza a transformação de resíduos madeireiros, o grupo considerou as informações obtidas de grande ajuda para o desenvolvimento do projeto. Diversos pontos foram esclarecidos, como o maquinário utilizado, as dimensões do pátio de produção, a triagem dos resíduos distintos à madeira e alguns dos trâmites tarifários envolvidos no processo. Por último, foi possível obter uma amostra de resíduo triturado, proveniente de poda. Com esta amostra foi possível fazer os ensaios de umidade e poder calorífico do mesmo.

São apresentadas a seguir algumas fotos da visita tiradas pelo grupo.



Figura A. 1 - Armazenamento de matéria-prima



Figura A. 2 – Silo e Picador



Figura A. 3 - Cavaco produzido



Figura A. 4 - Galpão da empresa

– ***Visita a Fábrica da Lenhaeco Indústria e Comércio de Briquetes***

No dia 15 de maio de 2013 foi realizada a visita na Fabrica de Lenhcaeco Indústria e Comércio de Briquetes, localizada na cidade de Tatuí, São Paulo. A fabrica produz briquetes a partir de pó de serragem da indústria madeireira. O objetivo da visita foi conhecer o processo produtivo do briquetes e responder diversas questões relacionadas com o funcionamento da fábrica. O responsável pela empresa, Sr. Anderson, recebeu o grupo com muita disposição e disponibilidade em ajudar. As seguintes informações foram documentadas:

- A produção mensal da fábrica está na faixa de 180 a 220 toneladas/mês com uma produtivida de 600 a 700 kg/h em dois turnos de nove horas.
- O processo consiste basicamente do recebimento do pó de serragem, secagem em tambor rotatito e briquetagem.
- O mercado consumidor é composto principalmente por pizzarias (70% da produção), mas a empresa também fornece briquetes para o setor industrial.
- São 7 funcionários no total, dois por turno para o secador e três na briquetadeira. Os funcionários da briquetadeira recebem hora extra no segundo turno de trabalho.
- No caso do empreendimento proposto pelo grupo, para o picador e repicador seriam necessários mais dois funcionários no mínimo, um para pôr o material no picador e outro para supervisionar.
- Para a produtividade da central estudada, é preciso uma pá carregadeira/trator para manusear a matéria-prima.
- O Sr. Anderson afirmou que há grande diminuição de massa no secador, na ordem de redução pela metade. Portanto, os equipamentos localizados antes do secador no processo devem ter o dobro de produtividade da briquetadeira.
- O dimensionamento do secador é dado de acordo com a umidade do material de entrada e a umidade desejada para o material de saída.
- Para a central estudada, seria necessária uma área de 1000 a 1200m²;

- Recomenda-se fazer o armazenamento do produto processado (pó seco) para homogeneizar a umidade do pó. Quando sai do secador ele pode estar com umidade menor do que o recomendado. Uma umidade abaixo dos 8% é ruim, pois a existência da água favorece na plastificação da lignina. No caso da fábrica havia um silo subterrâneo, em que o material contido nele era revolvido constantemente pelos funcionários. O transporte até a briquetadeira é realizado por uma rosca transportadora.
- É recomendado comprar todas as máquinas do mesmo fornecedor para garantir o fluxo de massa. Porém é possível comprar os equipamentos separadamente se os processos forem independentes, como no caso do secador e da briquetadeira. Na fábrica a briquetadeira é Biomaxx e o secador é Madec (ambas do Rio Grande do Sul);
- Com relação a manutenção, não há muitos problemas. Em relação a briquetadeira, ela precisa de troca de óleo a cada 6 meses. São usados 100 litros de óleo e cada 20 litros custam 250 reais. É feita também uma lavagem interna com óleo diesel para a retirada do pó que consegue entrar na máquina e esse processo exige um dia de parada apenas. O secador precisa trocar borrachas de vedação e lubrificar os mancais de rolagem dos fornos, alinhar os rolamentos, mas não é periódico como o da briquetadeira;
- O ensacamento é feito com 30 kg de produto que equivale a aproximadamente 11 a 12 toras, dependendo do quão novo é o cilindro cônico de compactação. Quando novo ele tem 120 mm e depois alarga até 140mm. Quanto maior o diâmetro da entrada, mais material entra e mais compacto o briquete. É feita uma pesagem aleatória a cada uma hora, com 4 sacos. Pesam-se os quatro e tira-se uma média;
- O preço de venda do briquete na fábrica é de R\$365,00 a tonelada. O transporte é totalmente terceirizado, fazendo com que o preço de venda para o cliente chegue a R\$ 600,00.
- A única emissão atmosféricas da fábrica provêm do secador. Suas emissões consistem apenas no vapor de água e pó de serragem. Da chaminé do ciclone não é possível visualizar nenhum sinal de fumaça, mas a presença de material particulado é constante;

