

Fabricio Hernandez de Freitas
Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira
Julianno Pizzano Ayoub
Pedro Augusto Arroyo

2022

ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DAS ÁRVORES INSERVÍVEIS DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ-PR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



**Fabrcio Hernandez de Freitas
Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira
Julianno Pizzano Ayoub
Pedro Augusto Arroyo**

**ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DAS
ÁRVORES INSERVÍVEIS DO MUNICÍPIO
DE MARINGÁ-PR PARA GERAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

**EDITORA PASCAL
2022**

2022 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho
Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro
Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira
Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904
Revisão: Autores

Conselho Editorial

Dr^a. Aurea Maria Barbosa de Sousa
Dr^a. Anna Christina Sanazario de Oliveira
Dr^a. Gerbeli de Mattos Salgado Mochel
Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior
M.Sc. José Ribamar Santos Moraes Filho

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F866

Freitas, Fabricio Hernandez de; Oliveira, Marcel Ricardo Nogueira de; Ayoub, Julianno Pizzano; Arroyo, Pedro Augusto

Estudo sobre a utilização das árvores inservíveis do município de Maringá-PR para geração de energia elétrica / Fabricio Hernandez de Freitas, Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira, Julianno Pizzano Ayoub, Pedro Augusto Arroyo — São Luís: Editora Pascal, 2022.

57 f. ; il.:

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-86707-95-3

D.O.I.: 10.29327/562160

1. Maringá-PR. 2. Biomassa. 3. Resíduos. 4. Geração de Energia. I. Freitas, Fabricio Hernandez de. II. Oliveira, Marcel Ricardo Nogueira de. III. Ayoub, Julianno Pizzano. IV. Arroyo, Pedro Augusto. V. Título.

CDD: 621.31:662.63(816.2)

Qualquer parte deste livro poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros, desde que seja citado os autores.

2022

www.editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

A presente obra traz uma análise completa sobre uma das tecnologias mais limpas de geração de energia com a avaliação do potencial energético da biomassa lignocelulósica gerada em Maringá, uma grande cidade do Paraná com aproximadamente 500 km² e uma população metropolitana de cerca de 800.000 pessoas. Os estudos abrangem desde a quantificação e caracterização dos resíduos até a determinação do teor de umidade e do poder calorífico superior (PCS) utilizando as normas e métodos da própria ABNT.

Fabricio Hernandez de Freitas

Mestre em Bioenergia, Universidade Estadual de Maringá-PR

AUTORES

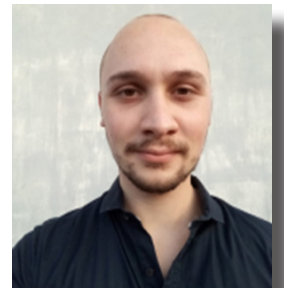


Fabricio Hernandez de Freitas

Geógrafo pela Universidade Estadual de Maringá (2009), Pós Graduado em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Metropolitano de Maringá (2010), Mestre em Bioenergia (Engenharia Química) pela Universidade de Maringá. Perito judicial ambiental cadastrado no PROJUDI – Processo Eletrônico do Judiciário do Paraná e Justiça Federal. Conhecimento técnico em gestão e reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos, gestão urbana, acessibilidade, conforto térmico de ruas e avenidas, planejamento e estruturação de calçadas.

Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira

Possui Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Possui Graduação interrompida em Engenharia Civil pela Faculdade Campo-Real. Possui Especialização em Estruturas de Concreto e Fundações pela Universidade Paranaense. Tem experiência no ramo de construção civil como proprietário de empresa e consultor. Atuou com elaboração e implantação de gestão ambiental, como PGRCC, técnicas e matéria prima sustentável. Ministrou palestras e cursos nas áreas de engenharia ambiental, civil, segurança, gestão empresarial e marketing. Pesquisador da engenharia e professor particular.



Julianno Pizzano Ayoub

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Engenheiro de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário Campo Real. Especialista em Engenharia da Qualidade. Especialista em Engenharia de Produção. Especialista em Engenharia de Suprimentos. Especialista em Engenharia Geotécnica. Especialista em Meio Ambiente, Desenvolvimento e Sustentabilidade. Especialista em Educação Ambiental. Especialista em Gestão Ambiental. Especialista em Direito ambiental. Especialista em Docência no Ensino Superior. Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Tem experiência com gestão de pessoas, redução de custos, adequações às NRs, certificações, auditorias, perícias e treinamentos. Atualmente trabalha como Gerente Industrial na Gesla Isolamentos, uma indústria de lã de Rocha. Diretor da Atlas Engenharia Ambiental..

Pedro Augusto Arroyo

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1988), mestrado em Engenharia Química (1992) e doutorado em Engenharia Química (1996) pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEQ/COPPE/UFRJ), com estágio tipo sanduíche no Instituto de Tecnologia Química da Universidade Politécnica de Valencia (ITQ/UPV) - Espanha. Atualmente, é professor Associado nível C do Departamento de Engenharia Química, da Universidade Estadual de Maringá (DEQ/UEM), e faz parte do corpo de professores permanentes dos Programas de Pós-graduação em Engenharia Química (PEQ/UEM) e em Bioenergia (PPB/UEM) do Estado do Paraná - Brasil. É coordenador dos Laboratórios de Adsorção e Troca Iônica (LATI) e de Catálise Heterogênea e Biodiesel (LCHBio) do DEQ/UEM.



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	4
AUTORES	5
1. INTRODUÇÃO	8
1.1 <i>Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos de Maringá-PR...</i>	19
1.2 <i>Plano de Gestão da Arborização Urbana de Maringá-PR</i>	22
1.2.1 <i>Características das duas espécies de maior porte em Maringá</i>	22
1.3 <i>Considerações</i>	24
1.4 <i>Objetivo</i>	25
2. MATERIAIS E MÉTODOS	25
2.1 <i>Metodologia de estudo</i>	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1 <i>Estudo de viabilidade técnica para aproveitamento energético dos resíduos arbóreos...</i>	40
3.1.1 <i>Análise Técnica</i>	41
3.1.1.1 <i>Estimativa de Investimento (análise econômica)</i>	42
3.1.1.2 <i>Custos de partida da planta</i>	43
3.1.1.3 <i>Comercialização</i>	43
3.1.1.4 <i>Tipo de Combustível e custo</i>	44
3.1.1.5 <i>Processo de Geração de Energia</i>	44
4. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
APÊNCIDE A	52
APÊNDICE B	53

Fabricio Hernandez de Freitas, Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira, Julianno Pizzano Ayoub, Pedro Augusto Arroyo. **Estudo sobre a utilização das árvores inseríveis do município de Maringá-PR para geração de energia elétrica** — São Luís: Editora Pascal, 2022.

Resumo:

O resíduo proveniente da poda arbórea é uma biomassa lignocelulósica com potencialidade energética ainda não utilizada, pois a mesma é descartada em um terreno da Prefeitura as margens da rodovia. Este trabalho visa quantificar e caracterizar o potencial energético desta biomassa e estimar o potencial disponível para geração de energia elétrica. Maringá conta com uma equipe da prefeitura e uma empresa terceirizada de corte e destinação desta biomassa, gerando em média 20 toneladas/dia, cinco dias por semana, dando um total aproximado de 400 toneladas/mês deste resíduo, não contando com os galhos finos e folhas, que são triturados e utilizados nas hortas comunitárias para compostagem. Através da norma ABNT NBR 14929/2017 foram determinadas o teor de umidade do método por secagem em estufa. Com a biomassa utilizada no teste do teor de umidade medimos o poder calorífico superior (PCS) utilizando um calorímetro Parr 6200.

Palavras-chave: resíduos, biomassa, toneladas.

Abstract:

The residue from tree pruning is a lignocellulosic biomass with energy potential not yet used, because it is discarded in the City Hall along the side of the highway. This work aims to quantify and characterize the energy potential of this biomass and estimate the potential available for the generation of electricity. Maringá has a team from the city hall and an outsourced company-cutting and disposal of this biomass, generating an average of 20 tons/day, five days a week, giving an approximate total of 400 tons/month of this residue, without counting the thin branches and leaves, which are crushed and used in community gardens to compost. Through the ABNT NBR 14929/2017 standard, the content of moisture from the oven drying method. With the biomass used in the test of the content of Humidity measured the higher calorific value (PCS) using a Parr 6200 calorimeter.

Key-words: residue, biomass, ton.

1. INTRODUÇÃO

Maringá ainda vive o status de ser uma cidade bem arborizada, possuindo belos parques e avenidas, atraindo habitantes e turistas pela boa característica que ela apresenta, e até hoje usufrui desta iniciativa adotada há tempos atrás por seus idealizadores, sendo destaque entre muitas cidades do Brasil (SAMPAIO, 2006). Foram observados alguns problemas acarretados pela má gestão da biomassa residual das árvores em Maringá-PR, entre os quais foram ressaltados danos provocados nas calçadas e galhos interferindo a fiação (LOCASTRO; ANGELIS, 2015). É comum estes resíduos serem jogados em aterros e lixões por todo País. Esta biomassa se mistura com outros resíduos ali existentes contribuindo para a produção do biogás, que não sendo coletado, impacta o meio ambiente, uma vez que é composto em sua maioria por metano, sendo ele grande culpado pelo efeito estufa (CORTEZ, 2011). O desenvolvimento da cidade foi ocasionando um colapso nos viveiros do horto florestal, carecendo de mudas para atender a demanda da cidade, com isso a Prefeitura começou a comprar mudas de outras localidades para manutenção do seu viveiro (SAMPAIO, 2006). Maringá começou um plano de gestão e arborização urbana (PGAU) no ano de 2017, sendo finalizado em 2019 segundo dados da prefeitura. Isso mostra que mesmo uma das cidades mais verdes do País não tinha um plano de arborização, onde o mesmo irá identificar, analisar e catalogar as árvores do Município que estão tanto nos bosques, praças, ruas e avenidas. A prefeitura de Maringá-PR chegou a aproximadamente 124.000 árvores nas vias públicas de Maringá-PR. A estimativa foi feita por meio dos dados georreferenciados da COPEL e dos novos dados coletados pela Prefeitura Municipal para o SIG. Destas 124.000 árvores catalogadas pelo (PGAU, 2019) aproximadamente 20.000 delas estão condenadas pela prefeitura, sendo elas o objeto de estudo. No Brasil assim como em outros países, sobretudo nos que estão em desenvolvimento, os resíduos das podas de árvores urbanas via de regra vão para 16 lixões, colaborando para a produção do metano e contribuindo para a falência dos aterros. Contribuem também para a contaminação do solo, e conseqüentemente do lençol freático (CORTEZ, 2011). Por volta dos anos de 1950, mais de 50% da energia utilizada no Brasil derivava da madeira, e esta não era uma reserva peculiar do Brasil. Mais de metade da população mundial se favorecia desse mesmo bem energético predominantemente (LORA, 2000). O uso da madeira na forma de lenha foi considerado até há pouco tempo atrás um indício de atraso, não apenas financeiro, como também econômico, sua utilização por uma nação dava sinal de um povo atrasado (CORTEZ; LORA; GOMEZ, 2008). A probabilidade de dispersão de uma moléstia nas árvores mais resistentes é uma grande apreensão. Haja vista que pelo menos 40% das árvores de Maringá são Sibipirunas ou Tipuanas, isso pode provocar uma invasão mais severa, facilitando uma infestação (SAMPAIO, 2006).

Existem diversas rotas tecnológicas para se obter energia elétrica a partir da biomassa. Todas utilizam a conversão da madeira em um produto intermediário que será empregado a uma máquina motriz. Este equipamento irá produzir energia mecânica que acionará um gerador de energia elétrica. De modo geral, essas tecnologias são aplicadas em processos de cogeração, são gerados dois processos com o mesmo produto simultaneamente comumente usados pelo setor industrial (ANEEL, 2008).

O desenvolvimento de novas tecnologias altamente produtoras e eficientes para a utilização de fontes renováveis de energia, como é o caso da biomassa vinda das árvores são decisivas para minimizar os impactos ambientais, reduzir a quantidade de resíduos

secundários e, principalmente garantir a sustentabilidade do suprimento de energia, seguindo tendências futuras das demandas econômicas e sociais. Algumas dessas transformações resultam em fontes de energias renováveis, como a biomassa. (REIS et al., 2017)

A bioenergia proveniente da dendroenergia está entre as fontes renováveis com maiores probabilidades em termos de natureza, origem, tecnologia de conversão e produtos energéticos (EPE, 2006, 2007).

A dendroenergia é classificada como a energia alcançada a partir da biomassa da madeira, que corresponde por 87% da bioenergia consumida no mundo. O emprego desta biomassa como matéria-prima para produção de energia tem um potencial enorme, devido em grande parte pela sua abundância e uma gama enorme de utilização (SANTOS et al., 2016).

A biomassa florestal é uma das principais alternativas que o Chile poderia fazer para suprir a demanda de energia elétrica a longo prazo. Em uma simulação, onde o gerenciamento anual representa 5% da biomassa disponível, numa área de 37.000 h^a /ano, a energia atenderia à demanda de mais de 700 mil residências (ALTAMIRANO et al., 2015).

De acordo com Aguilar, Song e Shifley (2011) têm três tipos de água na madeira: a água livre ou de capilaridade, a água de adesão e a água de constituição.

A maioria, ou a maior parte da água livre, de acordo com Chen et al. (2012), é perdida após o corte da árvore por evaporação. Logo após, mais vagarosamente, a água de adesão será extinta até que a madeira atinja o equilíbrio entre a sua umidade e as condições externas de umidade relativa do ar, temperatura e convecção do ar. Neste momento, em que a madeira se estabiliza, sendo que ela não perde, nem retém água, é denominado umidade de equilíbrio da madeira.

Atualmente, a biomassa vem sendo empregada na geração de eletricidade, sobretudo nos sistemas de cogeração e no provimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica. No Brasil, a gigantesca superfície do território nacional, quase toda encontrada em regiões tropicais e chuvosas, oferece fantásticas condições para a produção e o uso da biomassa na geração de energia em larga escala (SILVA, 2014).

A Austrália poderia gerar pelo menos 50 milhões de toneladas de biomassa disponível todos os anos, vindas de manejo sustentável florestal e de resíduos decompostos. Com a ajuda tecnologias maduras de bioenergia já em uso em outros países, isso poderia fornecer mais do que 20% da energia primária do país para aquecimento, eletricidade e transporte. Modernas usinas a biomassa têm eficiência de conversão de combustível em energia de mais de 85%, comparando favoravelmente com os da Austrália condensação a carvão presente usinas e turbinas a gás (LANG et al., 2012).

O uso da biomassa florestal para a produção de energia elétrica apresenta diversas vantagens que produzem impactos econômicos, sociais e ambientais positivos. Uma estratégia relevante para o desenvolvimento e geração de eletricidade vinda da biomassa florestal é produzida usando resíduos ou subprodutos da indústria florestal, com base em plantações de espécies exóticas, sendo sua contribuição aproximadamente 2% da matriz energética nacional. As empresas geradoras foram forçadas a aumentar a participação de

até 5% ao ano antes de 2014, aumentando a taxa de 0,5% ao ano até atingir 10% em 2024 (ALTAMIRANO et al., 2015).