- O responsável disse que pode-se considerar no trabalho a cobrança pelo resíduo de poda, já que o empreendimento estará dando uma destinação ambientalmente correta para os resíduos.
- O tempo de retorno do investimento varia para cada empreendimento. O Sr. Anderson imagina que irá retornar o seu investimento em 3 anos de funcionamento da fábrica.
- O responsável enfatizou que deve dar-se atenção aos altos preços da instalação elétrica dos equipamentos. A companhia de luz elétrica fornece transformadores de até 75 kVA. No caso da central proposta o transformador deve estar em entorno de 300 kVA.
- Para a construção do galpão deve-se destinar cerca de 500 mil reais;
- A Biomax não inclui no preço orçado a montagem dos aparelhos. Eles disponibilizam um montador que custa 380 reais por dia e fica a seu encargo a estadia do montador e a contratação dos outros trabalhadores. Demora de 30 a 60 dias para montar todo o maquinário;
- Na Lenhaeco, os funcionários não têm formação específica. É recomendado ter pelo menos um técnico mecânico/industrial, além de um gerente;
- O responsável afirma que há grande possibilidade de ter problemas com a vizinhança caso a central se localize em regiões residenciais.
- Padarias seriam melhores mercados consumidores para o briquete de resíduos de poda e remoção, já que os fornos não tem contato direto com o alimento. Há muita resistência do mercado de produtos alimentícios com o briquete de resíduos de poda e remoção, pelo seu aspecto diferente, medo de inovar, medo de deixar cheiro, tradição com o eucalipto (pizzarias);
- Os sacos utilizados para ensacar o briquete são reutilizados. Eram de açúcar ou farinha das fábricas da região.

Esta visita mostrou ao grupo quais são os equipamentos necessários para uma central de briquetagem de resíduos de poda e alertou quanto ao mercado consumidor de pizzarias que ainda é muito fiel a madeira de eucalipto e resistente a mudança de combustível para seus fornos sem ter o devido estudo para comprovar

que o briquete de madeira e folhas não comprometa a qualidade do produto final, já que a madeira de poda é composta por diversa espécies e o briquete está em contato direto com o alimento. Aspectos elétricos e de armazenagem do resíduo também foram observados nesta ocasião. A visita trouxe ânimo ao grupo, pois apresentou em escala real um projeto de valorização de resíduos de madeira no formato que o grupo pretende obter, o briquete.

São apresentadas a seguir algumas fotos da visita tiradas pelo grupo.



Figura A. 5 - Fornalha e saída para o secador



Figura A. 6 - Secador de tambor rotativo



Figura A. 7 - Armazenamento de material seco e ciclone ao fundo



Figura A. 8 – Briquetadeira



Figura A. 9 - Estoque do briquete ensacado

ANEXOS

ANEXO A – FOLHETOS EQUIPAMENTOS



Briquetagem

Conversão de resíduos em produtos de elevada energia!