A partir de resíduos urbanos, florestais, industriais, resíduos de plantações, se pode obter inúmeros produtos, como licor negro¹, carvão vegetal e metanol. Com novas tecnologias de processamento e transformação adequadas para geração de energia elétrica e biocombustíveis (SANTOS et al., 2016).

No cenário de Novas Políticas, a bioeletricidade deve alcançar quase 1.600 TWh em 2040, a partir de uma geração em 2012 de 442 TWh, aumentando a participação de 9% para 12% na geração de base renovável mundial (TOLMASQUIM, 2016).

A Austrália deveria seguir o exemplo da Áustria, que tem área de terra aproximadamente de 1% da Austrália (grande parte abrangendo regiões urbanas e reservas alpinas). Áustria produz mais de 20 milhões de toneladas de biomassa como resíduos e resíduos para produção de energia. Em 2009, esse constituiu mais da metade dos 30% da energia primária que veio de fontes renováveis (LANG et al., 2012).

Deste modo, a utilização da biomassa vinda da madeira se mostra como alternativa promissora para reduzir, não só a dependência de fontes de energia não renováveis, assim como reduzir a emissão de gases agravadores do efeito estufa. Portanto a biomassa da madeira, ou dendroenergia vem agregar valor a este resíduo, que na maioria das vezes não é utilizado, gerando impactos negativos socioeconômicos e ambientais (SANTOS et al., 2016).

Mencionando exemplos do emprego de biomassa para fins energéticos em nível mundial, começando pelos países asiáticos, de acordo com Chen et al. (2012), na China estão sendo conseguidas avaliações quantitativas e análise de potencial de recursos de biomassa primária para a utilização da energia térmica.

No continente Europeu, Cosic, Stanic e Duic (2011) fizeram, na Croácia, um estudo de caso com a distribuição geográfica do potencial econômico da biomassa residual agrícola e florestal para o uso de energia elétrica.

Um dos principais atrativos da biomassa é que, apesar de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito espontaneamente, podendo produzir energia em fornos, caldeiras e outros meios que usem esta biomassa. Para aumentar a eficiência do processo e diminuir impactos socioambientais, surgindo tecnologias de conversão energéticas sendo aperfeiçoadas, como a gaseificação e a pirólise, utilizando em muitos casos a cogeração em sistemas que empregam a biomassa como geradora de energia. Já se tem estudos onde é possível ver que a biomassa está presente em 30% dos empreendimentos de cogeração em operação no País (ANEEL, 2008).

O Governo Federal surge neste cenário com uma série de incentivos visando ao aumento da participação da bioenergia no cenário energético nacional, com ênfase para os leilões de energia destinados às fontes alternativas. Desde 2004, com a reorganização acertada no setor elétrico nacional a participação da biomassa tem adicionado um importante avanço no setor, sendo que as políticas nacionais estabelecidas provocaram a diversificação da geração de energia elétrica, com isso a participação de um mercado

competitivo desvinculado juntamente com a necessidade do uso mais coerente da energia, contribuindo para a minimização dos impactos ambientais causados pelas fontes de energia elétrica mais usuais no Brasil (TOLMASQUIM, 2016).

A energia que deverá suprir as necessidades futuras do mundo, segundo Blanco-Canqui (2012), será a biomassa, não apenas a florestal, mas também outras fontes.

O uso da madeira para gerar energia elétrica ajuda a diminuir o atrelamento energético externo com maior garantia quanto ao suprimento da mesma, algo que muitos dos combustíveis hoje empregados não se adequam (BRITO, 2007).

Existe no Brasil 517 empreendimentos termelétricos movidos à biomassa em funcionamento, gerando uma potência instalada de quase 14 GW. A bioenergia produzida pelo bagaço de cana é o principal combustível de 394 termelétricas, com uma potência de aproximadamente 11 GW. Usinas Termelétricas movidas à lixo somam 17 empreendimentos, com 2,2 GW de potência (TOLMASQUIM, 2016).

Estudos mostram que nos EUA a quantidade anual de resíduos arbóreos chega por volta de 62% da demanda interna de produtos de madeira (ALFONSO et al., 2009).

Com menor frequência estão poucos lugares que usam a lenha de florestas energéticas, estando elas incluídas na categoria Resíduos Florestais, junto com empresas menores que consomem resíduos da atividade madeireira na forma de cavaco ou serragem.

Poucos alto-fornos do setor siderúrgico usam carvão vegetal junto com carvão metalúrgico visando diminuir o minério de ferro e empregam o gás vindo deste processo em altas temperaturas para geração elétrica voltada ao consumo próprio (TOLMASQUIM, 2016).

Apesar disso, há que estabelecer ações táticas, para que, no mínimo as condições já existentes permaneçam. Neste cenário não é recente o debate sobre a importância de ações que possam tornar cada vez mais concisa a utilização desta biomassa no cenário energético do País (BRITO, 2007)

Empreendimentos termelétricos de grande porte utilizando cavaco começaram a comercializar em 2018 e mantêm cerca de 500 MW médios até meados da década de 2040 (TOLMASQUIM, 2016).

A madeira, assim como seus subprodutos podem ser considerados os que passam por um procedimento mecânico ou químico para gerar energia. Estes mecanismos de conversão explicam quais formas a madeira pode ser aproveitada para a geração de energia elétrica. Entre os processos dendroenergéticos é importante ressaltar que a decorrência pode ser um combustível secundário ou a energia para o uso final (SANTOS et al., 2016).

Para se ter uma noção da importância da energia vinda da madeira a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) avalia que: Enquanto a geração prevista para os Sistemas Isolados, que são movidos a óleo diesel em 2018, é de 2,9 TWh/ano, a biomassa lenhosa residual poderia gerar 17,5 TWh/ano, ou seja, cerca de seis vezes a geração elétrica a diesel. Apesar do elevado potencial há que se observar que uma usina termelétrica a bio-

massa opera normalmente em regime constante, permitindo pouca variação de carga ao longo do dia, ao contrário da geração a diesel, que possui maior flexibilidade para acompanhar as variações na demanda dos consumidores. Como decorrência, avalia-se que em 2018 serão consumidos aproximadamente 800 mil m³ de óleo diesel para o abastecimento dos Sistemas Isolados (Geração própria das distribuidoras e de Produtores Independentes de Energia) (EPE, 2018).

A madeira utilizada para gerar energia é um produto de suma importância na geração de energia elétrica no Brasil, levando a crer que isso continuará sendo dominante, com a grande parte sendo consumida onde se usa carvão vegetal, sendo nos domicílios, indústria e setor agropecuário. Desta maneira ainda existe espaço extra para que esta biomassa possa agregar e propiciar mais oportunidades do seu uso energético, ainda pouco explorado, tanto em termos de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e políticas públicas.

No procedimento de secagem, o primeiro tipo de água a ser liberado para a atmosfera é a água livre, ocasionando perda de massa da madeira. Após a água livre ser removida da madeira tem-se o denominado ponto de saturação das fibras (PSF), variando em média entre 28% a 30% de umidade, e por último considera-se a terceira fase quando inicia-se a linha de evaporação da água e esta se restringe apenas ao centro do material, não havendo mais a água livre, atingindo assim o teor de umidade de equilíbrio (BRAZ et al., 2015).

Com os resíduos de podas de árvores da cidade de Belo Horizonte, pode-se atender uma unidade consumidora com consumo de até 10.499 MWh por ano, o que pode ser o consumo de uma indústria de grande porte no Brasil. (REIS et al., 2017).

O importante é que este resíduo seja tratado da maneira correta, fazendo dele um produto sustentável (CORTEZ, 2011).

Utta, Goepfert e Frey (2016) destacam alguns benefícios com a geração de energia a partir da queima da biomassa.

- Confiança no incremento e na independência na geração de energia elétrica.
- Possibilidade de gerar vapor para uso em outras finalidades industriais.
- Gerar energia perto dos pontos de consumo, sendo que as perdas na distribuição e geração ficam reduzidas.

A produção de madeira, no formato de lenha, carvão vegetal ou toras, geram grande quantidade de resíduos, que podem igualmente ser aproveitadas na geração de energia elétrica. Paraná e São Paulo se destacam como grandes potenciais para o aproveitamento destes resíduos proveniente principalmente da silvicultura para a geração de energia elétrica (ANEEL, 2008).

Num futuro breve vale citar que com as novas tecnologias de captura de carbono cada vez mais eficientes serão apresentados projetos de geração de energia através da biomassa com um balanço negativo em suas emissões, ou seja, acontecerá absorção de carbono da atmosfera (TOMASQUIM, 2016).

O grande diferencial da energia vinda desta biomassa em questão são os benefícios socioambientais no emprego deste resíduo, que além de serem biocombustíveis terem origem residual, ou seja, ao mesmo tempo que este resíduo gera energia elétrica evita-se a disposição inadequada destes materiais (TOLMASQUIM, 2016).

A construção das plantas e o processo de geração de energia, assim como o da biomassa devem ser rodeadas de cuidados fundamentais para não afetar a qualidade ambiental e socioeconômica, envolvendo fatores como a poluição hídrica, a qualidade de vida das pessoas que vivem próximas, assim como a preservação e cuidado com a flora e a fauna (EPE, 2018).

Na geração de energia elétrica vinda da madeira Reis et al. (2017) destacam a importância do poder calorífico.

O poder calorífico superior é a medida da quantidade de energia liberada pela combustão completa de uma unidade de massa ou volume do combustível, em forma de calor, podendo ser expresso em cal/g, kcal/kg, para os combustíveis sólidos, ou kcal/Nm³, para os combustíveis líquidos e gasosos.

É possível obter três formas de poder calorífico, ou seja, o poder calorífico superior, inferior e útil. O poder calorífico superior é determinado em equipamentos denominados calorímetros, sob condições controladas, e representa a quantidade máxima de calor que o combustível libera quando queimado totalmente, pois não é perdido o calor latente do vapor d'água.

O poder calorífico inferior é estimado a partir do poder calorífico superior e do teor de hidrogênio do combustível, ou seja, aqui se desconta o calor latente do vapor d'água. Cálculos teóricos das entalpias de formação da água retida no estado líquido e perdida no estado gasoso indicam que o calor latente do vapor d'água seria de aproximadamente de 600 cal/g. Essa quantidade de energia é perdida quando o vapor d'água sai do sistema.

De acordo com Altamirano et al. (2015) o poder calorífico superior (PCS), assim como seu potencial energético das biomassas analisadas não mostraram grandes diferenças entre elas dentro dos diferentes tipos de árvores analisadas. O valor médio observado entre elas ficaram por volta de 4.500 kcal.

Para o aproveitamento coerente e adequado da biomassa é indispensável conhecer as suas propriedades energéticas. Um bom parâmetro para se avaliar esta energia dos combustíveis é o poder calorífico, que pode ser determinado como a quantidade de energia na forma de calor desprendida durante a combustão completa de uma unidade de massa ou volume dependendo do material combustível analisado (PROTÁSIO et al., 2011).

A Tabela um a seguir mostra os valores obtidos por Protásio et al. (2011) para a obtenção do PCS de espécies vegetais analisadas em seus estudos.

Valores médios encontrados para o poder calorífico superior das biomassas analisadas (PROTÁSIO, 2011).

Tabela 1: Poder calorífico superior

Espécies	PCS (kJ/kg)	PCS (kcal/kg)
Maravalhas de eucalipto	19.129	4.572
Maravalhas de pinus	20.350	4.864
Maravalhas de cedro	19.899	4.756
Bagaço da cana de açúcar	18.874	4.511
Casca de arroz	16.162	3.863

Fonte: Protásio, 2011

Mesmo Maringá se destacando pelas árvores plantadas em ruas, parques e avenidas, e proporcionando a toda a população e aos visitantes uma sensação de bem estar, existem também os problemas causados pelas mesmas, devido em grande parte por se ter poucos profissionais envolvidos no plantio assim como na sua manutenção. Neste aspecto (BOVO; AMORIM, 2009) destacam:

- Grande número de árvores da espécie Sibipiruna e Tipuana que foram utilizadas para arborização das ruas e avenidas que foram plantadas de forma inadequadas, desrespeitando os padrões próprios para o plantio e a ausência de espécies nativas da floresta estacional semidecidual submontana;
- Loteamentos antigos não foram eficientes tanto no plantio das árvores quanto na largura das calçadas para o desenvolvimento das espécies;
- Deficiência na fiscalização no plantio de mudas nos novos loteamentos e cuidados com relação à manutenção, adubação e proteção dos troncos que acabam provocando a morte das espécies;
- Falta de conscientização dos moradores pelo poder público em virtude de substituição das espécies já existentes por outras, gerando graves problemas no ambiente urbano;
- Frequentes quedas de árvores antigas durante os vendavais, que não são repostas pelo poder público e nem pelos seus moradores;
- Falta de monitoramento dos plantios baseado em critérios técnicos científicos
- Falta de conscientização dos benefícios que estas árvores concedem à população maringaense.

O desenvolvimento urbano provoca desequilíbrio ambiental principalmente em cidades mais populosas, cujo gerenciamento dos resíduos sólidos torna-se um grande desafio. Em muitos municípios brasileiros ainda não existem aterros apropriados para o destino correto destes resíduos sólidos. Os resíduos de podas passam pelo mesmo problema, a dificuldade em ter um local adequado (VALE, 2016). Para o caso de Maringá-PR, na Figura 1 mostra a impermeabilização do solo, prejudicando de sobremaneira a árvore.

Figura 1: Impermeabilização do solo.



Fonte: Autor, 2019

Portanto, a falta de modelos competentes para a gestão dos resíduos de poda das árvores resultam em vários problemas sociais, econômicos e ambientais, resultantes da acomodação imprópria desses materiais. O gerenciamento incorreto destes resíduos tem implicado custos elevados para os municípios, sem contar com o comprometimento de grandes áreas físicas para destinação final, aumentando o risco de incêndio, assim como a degradação da paisagem, poluição do ar e da água (CHALUPPE, 2013).

Metodologia e dados específicos para a quantificação desses resíduos ainda são raros, dificultando o planejamento e uma gestão eficiente. Isso mostra e justifica a necessidade de investimento em pesquisas para um maior conhecimento dos mesmos, permitindo modelos de gestão que integre meios de prevenção e valorização desta biomassa, com retorno econômico, ambiental e social para os municípios (MEIRA, 2010).

Um planejamento adequado minimiza problemas, tanto na vegetação urbana, assim como o uso do solo nos aterros, amortizando danos futuros. Em contrapartida menciona que "A ausência de planos de gestão dessa biomassa leva ao aumento de práticas de manejo, como a poda e a remoção das árvores, feitas pelas Prefeituras e empresas de energia elétrica, principalmente pelo contato entre a fiação e o afloramento das raízes nas calçadas (MEIRA, 2010).