O coração e a materialização das prensas briquetadeiras Lippel: Vrabrequim de carga pesada, é a garantia de uma superior compressão, excelente Briquete e a continuação dos trabalhos.



Nossas máquinas são programadas para as capacidades de 400 a 3.000 Kg./h.

O produto final resulta em diâmetros de 63 a 103mm conforme os tipos de prensas.

Muitos resíduos são desperdiçados, mal aproveitados e geram problemas. Com as briquetadeiras Lippel, você pode convertê-los em produtos de elevado valor comercial e ecologicamente correto.

Em muitas circunstâncias a briquetagem é um bom investimento para sua empresa.



As Briquetadeiras Lippel são o resultado da fusão entre construção pesada, durabilidade e retorno seguro de seu investimento.

Invista em nossa **Experiência e Tecnologia** para obter lucro e não desperdiçar materiais.



SOLUÇÕES EM BRIQUETAGEM

O Parceiro Confiável

Conheça a nossa linha completa de soluções e valorização dos resíduos, acessando o nosso site.



www.lippel.com.br



PRODUÇÃO DE SISTEMAS DE BRIQUETAGEM

Máquina	Máx. Capacidade	Diâmetro Briquete	Tipo
BH-100	100 Kg/h	Ø 65mm	Hidráulico
BH-150	150 Kg/h	Ø 76mm	Hidráulico
BL-65	500 Kg/h	Ø 63mm	Mecânico
BL-75	700 Kg/h	Ø 73mm	Mecânico
BL-85	1.100 Kg/h	Ø 83mm	Mecânico
BL-95	1.550 Kg/h	Ø 93mm	Mecânico
BL-105	2.000 Kg/h	Ø 103mm	Mecânico
BL-105/240	2.200 Kg/h	Ø 103mm	Mecânico

A Lippel está focada em equipamentos de valorização de Biomassa que inclui os processos de trituração, plicagem, moagem, secagem, movimentação, queima, armazenagem e por último a compactação da biomassa. Fornecemos as plantas das usinas, conforme grau de automação requerido.



Rua Piaçaguás, 733 - Bairro Siegel - Agrícola - Santa Catarina - Brasil - Caixa Postal 39
Fone (51) 47 3534-4266 - Fax (51) 47 3534-4411 - marketing@lippel.com.br - www.lippel.com.br

Movimentação

Compactação

Armazenagem

Energia

Serviços

Processamento

PTL - 240x500

Picador de Tambor

- Construção sólida
- Excelente qualidade nos cavacos
- Custo-benefício e economia de espaço



PTL 240 x500



Rolos de alimentação com dentes agressivos, moldados, pesados e tratados termicamente, garantem apoio seguro e contínuo a qualquer tipo de madeira alimentada internamente como também excelente qualidade.

Picadores de Tambor com diâmetro de rotor de até 1000 mm são construídos solidamente. São particularmente fáceis de serem montados. Custo eficiência x espaço.

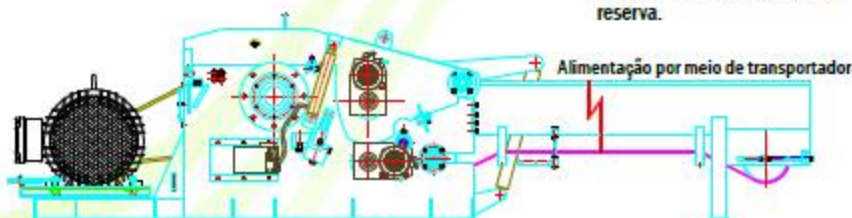
Os Picadores de Tambor são alimentados por meio de correia transportadora ou vibratória. Todos os modelos são fornecidos com conjunto hidráulico que é usado para amortecer a capota e extrair a contra-faca. Os modelos acima de 800 mm de tambor são equipados com unidade hidráulica tanto para abrir a capota do tambor quanto para extrair a contra-faca.