Os múltiplos benefícios da arborização das avenidas e ruas estão ligados à gestão e qualidade do seu planejamento. A arborização bem delineada é de vital importância, independentemente do tamanho da cidade, sendo muito mais fácil inserir quando se tem um projeto adequado. Caso isso não ocorra, esta biomassa será sempre inserida dentro de condições já existentes nas cidades. Para um adequado planejamento de qualidade da arborização de ruas, parques e avenidas de uma cidade, alguns parâmetros devem ser analisados (PIVETTA; FILHO, 2002).

A alternativa do uso da biomassa passa pelo conhecimento tecnológico da madeira, dando início em suas características físicas, químicas e mecânicas. Quanto maior a massa específica, mais dura é a madeira. Isso significa que quanto maior a dureza maior é a quantidade de biomassa por unidade volumétrica, o que é vantajoso na produção de energia elétrica (VALE; SARMENTO; ALMEIDA, 2005).

Uma probabilidade para o emprego da biomassa ocasionada pela poda, consiste na sua troca em energia térmica para uso industrial. Na maior parte dos municípios brasileiros, o destino desta energia dendroenergética gerado pela poda das árvores geralmente são destinadas a aterros ou lixões (MACCARINI, 2007).

Já nos aspectos socioambientais, uma das vantagens do uso da biomassa é o fato de ser uma energia renovável e que contribui para a diminuição das mudanças climáticas. Apesar da queima da biomassa gerar emissões de CO₂, entende-se que o carbono emitido é o mesmo que foi absorvido pela planta no processo de fotossíntese e, assim, o balanço é nulo. Um dos principais benefícios socioambientais da utilização da biomassa reside no fato da maior parte dos combustíveis terem origem residual, ou seja, ao mesmo tempo que se garante um maior aproveitamento dos recursos disponíveis, evita-se a disposição inadequada desses materiais (TOLMASQUIM, 2016).

O contexto em questão é de grande relevância para resolver uma pequena quantia da problemática ocasionada pelo destino impróprio dos resíduos de cidades brasileiras, além do fornecimento desta biomassa para produção de energia em indústrias regionais (MACCARINI, 2010).

O teor energético contido nas árvores estão associados essencialmente aos conteúdos de celulose e lignina contidos nesta classe de biomassa apresentando, em geral, baixa umidade e aceitando preferencialmente rotas termoquímicas de transformação para seu uso final, como nos sistemas de queima ou carbonização (NOGUEIRA et al., 2000).

Poucos municípios do Brasil, como Maringá (PR), consideraram a arborização urbana na idealização de seus espaços. Porém, a maioria das cidades não têm no plano diretor do município, um sistema apropriado de gerenciamento dos resíduos gerados pelas práticas silviculturais aplicadas ao conjunto das árvores plantadas (MEIRA, 2010).

Já existem projetos em andamento em Rondônia e Amazonas (PROJETO ENERMAD), Energia da Madeira, em que estão aproveitando resíduos gerados pelas árvores nestas regiões para produzir energia elétrica com pequenas usinas térmicas dando fim aos motores movidos a óleo diesel para geração de eletricidade para essas populações (VELAZQUEZ et al., 2014).

O projeto ENERMAD focou a geração de eletricidade em uma comunidade isolada e foi desenvolvido frente a essas questões sociais e ambientais. As comunidades isoladas se localizam nas regiões Norte e Nordeste do país, que concentram a maior parte das comunidades brasileiras sem acesso à rede de distribuição de energia elétrica, modelo de fornecimento de eletricidade do Brasil, baseado na geração de grandes blocos de energia conectados à rede de distribuição (VELAZQUEZ et al., 2014).

A poda das árvores da cidade de Pato Branco-PR daria pra gerar energia suficiente para produzir cerca de 5.000 t/mês de ração para uma indústria local. Essa biomassa pode ser utilizada na forma de cavacos em uma caldeira do tipo aquatubular de leito fluidizado (MACCARINI, 2007).

A participação desta biomassa na produção de energia elétrica sempre foi importante em alguns países. No caso do Brasil esta biomassa foi o primeiro combustível a ser intro-

duzido em usinas termelétricas, no ano de 1995. A geração de energia a partir de recursos dendroenergéticos chegou a 6,5 TWh, com potencia abrigada superior a 2 GW, representando 30% da energia térmica e 2,5% da energia total gerada no País (SCHURHAUS, 2007).

A biomassa é aceita por vários pesquisadores no ramo da energia elétrica como uma das mais importantes formas de se produzir energia, com novas tecnologias biotermelétricas se terá cada vez mais uma participação na oferta desta energia limpa (SCHURHAUS, 2007).

Durante vários anos os resíduos sólidos tiveram seu nome vinculado a subprodutos do processo econômico, sendo assim, a prioridade era apenas removê-los para longe de locais habitados. Junto com a aceleração da urbanização dos últimos tempos, esse volume de biomassa das árvores se intensificaram, aumentando os problemas ambientais que muitas vezes, são decorrentes da gestão imprópria por parte dos que governam (ANGELIS et al., 2007).

A reutilização e reciclagem de resíduos gerados pela arborização urbana podem ser de muito proveito, abrindo novos caminhos para um gerenciamento mais adequado (ANGELIS et al., 2007).

É comum as cidades se depararem com inúmeros problemas causados pelo seu crescimento desordenado, como a poluição do ar, das águas, a deficiência de infraestrutura básica, carência de áreas verdes e redução da qualidade de vida de seus moradores (BOVO; AMORIM, 2009).

O uso da madeira como fim energético passa por uma revolução conceitual, e isso se deve, sobretudo a dois fatores. Começa a se consolidar o julgamento de que o uso do combustível fóssil é uma prática simplesmente extrativista, uma exploração selvagem da natureza, não muito distante de quando os humanos colhiam seus alimentos nas árvores.

Nos tempos atuais este uso da biomassa está associado a técnicas sofisticadas de geração de energia, utilizando processos físicos e químicos destes insumos (CORTEZ et al., 2008).

De acordo com Bovo e Amorim (2009), todos os levantamentos relacionados às árvores urbanas realizados em Maringá-PR demonstram que desde o planejamento inicial, a cidade conta com uma arborização composta majoritariamente por árvores de porte médio e grande, algo que persiste até os dias de hoje.

Verifica-se que gradativamente existe uma substituição, feita de forma irregular (sem o consentimento da prefeitura), de espécies de médio e grande porte, por espécies arbustivas. Os plantios irregulares e mesmo a falta de uma predeterminação de espécies a serem utilizadas, vem formando uma miscelânea de espécies em vários logradouros (BOVO; AMORIM, 2009).

Esse fato é preocupante, pois grande variação de espécie por logradouro prejudica o planejamento, pois datas de podas, fenologia, sombreamento entre outros fatores também ficam variáveis, o que acarreta maiores custos, em especial para a manutenção.

Além disso, as espécies arbustivas não geram os mesmos serviços ambientais que as espécies arbóreas, prejudicando o bem-estar da população (PGAU, 2019).

É neste argumento, que as áreas verdes das cidades são importantes, pois atuam purificando o ar, fixando material em suspensão, fazendo fotossíntese e ajustando a umidade relativa do ar. Com isso mantém a permeabilidade, a fertilidade e a umidade da terra protegendo-a contra a erosão e diminuindo níveis de ruído (BOVO; AMORIM, 2009).

Os entraves econômicos são analisados em dois níveis. É preciso saber se a biomassa que pode ser explorada não tem usos mais econômicos, como industrial e alimentício. Depois, se todos os gastos com a biomassa usada são condizentes com os benefícios energéticos e confiáveis com os outros combustíveis (NOGUEIRA et al., 2000).

Na cidade de Pato Branco-PR, as 10.000 árvores existentes no município seriam suficientes para suprir a demanda energética anual de uma caldeira aquatubular de leito fluidizado em uma fábrica de ração animal que produz 60.000 t. de ração/ano (MACCARINI, 2007).

A biomassa pode ser encontrada nos vegetais não lenhosos, de vegetais lenhosos, como se mostra a madeira e seus resíduos, e também de resíduos orgânicos, nos quais, os resíduos agrícolas, urbanos e industriais. Podendo também obter esta biomassa dos óleos vegetais, por exemplo, mamona e soja (CORTEZ et al., 2008).

Uma alternativa promissora é a fabricação de briquetes. A partir de um processo mecânico que altera a biomassa em um material de formato regular devido a trituração e compactação, aumentando sua densidade e também poder calorífico por volume, sendo esta biomassa um material heterogêneo, seria importante para sua caracterização. São analisados alguns parâmetros que dão ao briquete: teor de umidade, a densidade, a granulometria, a análise imediata, poder calorífico, o teor de extrativos e o teor de lignina. Para se chegar a um combustível com maior eficácia e maior valor agregado, é necessário que o briquete ofereça um alto poder calorífico, densidade elevada, reduzido teor de cinzas, tendo uma boa resistência mecânica e estabilidade dimensional (NAKASHIMA, 2017).

Acompanhando a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que almeja diminuir o envio de resíduos para os aterros, o uso da biomassa vegetal da zona urbana para fins energéticos passou a ser uma escolha, que além de gerar energia enquadra-se a PNRS (SOUZA; ALENCAR; MAZZONETTO, 2016).

Este capítulo apresenta definições e critérios em vigência, assim como as classificações destes resíduos no Brasil, em decorrência da Política Nacional dos Resíduos Sólidos e suas normatizações. Constam neste trabalho publicações sobre a utilização da biomassa como fonte alternativa de energia, assim como métodos e tecnologias disponíveis para sua aplicação.

Na linha voltada à produção de energia elétrica a partir da biomassa utilizada das árvores existem tecnologias voltadas a processos físicos, como a produção de (péletes e briquetes), nos processos termoquímicos (combustão, pirólise e gaseificação), assim como processo biológico (digestão anaeróbica).

Complementando os processos termoquímicos foi visto tecnologias de incineração e também o ciclo a vapor modelo Rankine.

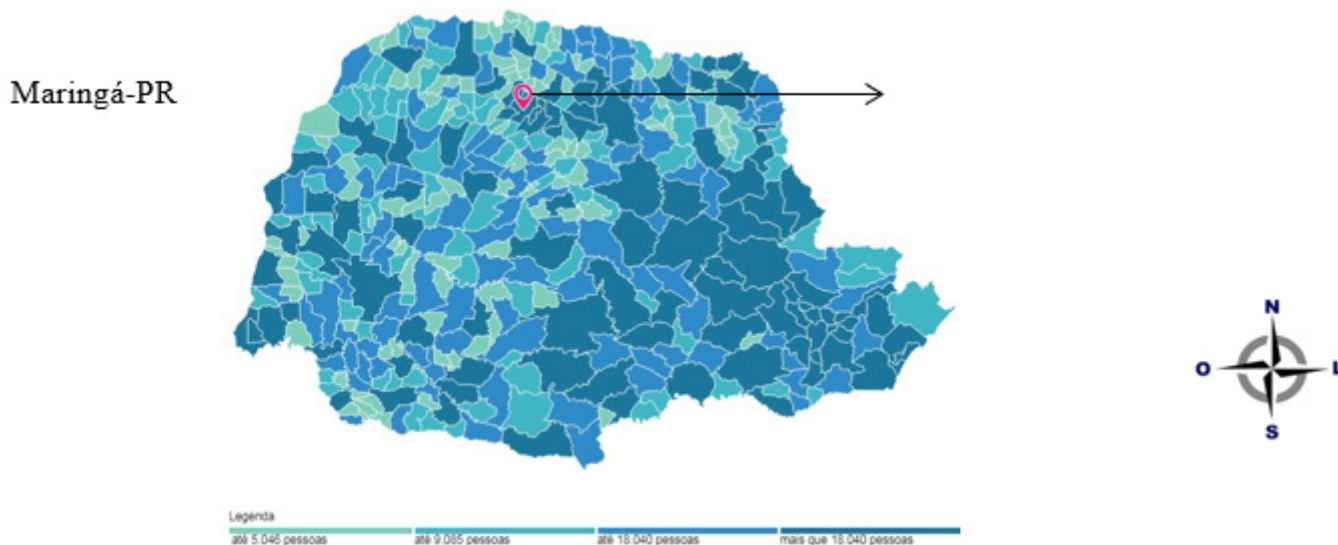
O levantamento sobre meios adequados de realizar a destinação destes resíduos para ser usado como energia na área industrial é de grande contribuição literária, haja vista que existe uma carência de análise sobre este assunto (MACCARINI, 2007).

Desta maneira o presente estudo foi realizado no município de Maringá-PR, tendo como foco debater os interesses do poder público em solicitar o ideal de cidade verde que resiste em Maringá fundamentada nas áreas verdes urbanas em questão. Sendo assim, buscou-se pesquisar a causa do marketing “Maringá Cidade Verde”, acompanhado das propagandas que veiculam nas mídias, dos quais adequou a imagem e o formato urbano, dos projetos que incentivam a especulação imobiliária, sobretudo a separação da cidade própria ao método de expansão da cidade, repetindo a fala voltada para a iniciativa empresarial (BOVO; AMORIM, 2009).

1.1 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos de Maringá-PR

Maringá está situada geograficamente a noroeste do Paraná, entre o paralelo 23°25' e o meridiano 51°57', num divisor de águas, sendo cortada pelo Trópico de Capricórnio. Formada por uma miscigenação étnica, Maringá conta com a predominância das colônias japonesa, alemã, árabe, portuguesa e italiana, que migraram de regiões do próprio estado do Paraná onde já estavam instaladas, proporcionando, assim, uma pluralidade cultural que se destaca com seus folclores e tradições. Maringá é polo de uma Região Macroeconômica que abrange 25 municípios (Astorga, Ângulo, Doutor Camargo, Floresta, Iguaçu, Itambé, Ivatuba, Mandaguçu, Mandaguari, Marialva, Maringá, Paiçandu, Sarandi, Atalaia, Bom Sucesso, Cambira, Florai, Flórida, Jandaia do Sul, Lobato, Munhoz de Mello, Ourizona, Presidente Castelo Branco, Santa Fé e São Jorge do Ivaí), com uma população de mais de 700 mil habitantes. A Figura 2 mostra o mapa do Paraná, e a Figura 3 mostra a região metropolitana de Maringá-PR.

A Figura 2 mostra o Estado do Paraná e a cidade de Maringá.



Fonte: IBGE (2018)

A Figura 3 mostra a região metropolitana de Maringá-PR.



Fonte: observatório das metrópoles (2018)

Maringá no ano de 2017 disponibilizou em seu site o plano de gerenciamento dos resíduos sólidos.

As informações deste documento foram fornecidas pela Secretaria Municipal de Serviços Públicos (SEMUSP).

Limpeza Pública

A varrição é realizada de forma manual e mecanizada, sendo os resíduos ensacados, armazenados nos equipamentos disponíveis para coleta e encaminhados para a célula sanitária de responsabilidade da Constroeste Construtora e Participações Ltda, onde são pesados e dispostos na vala para posterior aterramento.

Em 2016 foram recolhidos mais de 22 toneladas por dia de resíduos deste serviço (p. 135).

Capina e roçagem

- **Capina:** conjunto de procedimentos referentes ao corte, manual ou mecanizado, da cobertura vegetal rasteira considerada prejudicial e que se desenvolve em vias e logradouros públicos, bem como em áreas não edificadas, públicas ou privadas, abrangendo eventualmente a remoção de suas raízes e incluindo a coleta dos resíduos resultantes;
- **Roçagem:** conjunto de procedimentos relativos ao corte, manual ou mecanizado, da cobertura vegetal arbustiva considerada prejudicial e que se desenvolve em vias e logradouros públicos, bem como em áreas não edificadas, públicas ou privadas, abrangendo a coleta dos resíduos resultantes. Na maioria dos casos, a atividade de roçada acha-se diretamente associada à de capina, sendo geralmente executada preliminarmente a esta, de modo a remover a vegetação de maior porte existente no trecho a ser capinado.

A SEMUSP possui 47 funcionários para a realização do serviço capina e roçagem. Estes serviços ocorrem na área da sede urbana e distritos, e os resíduos gerados dessas atividades são coletados e destinados à célula sanitária de responsabilidade da Construtora e Participações Ltda. Por tanto esse serviço, na parte da destinação final, tem um custo específico relacionado com o aterro. (p. 139).

Poda e corte de árvores

A poda e o corte de arvores na cidade de Maringá ocorrem através de solicitações da população protocoladas na ouvidoria municipal pelo Sistema 156. O setor responsável é a gerência de podas e remoções pesadas. No ano de 2016, foram abertos 5.092 de solicitações de podas e remoções de árvores, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Tipo de solicitação atendida pela prefeitura de Maringá-PR

TIPO DE SOLICITAÇÃO	QUANTIDADE
Solicitação de Poda de Galhos	2097
Remoção de árvores sem parecer	2197
Remoção de árvores com parecer	798
TOTAL	5092

Fonte: SEMUSP, 2016.

Sendo dada prioridade ao corte das árvores que, por exemplo, interferem na sinalização do trânsito, dificultam a iluminação pública, apresentam risco de queda por estarem no final de suas vidas úteis ou por apresentarem problemas fitossanitários (pragas e doenças) e os galhos invadem as fachadas das edificações. Para este serviço são disponibilizados 87 funcionários, 11 caminhões, 4 Kombis e 35 motosserras.

Parte do serviço de poda e remoção é realizada através de contratos de prestação de serviços, sendo que a empresa Copel também atua na poda, especificamente na área que envolve a rede de eletrificação.

Quanto a esse ponto, tem sido constatado que inúmeras vezes os resíduos de poda da COPEL devem ser retirados pelas equipes da administração Municipal, o que termina onerando o serviço público municipal, haja vista que o adequado seria que a remoção também fosse realizada pela mesma empresa. (p. 141).

Conforme visto neste trecho do Plano Municipal de Gestão de Resíduos, a Prefeitura não deu informação com o que faz com a poda das árvores de Maringá, este documento diz que é preciso esperar o plano diretor de arborização.

O estado do Paraná não possui nenhuma lei específica que trate os resíduos de poda urbana, segundo informação obtida via telefone. Foi dito que este tipo de resíduo é monitorado e dado sua destinação conforme governo municipal, dentro de suas normas, leis e diretrizes.

1.2 Plano de Gestão da Arborização Urbana de Maringá-PR

O Plano de Gestão de Arborização Urbana (PGAU, 2019) é constituído pelo conjunto de métodos, medidas e diretrizes a serem adotadas para o gerenciamento, planejamento e monitoramento da arborização urbana, para melhoria do manejo, expansão e conservação das árvores em áreas públicas urbanas do município de Maringá-PR, contemplando um horizonte de atuação de vinte anos, e deverão ser atualizados a cada cinco anos.

Diante de inúmeras espécies encontradas em Maringá, duas se destacam pelo tamanho, assim como pela idade avançada das espécies, sendo elas:

1.2.1 Características das duas espécies de maior porte em Maringá

- Nomes Populares: Tipuana, amendoim-acácia. (EXÓTICA)
- Nome Científico: *Tipuana Tipu*
- Sinonímia: *Machaerium fertile*, *Machaerium tipu*, *Tipuana speciosa*.
- Família: Fabaceae
- Categoria: Árvores, Árvores Ornamentais
- Clima: Mediterrâneo, Subtropical, Temperado, Tropical
- Origem: América do Sul, Argentina, Bolívia
- Altura: Acima de 12 metros
- Luminosidade: Sol Pleno
- Ciclo de Vida: Perene

A tipuana é uma árvore decídua e florífera, de copa ampla e densa, que já foi largamente utilizada na arborização urbana tanto no Brasil como em outros países. Algumas cidades, como São Paulo, Porto Alegre e Maringá teriam uma paisagem bem diferente sem

suas tipuanas ladeando as ruas e parques.

No entanto, atualmente têm sido desprezadas em favor de outras espécies devido ao seu porte avantajado, raízes agressivas e à fragilidade de sua madeira, que é mais propícia a quebras e cupins, principalmente nos indivíduos mais velhos e sem manutenção adequada.

O tronco da Tipuana apresenta casca cinzenta escura, de superfície rugosa e fissurada, que é excelente para a fixação de plantas epífitas como orquídeas, bromélias e samambaias. As folhas são grandes, opostas, imparipinadas (quando o número de folíolos é ímpar), compostas por numerosos folíolos longos e verdes. A floração como mostra a Figura 4 ocorre no final do inverno e na primavera com numerosas flores alaranjadas com uma pequena mancha marrom na base, que lembram também as flores do pau-brasil, entre outras fabáceas. Os frutos são do tipo vagem, indeiscentes e alados.

No paisagismo, a tipuana é ideal para cultivar em grandes espaços, por ser uma árvore bela e frondosa. Seu crescimento é considerado rápido e admite podas.

Não convém utilizá-la na arborização de calçadas, estacionamentos, residências e canteiros centrais, devido às características especificadas no primeiro parágrafo. No entanto, é possível e interessante seu plantio em amplos parques e praças, a uma distância segura de construções e pavimentações.

Deve ser cultivada sob sol pleno, preferencialmente em solo fértil, profundo, enriquecido com matéria orgânica e irrigado regularmente no primeiro ano de implantação. Aprecia o calor e a umidade tropicais, mas é capaz de tolerar o frio.

Multiplica-se facilmente por sementes, que não necessitam tratamento especial para germinar. A Figura 4 mostra a florada da Tipuana.

Figura 4: Florada da Tipuana



Fonte: Jan Smith (2018).

- Nomes Populares: Sibipiruna, Coração-de-negro, Sebipira. (NATIVA)
- Nome Científico: *Caesalpinia pluviosa*
- Família: Fabaceae
- Categoria: Árvores, Árvores Ornamentais
- Clima: Equatorial, Subtropical, Tropical
- Origem: América do Sul, Brasil
- Altura: Acima de 12 metros
- Luminosidade: Sol Pleno
- Ciclo de Vida: Perene

A sibipiruna é uma árvore semidecídua, de rápido crescimento e florescimento ornamental. Nativa da mata atlântica, ela é uma espécie pioneira ou secundária inicial, ou seja, é uma das primeiras espécies a surgir em uma área degradada. Seu porte é alto, podendo atingir de 8 a 25 m de altura. O tronco é cinzento e se torna escamoso com o tempo, seu diâmetro é de 30 a 40 cm. A copa é arredondada, ampla, com cerca de 15 m de diâmetro. Suas folhas são compostas, bipinadas, com folíolos elípticos e verdes. No inverno ocorre uma queda quase total das folhas, que voltam a brotar na primavera.

A floração vista na Figura 5 ocorre de setembro a novembro, despontando inflorescências eretas e cônicas, do tipo espiga e com numerosas flores amarelas que abrem gradativamente da base em direção ao ápice. Os frutos que se seguem são do tipo legume, achatados, pretos quando maduros e contêm cerca de três a cinco sementes beges, também achatadas, em forma de gota ou elípticas. A dispersão ocorre pela ação do vento. A Figura 5 mostra a florada da Sibipiruna.

Figura 5: Florada da Sibipiruna



Fonte: Mauro Guanandi (2018).

1.3 Considerações

A partir do que foi apresentando anteriormente, pode-se dizer que são produzidos uma média de 400 t/mês de resíduo de poda urbana, não contando com os galhos mais finos e folhas que são triturados e usados nas hortas comunitárias.

Com esses dados foi visto que é possível obter uma biomassa lenhosa de alto poder calorífico, podendo gerar energia elétrica para casas da cidade de Maringá-PR, conforme será mostrado no decorrer deste trabalho.

1.4 Objetivo

- Fazer uma análise técnica de quantas casas, em média, seria possível abastecer com a geração de energia produzida pela usina termelétrica.
- Avaliar o potencial energético para a geração de energia elétrica através da biomassa vinda das árvores.
- Buscar opções de venda desta energia em forma de créditos, ou em forma de matéria prima para indústrias que necessitem desta biomassa em Maringá- PR.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Metodologia de estudo

Este estudo foi desenvolvido na cidade de Maringá-PR, cidade localizada no noroeste do Estado do Paraná com população estimada em 417.000 habitantes de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), e segundo informação do plano de gestão e arborização urbana (PGAU, 2019), a cidade conta com aproximadamente 130 mil árvores adultas plantadas.

A realização deste trabalho se deu a partir de uma pesquisa de campo realizada entre dezembro de 2018 e setembro de 2019. Foram realizadas coletas mensais da poda das árvores. Foi utilizado para esta pesquisa as duas espécies arbóreas mais abundantes da cidade, com aproximadamente 30% de todas as árvores do município, sendo estas a Sibipiruna (*Caesalpineia peltophoroides*) e Tipuana (*Tipuana tipu*), além de outras espécies existentes na cidade (PGAU, 2019).

O material coletado para este estudo vem de uma empresa terceirizada pela prefeitura, onde utilizam motosserras para o corte das árvores. Para facilitar o transporte dessa biomassa, os galhos mais finos e as folhas são triturados no local através de um triturador acoplado no caminhão de coleta para facilitar o transporte e acelerar o processo de compostagem desta biomassa. Os galhos finos juntamente com as folhas são cortados e colocados manualmente no triturador que lança a poda já triturada na caçamba do caminhão que irão servir de compostagem para as hortas comunitárias.

O expediente de produção para uma usina de geração de energia elétrica através da biomassa é de 24 horas por dia, durante 330 dias por ano, totalizando 7920 horas produtivas. Os 35 dias restantes são utilizados para manutenção da planta, período em que não há produção. A usina, como esta de pequeno porte conta com quatro operadores e

quatro auxiliares revezando em turnos de oito horas durante as 24 horas/dia de operação da usina.

O modelo de uma pequena central termelétrica escolhido para este estudo de caso foi a do ciclo a vapor (Rankine), dando uma destinação ambientalmente correta para a biomassa e gerando energia elétrica com o resíduo que é descartado na pedreira Municipal de Maringá-PR. Este mesmo modelo foi utilizado com sucesso em seus estudos por (CORTEZ, 2011), (VELAZQUEZ et al, 2014) e (MACCARINI, 2010) por se mostrar eficiente e ter tecnologia nacional, vindo ao encontro das necessidades locais que precisam de uma usina de pequeno porte.

A empresa responsável pela poda e destinação das mesmas tem um cronograma para cortar até 10 árvores por dia, de acordo com o responsável da empreiteira, o senhor Lori Massolim. Ele estima que a empresa coleta cerca de 400 toneladas/mês de biomassa, somente dos galhos troncos grossos, não contando com galhos finos e folhas.

A Universidade Estadual de Maringá não possui triturador que consiga triturar este tipo de material, sendo assim, foram coletados os cavacos que saia diretamente da motosserra, pois os mesmos saiu aptos para medir o teor de umidade de cavacos de acordo com a ABNT (NBR 14.929/2017). Foi coletado em média um quilograma de amostra de cada espécie arbórea.

Por utilizar os cavacos que saiu diretamente da motosserra para se determinar o teor de umidade do cavaco da madeira não foi encontrado nada parecido na literatura até este momento.

O cavaco que foi utilizado neste trabalho é coletado dentro do cesto, como mostram as Figuras 6 e 7. O cesto é içado com o operador para começar cortar a árvore. A coleta da amostra sai diretamente do cesto devido à praticidade e também por não haver contato com o solo.

Figura 6. Operador sendo içado



Fonte: Autor, 2019.

Toda vez que outra espécie arbórea era cortada, e a mesma fosse usada no trabalho, o cesto era limpo, para que não fosse contaminado por outra espécie vegetal. Conforme pode ser observado na imagem do cesto, às vezes caem pedaços maiores dos galhos,

sendo assim foi usada uma peneira para a retirada dos mesmos.

Figura 7. Cavaco dentro do cesto



Fonte: Autor, 2019

Figura 8: cavaco depois de peneirado.



Fonte: Autor, 2019

Logo após de ser peneirado, o armazenamento desta biomassa era feito em uma embalagem plástica zipada conforme mostrado na Figura 9.

Depois de coletadas as amostras e colocadas na embalagem plástica, as amostras eram levadas para o laboratório, onde eram armazenadas em geladeira para manter a umidade para correta conservação das mesmas.

Figura 9: Embalagem com fechamento tipo zip



Fonte: Autor, 2019

Com as amostras que foram armazenadas no laboratório foi realizado o procedimento para darmos início na determinação do teor de umidade de cavacos – método por Secagem por Estufa conforme (ABNT) 14 929.

As cápsulas de porcelana antes de serem usadas para colocar os cavacos são aquecidas em estufa por vinte minutos + ou - a 103 °C para perder umidade. Depois disso, as mesmas vão para o dessecador até perder temperatura suficiente para serem pesadas antes de colocar a amostra do material (cavacos). Conforme ABNT NBR 14 929.

Para determinar o teor de umidade das amostras foi colocado por volta de 50 gramas em cápsulas de porcelana. A amostra é pesada em uma balança BEL modelo Mark 2200, com capacidade máxima de 2200 gramas e mínima de 0,5 gramas com variação de 0,1 grama.

Para medir a determinação do teor de umidade de cavacos (método por secagem em estufa) foi utilizada a ABNT NBR 14.929/2017.

Esta norma especifica o método para determinação da umidade (quantidade de água) de cavacos por secagem em estufa.

Sendo:

Teor de umidade

- Relação da massa da água de uma amostra e sua massa original antes da secagem em estufa a (105+-2) °C até massa constante.

Massa constante.

- Massa de uma amostra após a secagem à temperatura específica até que a diferença entre as duas pesagens sucessivas não exceda 0,5 g.

Aparelhagem

- Balança com capacidade mínima de 1 kg e sensibilidade de 0,1 g.
- Estufa sem circulação forçada de ar, capaz de manter a temperatura em (105±2) °C.
- Dispositivo para pesagem, por exemplo, de alumínio, vidro ou porcelana.