Construção do tambor em aço sólido e balanceado com tolerância para capacidade de reserva.



Sistema Hidráulico de extração da contra-faca.



Picadores compactos de fácil instalação



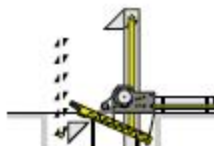
Exemplos de remoção dos chips:



Sucção



Rosca/Transportador tipo canaleta



Rosca/Elevador de caneca



Correia Vibratória/Transportador de correia



Sucção sobre o chão



Transportador tipo canaleta



Rosca transportadora



Correia transportadora

PRENSAS BRIQUETADEIRAS BIOMAX

TECNOLOGIA CAPAZ DE FORNECER UMA NOVA ALTERNATIVA ENERGÉTICA, REAPROVEITANDO RESÍDUOS, PRODUZINDO BRIQUETES E GERANDO LUCRO.

Os equipamentos BIOMAX transformam resíduos em geral, como: serragem de madeira, casca de algodão, casca de arroz, casca de amendoim, casca de café, casca de coco, bagaço de cana e outros, em briquetes com alto poder calorífico e de venda.

As prensas briquetadeiras BIOMAX são robustas e bem dimensionadas, próprias para um trabalho pesado e contínuo.

Construídas em aço soldado, possuem mancais de bronze de liga especial, lubrificadas por bomba de óleo. O volante, acoplado ao motor, armazena a energia necessária ao movimento biela-manivela, que efetua a compactação dos resíduos.



Foto 1- Briquetadeira BIOMAX

A BIOMAX, além das prensas **BRIQUETADEIRAS**, pode fornecer os demais equipamentos complementares para uma usina de briquetagem:

- SILOS
- TRANSPORTADORES
- SECADORES
- PICADOR

EXCLUSIVO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGA

Possui sistema automático eletrônico que desliga o sistema de alimentação de resíduos quando o motor principal é sobrecarregado. O equipamento volta a ligar automaticamente após alguns segundos, conforme ajuste do equipamento.

- PROTEGE O MOTOR PRINCIPAL E A CORREIA DE ACIONAMENTO
- EVITA O ENTUPIMENTO DO CILINDRO POR EXCESSO DE RESÍDUOS

MODELO	Ø Briquete [mm]	Capacidade produção [kg/h]	Capacidade de processamento [m³/h]	Motor [CV]	Ø Volante [mm]	Peso líquido [kg]
B-55/120	56	280 ¹	1,5	20	1000	2000
B-55/160	56	450 ¹	2,5	30	1190	2500
B-65/160	66	600 ¹	3,3	40	1190	2700
B-75/190	75	800 ¹	4,5	50	1200	6200
B-85/210	82	1100 ¹	6,2	60	1390	7000
B-95/210	93	1550 ¹	8,6	75	1390	7600
B-95/210R	93	2000 ¹	11,2	75/100	1390	8100
B-105/210 *	103	700 ² / 1750 ³	10	75/100	1390	8500
B-105/240 *	103	1000 ² / 1500 ³	12	75/100	1390	8500
B-115/220 *	115	1500 ² / 2100 ³	17	100	1390	9000

Tabela 1 - Briquetadeiras BIOMAX

* Modelos exclusivos para resíduos leves, como: bagaço de cana e resíduos de algodão.

- (1) Capacidade tomada pela referência dos resíduos com peso específico de 180 kg/m³ e umidade de 16%.
- (2) Capacidade tomada pela referência dos resíduos com peso específico de 90 kg/m³ (bagaço de cana) e umidade de 16%.
- (3) Capacidade tomada pela referência dos resíduos com peso específico de 120 kg/m³ (resíduos de algodão) e umidade de 16%.

ANEXO B – ORÇAMENTO ESTIMATIVO BIOMAX



USINAS DE BRIQUETAGEM

CONJUNTO DE EQUIPAMENTOS DESTINADOS A TRANSFORMAR RESÍDUOS VEGETAIS EM BRIQUETES COM ALTO PODER CALORÍFICO E DE VENDA.