Preparação para o ensaio

- Colocar os cavacos em recipiente fechado para prevenir a perda de umidade, logo após a amostragem.

Procedimento

- Pesar o recipiente vazio após secagem em estufa e anotar a sua massa.
- Transferir cerca de 50g de cavacos para o recipiente, pesá-lo novamente e anotar a massa do recipiente e seu conteúdo.
- Colocar o recipiente e seu conteúdo na estufa mantida a (103±2) °C por um período de 16 h a 24 h.
- Retirar da estufa, esfriar em dessecador, pesar novamente o recipiente e seu conteúdo e calcular a massa da amostra seca.
- Colocar o recipiente e a amostra novamente na estufa e deixá-los secar por um período adicional de duas horas. Pesar novamente o recipiente e seu conteúdo após resfriamento.

Expressão dos Resultados

Calcular o teor de umidade de cavacos por meio da equação (1);

$$U = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100$$

Sendo que:

U é o teor de umidade, expresso em porcentagem (%);

M_1 é a massa do recipiente de secagem seco em estufa a (105±2) °C, expressa em (g);

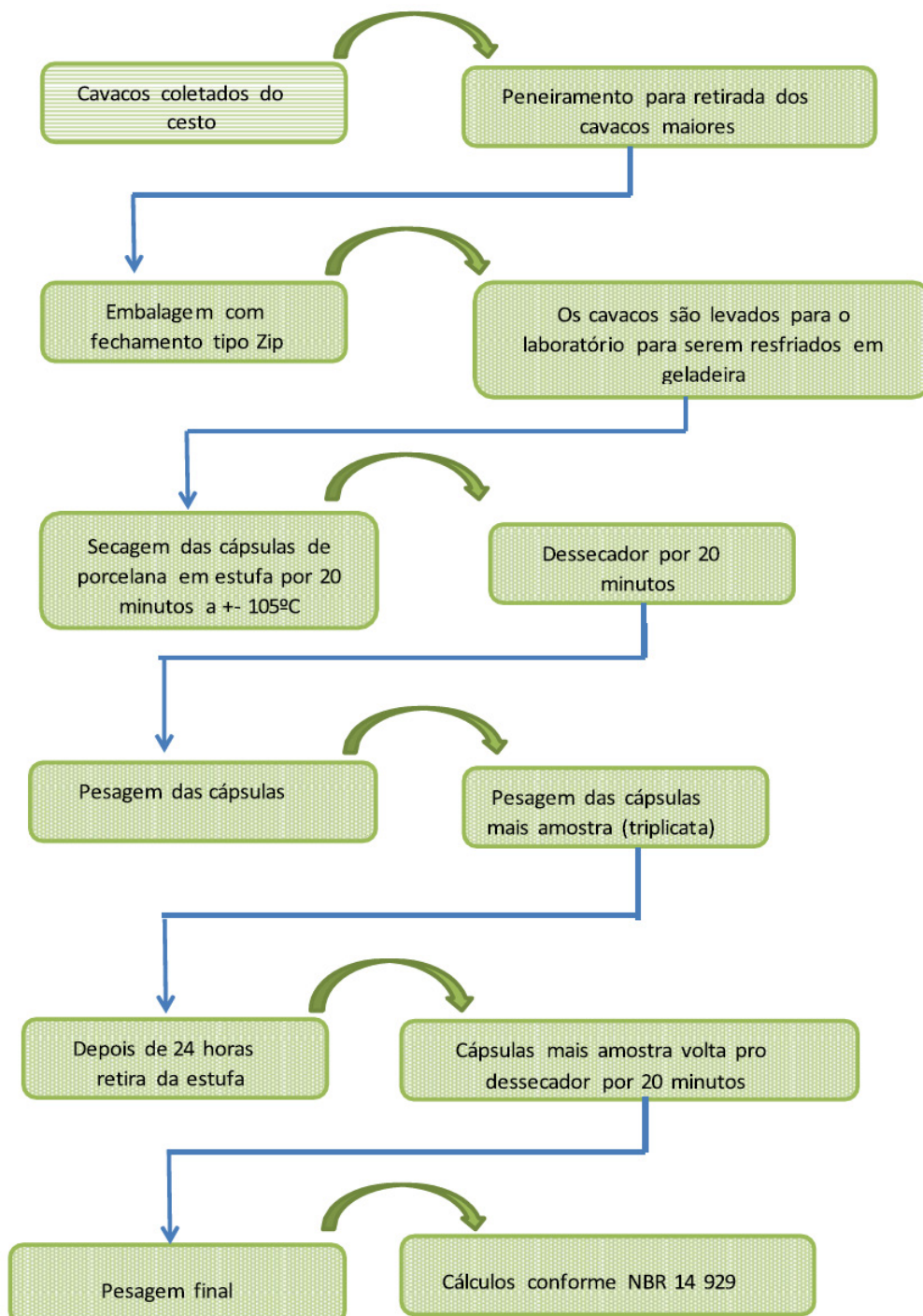
M_2 é a massa do recipiente com a amostra antes da secagem, expressa em gramas (g);

M_3 é a massa do recipiente com a amostra após a secagem, expressa em gramas (g).

De acordo com (DONATO, *et al*, 2015) A metodologia mais satisfatória para determinação do teor de umidade da madeira em cavacos por secagem em estufa é o estabelecido de acordo com a norma da ABNT NBR 14929 (ABNT, 2017), também chamado de método gravimétrico ou da estufa.

A Figura 10 mostra o fluxograma do processo de secagem da amostra e seu teor de umidade.

Figura 10: Fluxograma do processo de obtenção do cavaco para medir o teor de umidade de acordo com NBR 14 929.



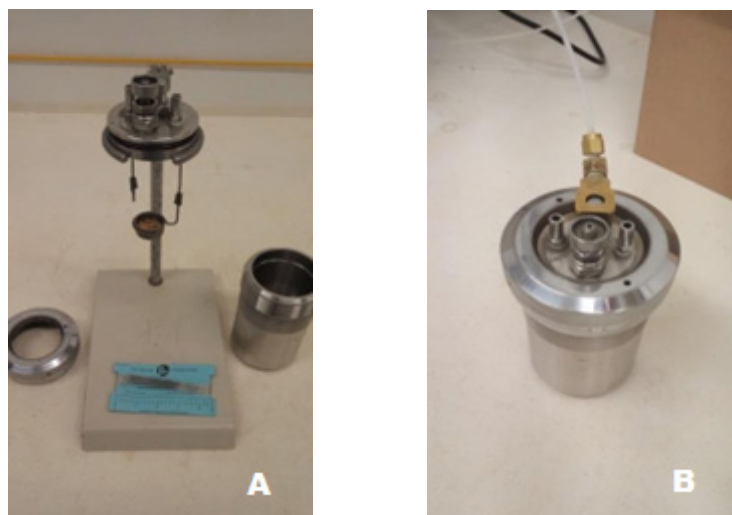
Fonte: Autor, 2019

Após a determinação do teor de umidade das amostras, iniciaram-se as análises em laboratório, nas dependências do Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP), na Universidade Estadual de Maringá-PR, para determinar o (PCS). Antes, porém, foi realizada a determinação do teor de umidade de cavacos – método por Secagem por Estufa conforme as normas da ABNT (NBR 14 929). Com a amostra desidratada em estufa por 24 horas, que é o prazo máximo permitido pela norma, procedeu-se ao teste do poder calorífico superior utilizando-se o cavaco como amostra no calorímetro PARR 6200, existente no COMCAP.

A metodologia para utilização do Calorímetro PARR 6200 é descrita a seguir.

- Pesar de 0,50 a 1 g da amostra em cápsula metálica, previamente tarada em balança analítica.
- Coloque a cápsula com amostra no eletrodo e instalar o fusível metálico, de 10 cm, entre os eletrodos da bomba. O fusível deve ter contato com a amostra, mas não deve tocar na cápsula.
- Fechar bem a tampa da bomba e a válvula de liberação de gases. Por ser o equipamento todo automático, apenas acionar a entrada de oxigênio por meio do visor.
- Colocar 2 L de água destilada no recipiente oval do calorímetro, fazendo em seguida a imersão da bomba. A temperatura da água deve estar entre os valores mensuráveis nos termômetros, preferencialmente próximo ao limite inferior de suas escalas. Ligue o eletrodo que se comunica à fonte de energia e feche o circuito.
- Fechar o calorímetro observando se os termômetros estão corretamente posicionados Abaixando e ligando o motor que faz a água circular.
- Ajuste a temperatura da água externa do calorímetro com a da interna, esperando até que o equilíbrio térmico dos dois termômetros seja mantido. O ideal seria que às temperaturas da água do calorímetro e do recipiente externo fossem iguais, para que realmente houvesse uma condição adiabática. Mas como na prática essa coincidência de temperaturas exige muito tempo, aceita-se uma amplitude de até 0,1°C.
- Após cerca de 7 a 8 minutos, a bomba terá oxidado completamente a amostra, interrompendo automaticamente o processo de combustão, o que é indicado por um sinal sonoro e a emissão do resultado no visor digital e a imediata impressão do resultado, por meio da impressora acoplada ao equipamento (quando houver);
- Após esse processo, levantar os termômetros e abrir o calorímetro. Em seguida, desconecte os eletrodos da bomba e retire-la do recipiente com água, tendo cuidado para não perder muita água entre uma troca e outra de bombas;
- Retirar o excesso de pressão da bomba abrindo a válvula cuidadosamente. Remover os restos de fusível metálico que não tenham sido corretamente oxidados; As Figuras 11A e 11B mostra a bomba calorimétrica com a amostra, e depois recebendo o oxigênio.

Figuras 11A e 11B: Bomba calorimétrica desmontada e bomba calorimétrica recebendo oxigênio



Fonte: Autor, 2019

Para obter o poder calorífico inferior (PCI) é utilizado o calor latente de vaporização da água a 20 °C, que é 585 Kcal/Kg. Embora a maioria dos autores adote para o cálculo do poder calorífico inferior o valor de 600 Kcal/Kg. Assim chamando de "W" a água que aparece nos produtos da combustão para cada Kg de combustível de (PCS), o poder calorífico inferior será assim conforme a equação $P_{ci} = P_{cs} - 600 \times W$ (OLIVEIRA E LOBO, 2001).

No decorrer deste trabalho foram feitas curvas de secagem utilizando o cavaco vindo da poda das árvores da Maringá-PR.

Para fazer a curva de secagem deste trabalho foi utilizado o mesmo pó de serra que foi usado para medir o teor de umidade, assim como medir o poder calorífico superior. Foram feitas três medidas de cada amostra coletada com temperatura fixa de 40 °C, 50 °C e 60 °C em estufa sem entrada de ar forçado.

Foi colocado aproximadamente cem gramas de cada espécie arbórea em um recipiente de alumínio para ser desidratada na estufa nas temperaturas mencionadas. A perda de massa foi acompanhada por pesagens periódicas de todas as amostras até que o peso da amostra se estabilizasse.

Para a curva de secagem foram escolhidas algumas espécies arbóreas de grande porte da cidade de Maringá-PR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores apresentados nos Quadros a seguir mostram a determinação do teor de umidade em cavacos – Método por secagem em estufa seguido a norma da ABNT (NBR 14929, 2017) das amostras coletadas mensalmente das espécies mais abundantes de Maringá-PR, assim como a causa que levaram estas árvores a serem cortadas da cidade.

Existem outros métodos e equipamentos para determinar o teor de umidade da madeira, dentre eles os medidores elétricos, tanto com princípio resistivo quanto capacitivo.

Esses métodos providenciam a resposta instantânea do teor de umidade da madeira, entretanto não fornecem dados com certa margem de credibilidade para todas as classes de umidade, sendo seu uso indicado para intervalos de umidade entre 7 e 30%. Esses aparelhos são indicados para superfícies planas, o que dificulta suas análises para madeira em tora. Neste trabalho, na pesquisa de campo se coletou apenas cavaco, sendo assim não poderia optar pelas metodologias citadas acima (MORESCHI, 2005).

O método de determinação do teor de umidade utilizando a estufa é o método mais exato, sendo assim é utilizado como padrão para calibrar outras técnicas (RODRIGUES, 1999).

Os quadros serão anexados no apêndice B, apenas o quadro com os resultados do primeiro mês será apresentado a seguir, mostrando a média do teor de umidade dos cavacos das amostras coletadas mensalmente.

Quadro 2: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE DEZEMBRO DE 2018.

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14 929/2017 (9 amostras)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTE DAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	36	FUNGO NO CAULE
Tipuana	Exótica	33	INTERFERENCIA NA FIAÇÃO
Ipê	Nativa	37	VENTO
Ficus	Exótica	40	ESTOUROU A TUBULAÇÃO DE ESGOTO (SANEPAR)
Jacarandá mimoso	Nativa	42	INTERFERÊNCIA NA FIAÇÃO
Sete copas	Exótica	46	RISCO DE QUEDA DESDE 2010

Média de chuva no mês de dezembro de 2018 em Maringá: 140,7 (mm) Temperatura média de dezembro em Maringá: 27,5°C
 Dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Maringá. (ECPM)(DGE. DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA).

Fonte: Autor, 2018

O quadro 3 mostra as espécies em maior número de indivíduos e densidade relativa das principais espécies verificadas na cidade de Maringá de acordo com o Plano de Gestão da Arborização Urbana (PGAU, 2019).

Quadro 3: Nomes das espécies, indivíduos e densidade relativa.

Nome Vulgar	Quantidade de Indivíduos	Densidade Relativa (%)
Sibipiruna	17.538	41
Oiti	7.638	17
Ipê-roxo	5.152	12
Tipuana	3.244	7
Alecrim	1.965	4
Falsa-murta	1.907	4
Aroeira-chorão	1.729	4
Grevílea	1.290	3
Ipê-branco	1.099	2
Pata-de-vaca	1.029	2
TOTAL	42.591	100

Fonte: Adaptado de PGAU, 2019

É possível verificar a alta densidade de *Poincianella pluviosa* (sibipiruna) prevalecendo ainda em Maringá. Outro destaque é o crescimento da densidade de *Licania tomentosa* (oiti) em todos os setores. (PGAU, 2019). No decorrer de dez meses de coleta para a elaboração desta dissertação não foi possível coletar amostra de algumas espécies que são comuns em nossa cidade conforme podemos observar neste quadro acima. As árvores: Oiti (*Licania tomentosa*), Falsa-murta (*Murraya paniculata*), Aroeira-chorão (*Schinus Molle*) e pata-de-vaca (*Bauhinia variegata*) embora sejam frequentes, são árvores de pequeno-médio porte, podendo chegar por volta de quatro metros de altura em média, estas dificilmente serão cortadas.

Estas árvores de pequeno porte não atrapalham a fachada dos comércios, não causam problemas com a fiação elétrica, não correm riscos de queda com vento e chuva, além de não causar danos a tubulação subterrânea de água e esgoto, juntando todos esses fatores, estas árvores possuem pouca matéria orgânica, o que seria irrelevante para o estudo de geração de energia elétrica vinda da biomassa arbórea de Maringá. A única exceção vista neste período de coleta de árvores de pequeno-médio porte é a árvore Ficus, que geralmente são cortadas devido a problemas relacionados às suas raízes, que acabam danificando as tubulações subterrâneas.

A grevílea é uma árvore de grande porte, mas geralmente estão em parques ou plantadas no meio do canteiro central de algumas avenidas de Maringá. Foi raro encontrá-las em calçadas, o que acaba não atrapalhando o entorno, assim como seu crescimento.

O plano de arborização catalogou 132 espécies, considerando arbóreas, arbustivas e palmeiras, na arborização de vias públicas de Maringá, sendo a maioria inserida por meio de plantios irregulares, realizados sem autorização da prefeitura. Estima-se que essa quantidade de espécies seja ainda maior, principalmente se forem computadas espécies utilizadas no interior de praças (PGAU, 2019).

É possível observar através das Tabelas que a umidade perdida através da metodologia proposta pela NBR 14 929 nas amostras coletadas durante todo ano permaneceram praticamente iguais em todas as amostras analisadas.

A determinação do teor de umidade utilizando estufa é o método mais preciso dentre os vistos na literatura, sendo assim é usado como padrão para calibrar outras técnicas. O único empecilho dessa análise usando a estufa é a demora do processo, que pode acabar danificando parte do material analisado (RODRIGUES, 1999).

Para o aproveitamento coerente e adequado da biomassa é indispensável conhecer as suas propriedades energéticas. Um bom parâmetro para se avaliar esta energia dos combustíveis é o poder calorífico, que pode ser determinado como a quantidade de energia na forma de calor desprendida durante a combustão completa de uma unidade de massa ou volume dependendo do material combustível analisado. (PROTÁSIO et al., 2011).

Foram feitas as análises do poder calorífico superior (PCS) com o calorímetro PARR 6200 do COMCAP. A Tabela 2 a seguir mostra os valores médios encontrados neste equipamento. As análises foram feitas no decorrer do ano de 2019. Foram feitas três análises, todas sendo em triplicata das amostras mostradas na Tabela 2.

Tabela 2. Poder Calorífico Superior e Inferior

Espécies	PCS (kJ/kg)	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
Canelinha	18.861	4.505	3.905
Sibipiruna	17.588	4.201	3.601
Ipê	19.008	4.540	3.940
Jacarandá Mimoso	18.329	4.378	3.778
Tipuana	18.074	4.317	3.717
Sete Copas	18.283	4.367	3.767
Ficus	18.463	4.410	3.810
Leucena	17.521	4.185	3.585
Acácia	16.504	3.942	3.342

Fonte: Autor, 2019

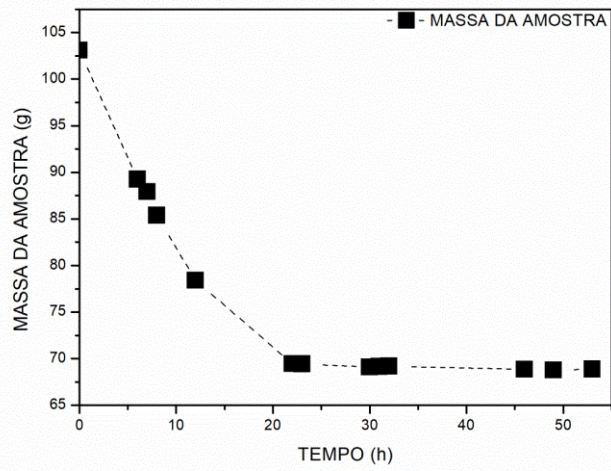
O poder calorífico superior (PCS) das espécies arbóreas analisadas de Maringá-PR mostram que elas têm praticamente os mesmos valores de biomassa que já são utilizadas no Brasil para queima e geração de energia elétrica, como podemos observar na Tabela 1 de PROTÁSIO, 2011. O PCS é um excelente parâmetro para se mensurar a energia desprendida de combustíveis de biomassa

As curvas de secagem obtidas para as amostras de Sibipiruna, Tipuana, Ipê e Jacarandá Mimoso analisadas em diferentes temperaturas são mostradas nas Figuras 12 abc para Sibipiruna, 13 abc para Tipuana, 14 abc para Ipê e 15 abc para jacarandá Mimoso.

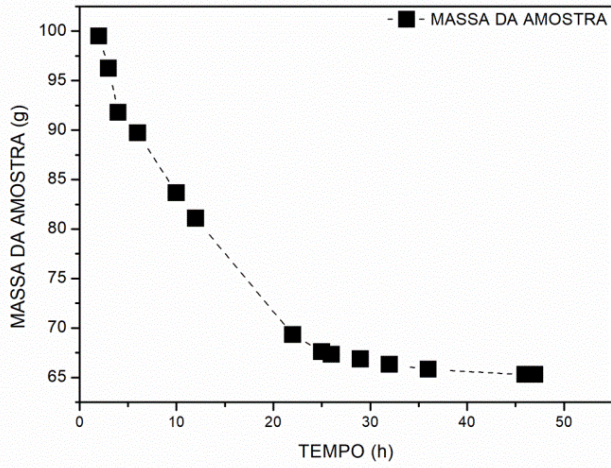
Para a curva de secagem foram escolhidas algumas espécies arbóreas de Maringá-PR. Os gráficos seguintes mostram as curvas de secagem em suas respectivas temperaturas.

Figura 12. Curva de secagem da amostra de Sibipiruna a (a) 40°C, (b) 50°C e (c) 60°C.

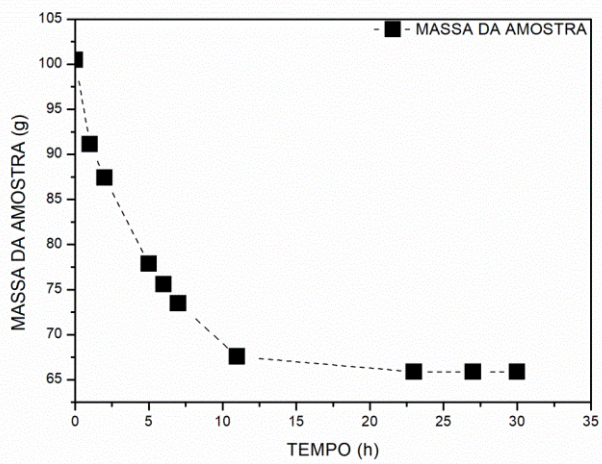
(a)



(b)



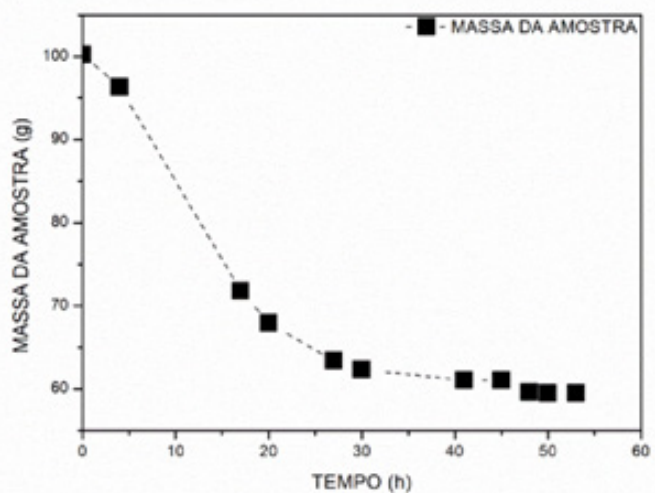
(c)



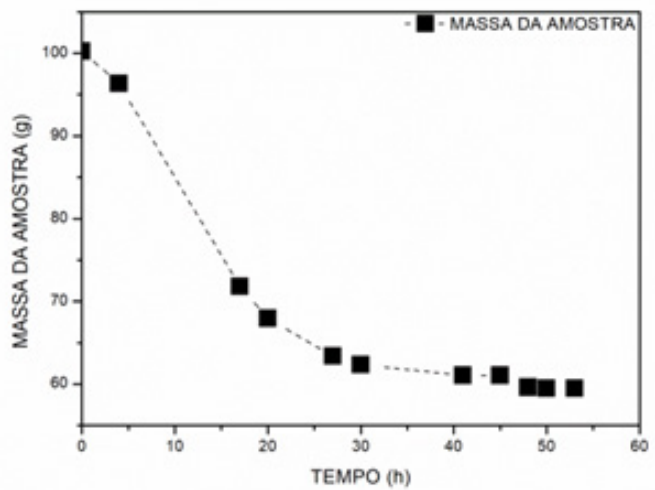
Fonte: Autor, 2019

Figura 13. Curva de secagem da amostra de Tipuana a (a) 40°C, (b) 50°C e (c) 60°C.

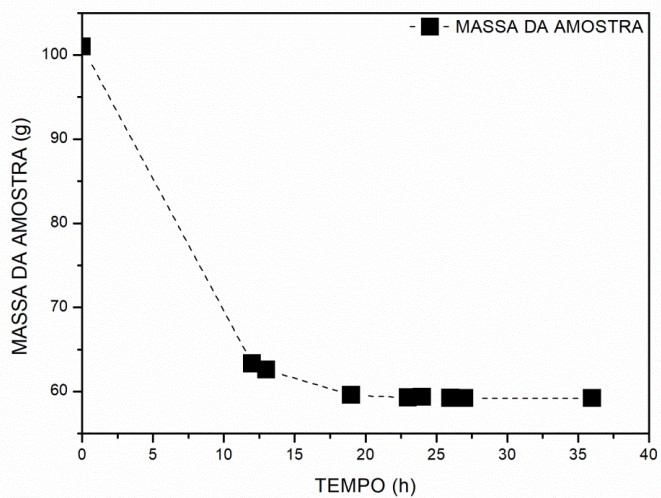
(a)



(b)



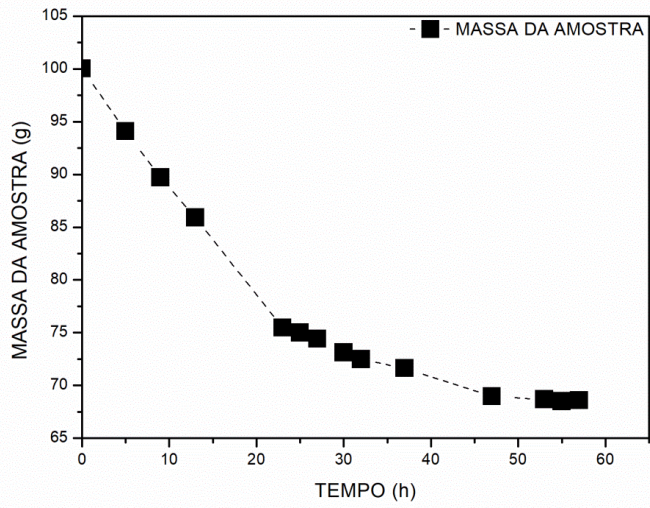
(c)



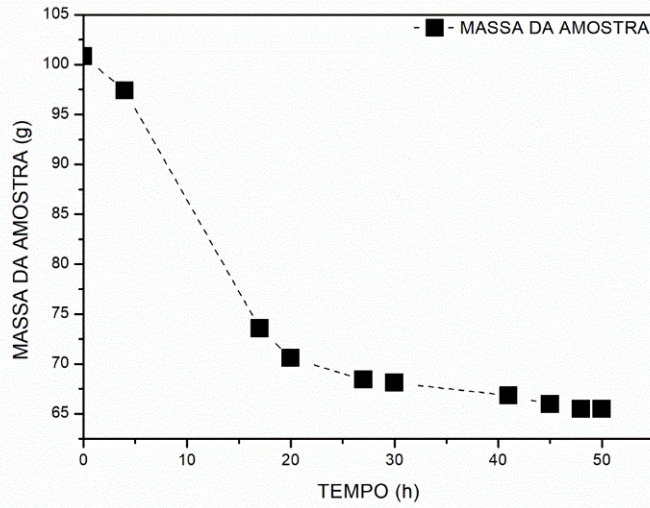
Fonte: Autor, 2019

Figura 14. Curva de secagem da amostra de Ipê a (a) 40°C, (b) 50°C e (c) 60°C.

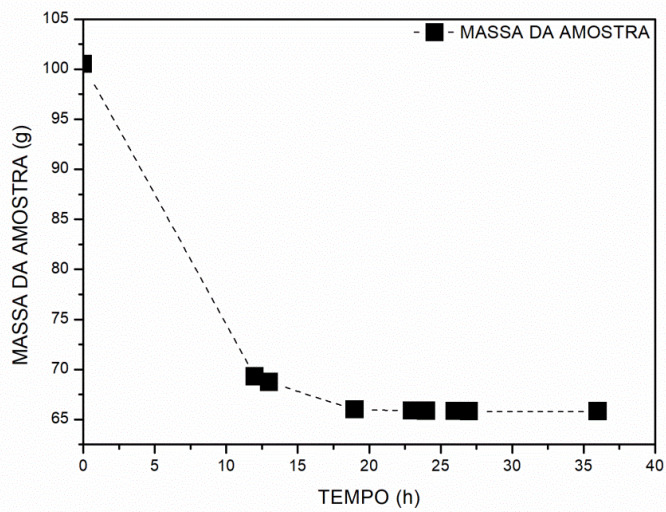
(a)



(b)



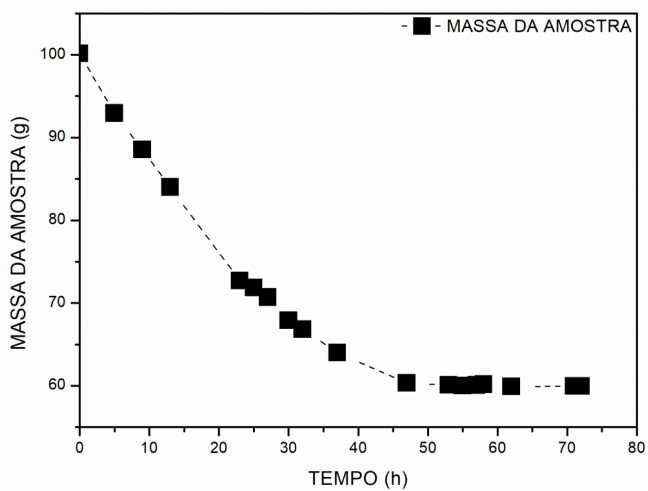
(c)



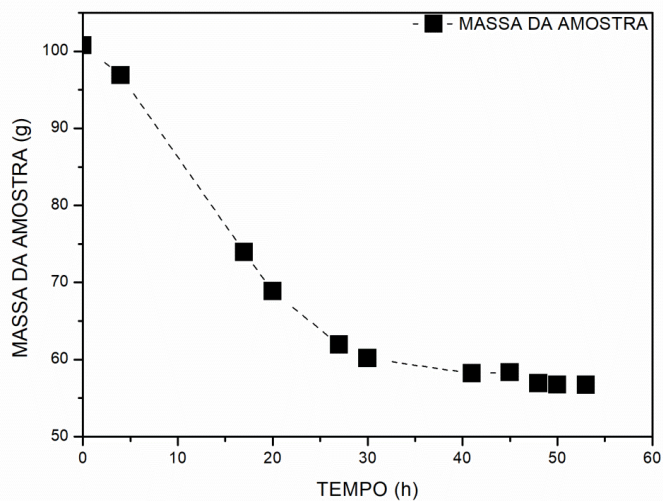
Fonte: Autor, 2019

Figura 15. Curva de secagem da amostra de Jacarandá Mimoso a (a) 40°C, (b) 50°C e (c) 60°C.