1. Características e preços:

LINHA 800 – TRANSPORTE MECÂNICO:

USINA 0.5 T/H

EQUIPAMENTOS	MODELO	CAPACIDADE	PREÇO
BRIQUETADEIRA Com pinça de aperto	B 65/160	600 kg/h	R\$ 88.900,00
MOTOR PRINCIPAL DA BRIQUETADEIRA – 40 CV			R\$ 6.800,00
QUADRO DE COMANDO DA BRIQUETADEIRA			R\$ 6.300,00
SILO/DOSADOR PARA BRIQUETADEIRA			R\$ 13.700,00
SECADOR TAMBOR COMPLETO Com fornalha, ciclone, válvula rotativa, tubulações, motores e quadro de comando	B 10000	600 kg/h	R\$ 125.000,00
VENTIL. EXAUSTÃO – 15 CV			Incluso
REDLER E CHUPIM PARA SECADOR			R\$ 32.000,00
PICADOR – 40 CV	BM 350/120	600 kg/h	R\$ 78.000,00
REPICADOR – 40 CV	BMR 300/150	600 kg/h	R\$ 71.000,00
TOTAL DA USINA		600 kg/h	R\$ 421.700,00

USINA 0.8 T/H

EQUIPAMENTOS	MODELO	CAPACIDADE	PREÇO
BRIQUETADEIRA Com pinça de aperto	B 75/190	800 kg/h	R\$ 130.300,00
MOTOR PRINCIPAL DA BRIQUETADEIRA – 50 CV			R\$ 8.000,00
QUADRO DE COMANDO DA BRIQUETADEIRA			R\$ 7.700,00
SILO/DOSADOR PARA BRIQUETADEIRA			R\$ 22.800,00
SECADOR TAMBOR COMPLETO Com fornalha, ciclone, válvula rotativa, tubulações, motores e quadro de comando	B 10000	800 kg/h	R\$ 138.000,00
VENTIL. EXAUSTÃO – 20 CV			Incluso
REDLER E CHUPIM PARA SECADOR			R\$ 36.000,00
PICADOR – 50 CV	BM 350/120	800 kg/h	R\$ 84.200,00
REPICADOR – 40 CV	BMR 500/190	800 kg/h	R\$ 82.000,00
TOTAL DA USINA		800 kg/h	R\$ 509.000,00



USINA 1.0 T/H

EQUIPAMENTOS	MODELO	CAPACIDADE	PREÇO
BRIQUETADEIRA Com pinça de aperto automatizada	B 85/210	1100 kg/h	R\$ 138.000,00
MOTOR PRINCIPAL DA BRIQUETADEIRA – 60 CV			R\$ 10.600,00
QUADRO DE COMANDO DA BRIQUETADEIRA			R\$ 11.400,00
SILO/DOSADOR PARA BRIQUETADEIRA			R\$ 22.800,00
SECADOR TAMBOR COMPLETO Com fornalha, ciclone, válvula rotativa, tubulações, motores e quadro de comando	B 12000	1100 kg/h	R\$ 152.000,00
VENTIL. EXAUSTÃO – 25 CV			Incluso
REDLER E CHUPIM PARA SECADOR			R\$ 42.000,00
PICADOR – 60 CV	BM 600/160	1100 kg/h	R\$ 132.000,00
REPICADOR – 50 CV	BMR 500/190	1100 kg/h	R\$ 98.000,00
TOTAL DA USINA		1100 kg/h	R\$ 606.800,00