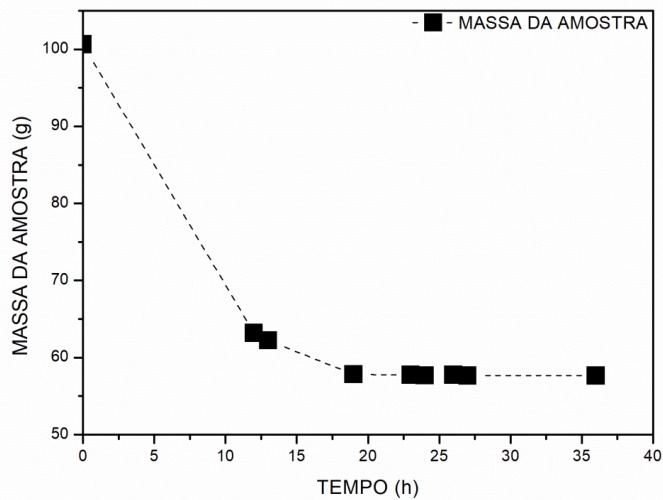
(a)



(b)



(c)



Fonte: Autor, 2019

Foi possível observar através das análises obtidas que as curvas de secagem feitas no laboratório de todas as espécies avaliadas ficaram bem próximas umas das outras no tempo de secagem até estabilizar a massa das mesmas.

Pesquisas relacionadas à curva de secagem em madeira geralmente são feitas para toras, lâminas e também corpo de provas, sendo difícil achar na literatura um trabalho em pequena escala de massa como este.

Como a finalidade deste trabalho é aquecê-la para gerar energia através da queima, esses dados são importantes do ponto de vista do poder calorífico, que ficam próximos uns dos outros. De acordo com as curvas de secagem observou-se uma semelhança de comportamento entre elas, podendo afirmar que o processo de secagem adotado foi eficaz, expressando valores estimados próximos do teor de umidade feito em cavacos, utilizando a ABNT 14.929.

As amostras dos cavacos se comportaram de forma análoga no processo de secagem.

No processo de desenvolvimento da madeira, a análise termogravimétrica é de grande valia devido ao gasto energético necessário neste processo, onerando o custo de produção. Portanto, este procedimento quando aplicado perfeitamente confere às peças melhor estabilidade dimensional, trabalhabilidade, redução de risco de ataque de agentes biodegradadores e redução nos defeitos às peças e produtos procedentes da madeira (ANJOS et al., 2011).

O presente estudo sobre viabilidade técnica faz uma junção entre a geração de resíduos vindos da poda das árvores nas vias públicas de Maringá, assim como seu destino final, onde o mesmo poderá gerar energia elétrica a partir da secagem e combustão.

3.1 Estudo de viabilidade técnica para aproveitamento energético dos resíduos arbóreos

Este estudo visa avaliar tecnicamente o aproveitamento dos resíduos vegetais do corte das árvores de Maringá-PR, visando à geração de energia elétrica para o suprimento de casas de baixa renda.

Foram montados três cenários para este estudo, sendo dois principais, e um terceiro, visando à comercialização da biomassa. Todos os cenários mostrados neste trabalho foram pensados considerando os funcionários da prefeitura como parte da mão de obra, por isso não foi mensurado os salários. Para todos os cenários mostrados, se trabalhou com a possibilidade da prefeitura de Maringá-PR realizar a coleta e transporte da poda, não sendo por isso, realizados cálculos com salários e mão de obra para estas atividades.

O primeiro cenário estudado foi para que a Prefeitura instalasse a usina termelétrica e realizasse toda a poda e retirada de todas as árvores condenadas na cidade, transportando todo o resíduo até o local de descarte, que é a pedreira do município. Este é o local mais indicado para instalação da usina, devido ao fato das podas das árvores serem ali

depositadas.

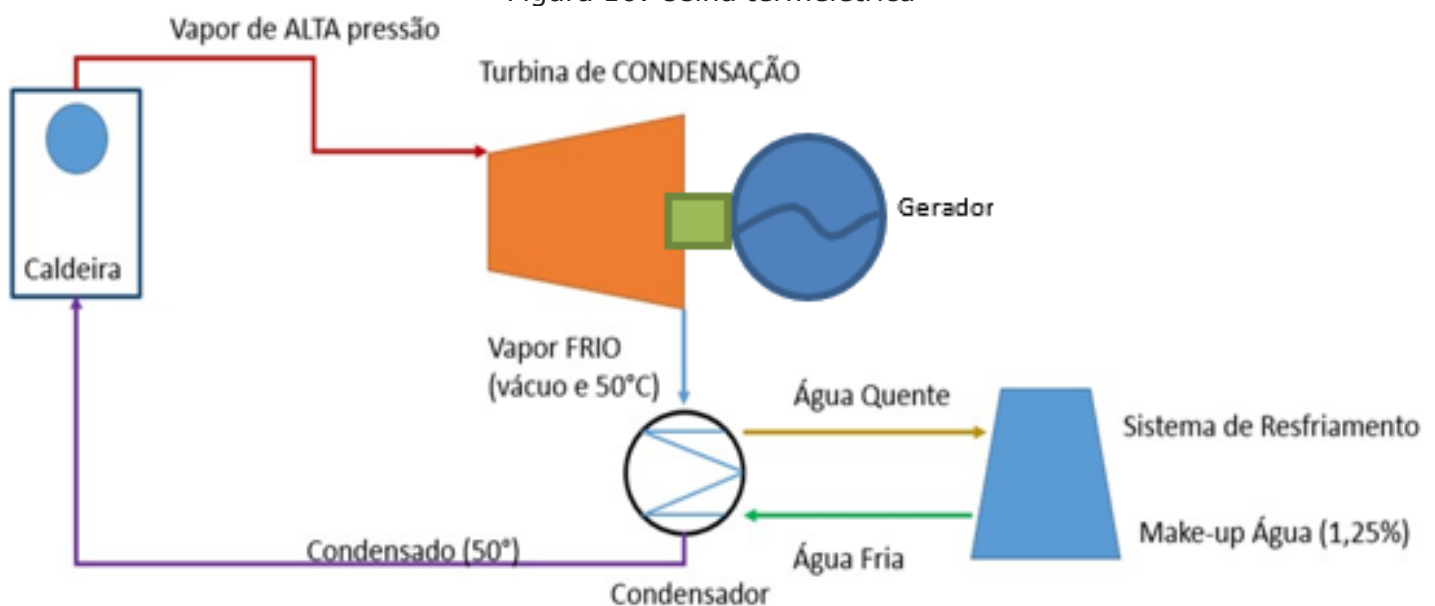
O segundo cenário seria a realidade atual, onde a prefeitura de Maringá terceiriza a maioria do serviço de poda das árvores. O custo anual para este serviço fica em torno de R\$ 5.000.000,00 conforme dados disponibilizados no site da prefeitura.

Finalmente, o Cenário 3, seria aquele no qual ocorreria a venda do material triturado pela prefeitura que, caso optasse por uma atuação mais simples neste processo e não quisesse investir em uma usina termelétrica completa. A venda deste cavaco teria como destino a cooperativa de Maringá-PR. Esta cooperativa se mostrou interessada na compra, onde o mesmo seria vendido a R\$ 100 a tonelada.

3.1.1 Análise Técnica

O ciclo a vapor (Rankine2) leva em consideração a instalação de uma planta termoeétrica composta pelos seguintes equipamentos: caldeira; turbina de condensação; gerador; condensador e sistema de resfriamento conforme mostra a Figura 16.

Figura 16: Usina termelétrica



Fonte: A1 Engenharia

Com a quantidade disponível de biomassa conforme dados apresentados anteriormente com dados de um fabricante de caldeira, selecionou para este projeto uma caldeira com vazão de até 1,6 t/h de vapor, pressão de 27 bar, temperatura do vapor saturado de 228 °C e temperatura de 340 °C para o vapor superaquecido.

De acordo com a quantidade de vapor produzido na caldeira foi escolhido uma turbina a vapor de baixa pressão (6 a 22 bar) e baixa temperatura (de 300 a 320 °C) com potencia de até 300 kW.

3.1.1.1 Estimativa de Investimento (análise econômica)

Os custos referentes à central termelétrica, assim como os sistemas, montagem, obras civis, instalação, transporte e mão de obra foram feitos pela empresa *A1 Engenharia*. No levantamento dos investimentos iniciais não foi considerado custos com terreno, projeto de engenharia e licenciamento, devido ao fato de serem obrigatórios a qualquer projeto de engenharia. Sabe-se que se a própria prefeitura de Maringá for à investidora da usina termelétrica, a mesma possui áreas disponíveis que podem ser usadas para a instalação da central, e uma delas é a pedreira, onde ela descarta os resíduos de poda. A pedreira municipal possui: portaria; energia elétrica; banheiros; escritórios; cerca; galpão e pá carregadeira.

A Tabela 3 são valores expressos em Reais para a instalação completa da usina termelétrica na pedreira Municipal de Maringá.

Tabela 3. Valores dos componentes da usina

-Itens	R\$
- Tratamento de Água	75.000,00
- Caldeira	1.750.000,00
- Interligações (Vapor e Condensado)	200.000,00
- Skid Geração de Energia	2.025.000,00
- Conexão com Concessionária	300.000,00
- Civil (Incluindo Barracão)	450.000,00
- Triturador Lippel PTL 300/600	200.000,00
- TOTAL (R\$)	5.000.000,00

Fonte: *A1 Engenharia*, 2018

A receita da usina foi obtida por meio da comercialização dos créditos produzidos com a energia elétrica produzida. As despesas anuais consideradas foi apenas a depreciação do equipamento, que segundo Cortez, (2011) fica em torno de 5%.

Não foram calculados os custos do transporte da biomassa, sendo que os resíduos de poda são transportados pela prefeitura ou pela empresa que presta esse serviço, sendo assim é um valor que não onera o projeto, da mesma forma que não foi considerado o valor da biomassa produzida com a poda.

Sabendo que a usina foi projetada para trabalhar 24 h/dia foi usado um valor médio da taxa de depreciação de 5% ao ano, baseada na vida útil de 20 anos para os equipamentos, podendo estes chegar a 25 anos (CORTEZ, 2011).

3.1.1.2 Custos de partida da planta

Para todo início de operação de qualquer projeto se faz necessário investir em capacitação dos envolvidos no processo, além de reservar capital para possíveis perdas de rendimento. No caso da usina termelétrica seria necessário treinar os operadores, assim como os ajudantes. Porém não seria preciso reservar capital para possíveis perdas de rendimento, haja vista que a prefeitura sendo a encarregada de gerir o combustível, e sendo que só iria comercializar o que gerasse de energia, essa reserva monetária não precisaria ocorrer no decorrer do processo.

3.1.1.3 Comercialização

Para a comercialização da energia produzida foi utilizada a modalidade de Geração Distribuída (GD).

A (GD) é o sistema em que o consumidor pode gerar a própria energia e também comercializar seu excedente para a rede de distribuição local, dentro dos âmbitos e regras estabelecidas pelo mercado livre de energia. No sistema de GD as fontes utilizadas para geração de energia são renováveis ou de grande eficiência energética (biomassa, solar, hidráulica, eólica, etc.).

Segundo as novas regras estabelecidas pela Resolução 687/2015 da ANEEL, que começaram a vigorar em 1º de março de 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (kW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Quando produz mais energia o consumidor fica com créditos, podendo ser utilizados para diminuir nas faturas seguintes. Essa mesma energia pode ser usada para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora (COPEL). Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado "autoconsumo remoto".

Ressalta-se que a energia injetada na rede de distribuição por central geradora, classificada como micro ou minigeração, não será comprada pela Copel (COPEL, 2019).

Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.

A ANEEL criou ainda a figura da "geração compartilhada", possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

Portanto o sistema de GD surge como uma opção para empresas que ainda não alcançam o limite para entrar no Mercado Livre de energia elétrica. Hoje, podem negociar energia livremente aqueles consumidores que têm demanda contratada maior ou igual a 500 kW.

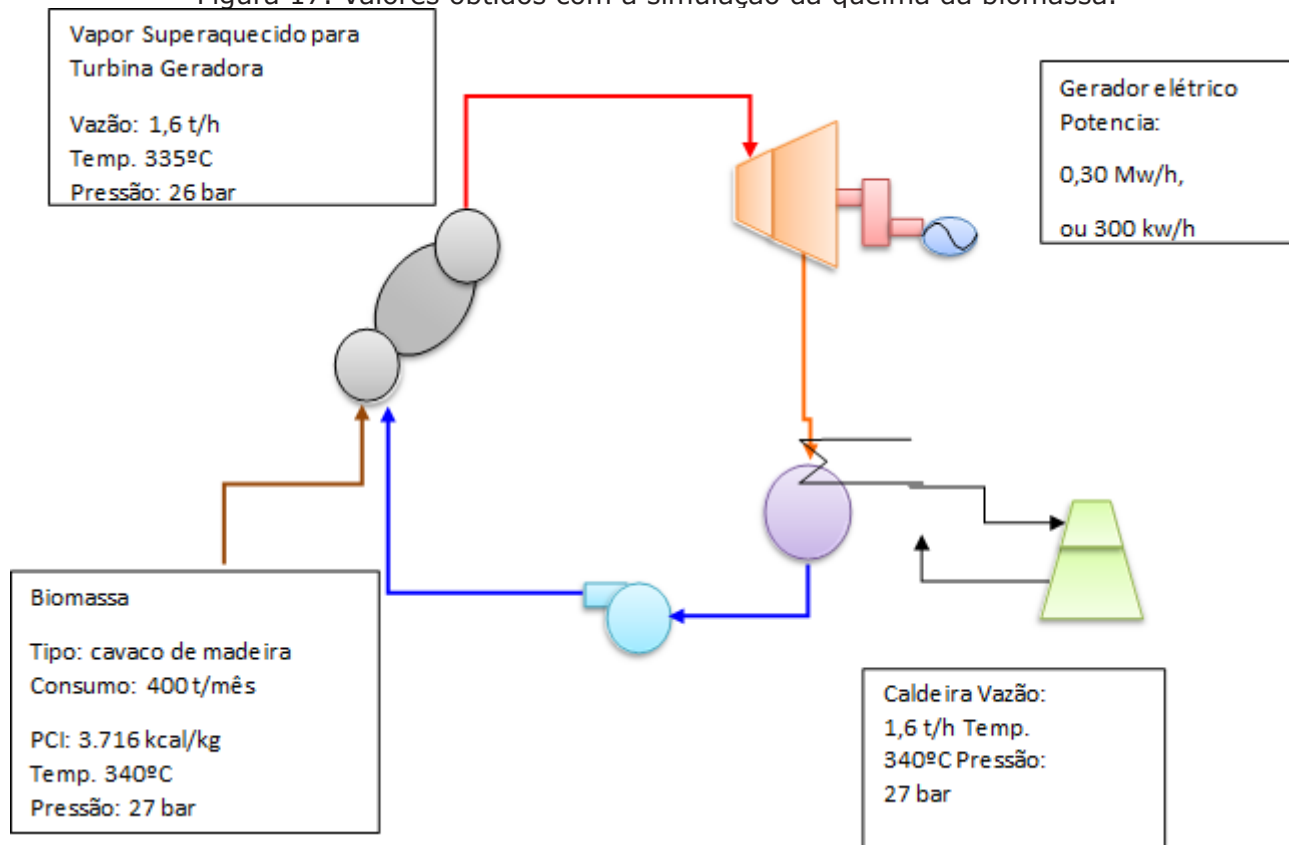
3.1.1.4 Tipo de Combustível e custo.