USINA 1.5 T/H

EQUIPAMENTOS	MODELO	CAPACIDADE	PREÇO
BRIQUETADEIRA Com pinça de aperto automatizada	B 95/210	1550 kg/h	R\$ 151.700,00
MOTOR PRINCIPAL DA BRIQUETADEIRA – 75 CV			R\$ 15.900,00
QUADRO DE COMANDO DA BRIQUETADEIRA			R\$ 11.400,00
SILO/DOSADOR PARA BRIQUETADEIRA			R\$ 23.400,00
SECADOR TAMBOR COMPLETO Com fornalha, ciclone, válvula rotativa, tubulações, motores e quadro de comando	B 18000	1550 kg/h	R\$ 189.000,00
VENTIL. EXAUSTÃO – 30 CV			Incluso
REDLER E CHUPIM PARA SECADOR			R\$ 52.000,00
PICADOR – 75 CV	BM 600/160	1550 kg/h	R\$ 149.000,00
REPICADOR – 60 CV	BMR 500/190	1550 kg/h	R\$ 114.000,00
TOTAL DA USINA		1550 kg/h	R\$ 706.400,00

USINA 2.0 T/H

EQUIPAMENTOS	MODELO	CAPACIDADE	PREÇO
BRIQUETADEIRA Com pinça de aperto automatizada	B 95/210R	2000 kg/h	R\$ 171.600,00
MOTOR PRINCIPAL DA BRIQUETADEIRA – 100 CV			R\$ 17.000,00
QUADRO DE COMANDO DA BRIQUETADEIRA			R\$ 16.400,00
SILO/DOSADOR PARA BRIQUETADEIRA			R\$ 25.300,00
SECADOR TAMBOR COMPLETO Com fornalha, ciclone, válvula rotativa, tubulações, motores e quadro de comando	B 18000	2000 kg/h	R\$ 230.000,00
VENTIL. EXAUSTÃO – 30 CV			Incluso
REDLER PLANO E INCLINADO PARA SECADOR			R\$ 58.000,00
PICADOR – 100 CV	BM 600/160	2000 kg/h	R\$ 167.000,00
REPICADOR – 75 CV	BMR 800/260	2000 kg/h	R\$ 131.200,00
TOTAL DA USINA		2000 kg/h	R\$ 816.500,00

BIOMAX Indústria de Máquinas Ltda –Rua da Constelação,46 -Vila Tereza -Fones: (51)3592-4922, (51)3592-5742 e (51)3566-4979
Caixa postal 315 - CEP 93037-030 – São Leopoldo – RS – Brasil – E-mail: biomax@biomaxind.com.br – www.biomaxind.com.br



O PREÇO TOTAL DAS USINAS DE BRIQUETAGEM INCLUI TODOS OS MOTORES E QUADROS DE COMANDO

Todos os equipamentos BIOMAX incluem redutores da marca SEW:

- Marca alemã, líder nacional e mundial na fabricação de motoredutores.
- Fabricante com sede em Guarulhos – SP e rede de assistência técnica em todo o Brasil.

A capacidade dos equipamentos de briquetagem é baseada em resíduos com peso específico de 180 kg/m³ e umidade de 16% (umidade máxima de briquetagem).

A capacidade do secador é dimensionada para resíduos com umidade de entrada máxima de 55% e saída de 12% a 14%.

OBS: Os tijolos refratários para a fornalha não estão inclusos nos orçamentos.

2. Condições de pagamento:

1ª - 40% no pedido; 20% em 45dd; 20% contra entrega na Biomax; Saldo 30/60 dias

2ª - 40% no pedido e saldo financiado pelo FINAME.

3. Garantia:

O equipamento tem garantia de seis meses após a instalação do mesmo ou de 1 (um) ano contados a partir da data do fornecimento em nossa fábrica (é válido o que ocorrer primeiro). Peças com desgaste normal por abrasão no processo produtivo estão excluídas da garantia. Frete não incluso.

4. Prazo de entrega:

O prazo de entrega é de 90/120 dias após o pagamento da entrada.

5. Validade da oferta: MAIO/2013

Este orçamento é válido por um período de 30 (trinta) dias.