O combustível utilizado nesta central termelétrica foi o cavaco triturado vindo da poda das árvores do município de Maringá. Hoje, se fosse utilizado esse cavaco o custo seria elevado, já que a prefeitura tem que terceirizar o serviço de corte da maioria das árvores. A viabilidade financeira deste projeto seria de grande proveito se os servidores municipais conseguissem absorver a demanda das árvores que estão condenadas em Maringá, que passam de 20.000 indivíduos.

3.1.1.5 Processo de Geração de Energia

Com base nas informações de consumo de vapor no processo (caso aplicável), e na disponibilidade de combustível, é possível definir a potência de geração. Os cálculos apresentados nesta planta e o dimensionamento do equipamento, assim como os valores obtidos com a queima da biomassa das árvores de Maringá-PR podem ser vistos na Figura 17.

Figura 17. Valores obtidos com a simulação da queima da biomassa.



Fonte: A1 Engenharia



A Companhia Energética do Paraná (COPEL) conforme dados disponibilizados na sua página virtual, assim como via e-mail informou que não compraria a energia gerada nesta usina termelétrica por ser inferior a 5 MWh, Dessa forma a energia será comercializada na modalidade de geração distribuída conforme citado anteriormente neste projeto. A Tabela 4 a seguir mostra o cenário número um. Mostra como seria a venda dos créditos desta energia produzida para as residências.

CENÁRIO 1

Tabela 4. Receita de venda dos créditos obtidos na geração de energia pela usina

Geração de energia	Turno de 24h	Valor pagono kW/h	Total diário	Mensal	Energia produzida em onze meses
300 kW/h	7.200 kW/h	R\$ 0,79	R\$ 5.688,00	R\$ 170.640,00	R\$ 1.877,040

Fonte: Autor, 2019

Foi usado este cenário para a primeira hipótese desta dissertação. Sendo assim, não estão incluídas as despesas com pessoal devido ao fato de toda a biomassa coletada, assim como os funcionários serão da prefeitura.

Como a energia gerada não pode comprada pela Copel foi feito uma estimativa de quantas casas de pequeno porte (100 kWh/mês) esta usina termelétrica poderia abastecer, conforme apresentado na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5. Número de casas abastecidas pela geração de energia elétrica

Turno de 24h	Trinta dias	Consumo mensal	Total de casas abastecidas
7.200 kW/h	216.000 kWh/mês	100 kWh	2.160

Fonte: Autor, 2019

Tabela 6 mostra a receita anual descontando a depreciação do equipamento.

Tabela 6. Receita anual bruta da usina

Receita (anual)	Depreciação do equipamento (5% ao ano)	Receita final bruta
R\$ 1.877.000,04	R\$ 250.000,00	R\$ 1.617.000,00

Fonte: Autor, 2019

Neste cenário é possível ver que no prazo de 11 meses a receita gerada com a comercialização da energia seria de R\$ 1.617.000,00. Foi feito o prazo de onze meses porque a usina ficará parada por 35 dias para manutenção.

Dentro desta perspectiva a usina se pagaria no prazo inferior a três anos aproximadamente.

Um detalhe que deve ser levado em consideração sobre a utilização dos resíduos de poda para a geração de energia é a geração elétrica descentralizada a partir de uma fonte renovável e produção constante. Outro ponto relevante é não instalar novas linhas de transmissão e distribuição, porque além de ser perto do centro consumidor já existe linha de transmissão perto do local da possível instalação da usina sendo que a energia gerada

ocorrerá perto do centro consumidor.

CENÁRIO 2

O segundo cenário é o que acontece em Maringá, no qual a prefeitura gasta em média R\$ 5.000.000,00/ano em licitações para poda e remoção das árvores condenadas da cidade, conforme dados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Receita líquida anual descontando o preço da licitação gasto pela prefeitura de Maringá-PR

Receita líquida (anual)	Licitação despesa anual	Saldo devedor
R\$ 1.617.000,00	R\$ 5.000.000,00	R\$ 3.383.000,00

Fonte: Autor, 2019

Embora o saldo financeiro seja devedor, é possível constatar que seria uma solução viável do ponto de vista ambiental, e também econômico, pois este trabalho eliminaria os resíduos arbóreos, retirando do ambiente 400 toneladas/mês deste resíduo arbóreo que são jogados na pedreira municipal de Maringá, assim como diminuindo o custo destas licitações.

CENÁRIO 3

Seria um meio mais prático e barato de dar uma destinação ambientalmente correta para a biomassa gerada com a poda.

Dentro deste panorama a prefeitura pagaria o equipamento no prazo aproximado de seis meses conforme mostra o Quadro 4 a seguir. Não foi considerado o custo do funcionário, devido ao fato de que a prefeitura tem mão de obra para realizar esta função.

Quadro 4: valores obtidos com a venda do cavaco

Triturador Lippel PTL 300/600	R\$ 200.000,00
Valor pago pela Cocamar por tonelada	R\$ 100,00
400 toneladas/mês	R\$ 40.000,00/mês
4.400 toneladas/ano	R\$ 440.000/ano
Gasto aproximado com energia elétrica (MACCARINI, 2016)	R\$ 2.000,00/mês
Receita mensal	R\$ 38.000,00

Fonte: Autor, 2019

Diante desse cenário, é possível notar que o único investimento seria a compra do triturador, a partir do qual seria gerado o cavaco a ser comercializado.

Como falado no decorrer do trabalho, a prefeitura possui espaço físico, equipamento e mão de obra para realizar este trabalho. Sendo assim com a receita de R\$ 38.000,00 por mês com a venda da biomassa triturada, no prazo aproximado de seis meses o equipamento seria pago.

4. CONCLUSÃO

Os principais resultados obtidos no presente estudo foram adequados no sentido em que evidenciaram que o resíduo arbóreo pode virar receita para a cidade, onde o cavaco possui poder calorífico semelhante ao do eucalipto, palha de arroz e cana de açúcar, que são as principais biomassas utilizadas na geração de energia e vapor. Com essa informação, procedeu-se a simulação de três diferentes cenários: um em que a prefeitura se responsabiliza pelo corte das árvores e a respectiva montagem e gestão da usina, o segundo no qual ela licita o corte e remoção das árvores, mas reaproveita os resíduos produzindo energia a partir deles e o terceiro no qual, apenas tritura os resíduos e comercializa o cavaco junto às cooperativas da região.

Independente do cenário, o importante a destacar é que a Prefeitura se comprometa em uma redução dos custos que atualmente ela se depara, seja pela comercialização da energia gerada, ou pela comercialização do cavaco para as indústrias. De qualquer modo, o mais importante é a redução do passivo ambiental que é de 400 toneladas/mês deste resíduo. Uma parceria intermunicipal seria de grande valia para agregar matéria prima para geração de energia elétrica neste contexto.

Durante esta pesquisa foi constatado que a empresa responsável pela poda e também os funcionários municipais não tinham ideia que este resíduo é um bem precioso e pouco aproveitado em Maringá, assim como na maioria das cidades do Brasil, pois não foi encontrado na literatura nenhuma cidade que utilize esta biomassa na geração de energia elétrica. Esta é, portanto, a principal contribuição do presente trabalho, que teve seu foco principal na análise técnica acerca do aproveitamento do resíduo da poda das árvores para a geração de energia elétrica, podendo integrar o lado ambiental, econômico e social.

Em um cenário mais simples, estes resíduos poderiam simplesmente ser vendidos para uma empresa que tenha interesse em consumir este material para geração de vapor e energia elétrica. Todavia, outros estudos e ideias são desejáveis neste contexto, de modo a contribuir com o desenvolvimento sustentável dos municípios brasileiros. Vale lembrar que existe muita matéria-prima sendo jogada fora, como por exemplo, as caixas do CEASA que frequentemente são queimadas a céu aberto, resíduos da construção civil e retalhos de madeira vindos das fábricas de móveis.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, F. X.; SONG, N.; SHIFLEY, S. R. Review of consumption trends and public policies promoting woody biomass as an energy feedstock in the U.S. **Biomass and Bioenergy**, Volume 35, Vol. 8, August 2011.
- ALFONSO, D. R. PERPIÑÁ, C.; PÉREZ-NAVARRO, A.; PEÑALVO, E.; VARGAS, C.; CÁRDENAS, R. Methodology for optimization of distributed biomass resources evaluation, management and final energy use. **Journal Biomass and Bioenergy**, 2009. Vol. 33 No. 8.
- ALTAMIRANO, A; SCHLEGEL, B; THIERS, O; MIRANDA, A; PILQUINAO, B; ORREGO, R; ROCHA, C. Disponibilidade y potencial energético de la biomasa del bosque nativo para el desarrollo de la dendroenergía en el centro-sur de Chile. **BOSQUE** 36(2): 223-237, 2015. DOI: 10.4067/S0717-92002015000200008
- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 687**, de 24 de Novembro de 2015.
- ANEEL. **Parte II Fontes renováveis**, Biomassa 4, 2008.
- ANEEL. **Parte V Fontes renováveis**, Biomassa 5, 2008.
- ANGELIS, B. L. D; SAMPAIO, A. C. F; TUDINI, O. G; ASSUNÇÃO, M.G.T; NETO, G. A. Avaliação das **árvores** de vias públicas da zona central de Maringá, Estado do Paraná: estimativa de produção de resíduos e destinação final. **Acta Scientiarum Agronomy**, vol. 29, núm. 1, 2007, pp. 133-140, Universidade Estadual de Maringá.
- ANJOS, V. DOS A.; STANGERLIN, D. M.; SANDER, A.; BOTIN, A. A.; TENUTTI, J.; SANTOS FILHO, N. N. DOS; BRAGA, R. Caracterização do processo de secagem da madeira nas serrarias do município de Sinop, Mato Grosso. **Ciência da Madeira**. Pelotas, v. 2, n. 1, p. 53-63, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT, NBR) 10.004/2004. Resíduos sólidos – Classificação.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT, NBR) 14.929/2017. Madeira. Determinação do teor de umidade em cavacos-Método por secagem em estufa.
- BLANCO-CANQUI, H. Crop residue removal for bioenergy reduces soil carbon pools: how can we offset carbon losses? **Bio Energy Research**, 2012.
- BOVO, M. C; AMORIM, M. C. C. T. **Áreas** verdes urbanas, a imagem, o mito e a realidade: Um estudo de caso sobre a cidade de Maringá-PR/BR. **Revista Formação**, n.16, volume 1 – p.60-69, 2009.
- BRASIL**. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.
- BRAZ, R. L; OLIVEIRA, J. T. S; DUARTE, A. P. C; MOTTA, J. Curva Característica de Secagem da Madeira de *Tectona grandis* e *Acácia mangium* ao Ar Livre. **Floresta e Ambiente**. March 2015. DOI: 10.1590/2179-8087.037913
- BRITO, O. J. **O uso energético da madeira**. PORTAL DE REVISTAS DA USP, 2007.
- CHALUPPE, M.A.C. **Análise da Implantação do Projeto “Valorização dos Resíduos Sólidos Orgânicos no Município de Florianópolis Através do Beneficiamento dos Resíduos de Podas”**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia sanitária e ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.
- CHEN, L.; LI, X.; WEN, W.; JIA, J.; LI, G.; DENG, F. The status, predicament and countermeasures of biomass secondary energy production in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2012.
- CORTEZ, C. L. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de arvores urbanas para a geração de energia**: Estudo de caso: AES Eletropaulo. Universidade de São Paulo, 2011. Tese de Doutorado.
- CORTEZ, L. A. B; LORA, E. E. S; GOMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Universidade Estadual de Campinas, NIPE 19/06/2008.
- COSIC, B.; STANIC, Z.; DUIC, N. Geographic distribution of economic potential of agricultural and forest biomass residual for energy use: Case study Croatia. **Energy**, 2011.
- DONATO, D. B; CASTRO, R. V. O; CARNEIRO, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L; VITAL, B. R; TEIXEIRA, R. U.



- Teor de umidade da madeira em Tora. **Scientia forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 703-712, set. 2015
- EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). **Plano Nacional de Energia, 2030. Geração Termelétrica-Biomassa, 2006/2007**. Ministério de Minas e Energia Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético.
- EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). **Potencial Energético de Resíduos Florestais do Manejo Sustentável e de Resíduos da Industrialização da Madeira**. NOTA TÉCNICA EPE 17/18. Ministério de Minas e Energia, julho de 2018.
- FILHO, J. A. P. **Viabilidade energética e econômica da incineração de resíduo sólido urbano considerando a segregação para reciclagem**. Dissertação de mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE ENGENHARIA CAMPUS DE BAURU, 2008.
- LANG, A; KOPETZ, H; PARKER, A. **Biomass energy holds big promise**. 590 | NATURE | VOL 488 | 30/08/2012.
- LOCASTRO, J.K; ANGELIS, B. L. D. Diagnóstico qualiquantitativo da arborização urbana em duas avenidas do município de Maringá – PR, 2015. Artigo original DOI: 105902/2236117018366. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez. 2015 p. 248-255.
- MACCARINI, A. C. **Logística da obtenção, preparo, otimização do uso e destino final dos resíduos de poda de árvores de logradouros públicos, voltado ao aproveitamento energético para fins**. XX-VII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.
- MACCARINI, A. C. **Estudo para a instalação de indústria de processamento de resíduos de poda para utilização como combustíveis em caldeiras de leito fluidizado**. XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 de outubro de 2010.
- MACCARINI, A.C. **Desenvolvimento metodológico para conversão energética de resíduos de plantios florestais e de poda de árvores urbanas**. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental como requisito parcial à obtenção do título de Doutor Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2016.
- MARTINS, H. **Madeira como fonte de Energia**. In Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/ CETEC. Uso da madeira para fins energéticos. Belo Horizonte; 1980. (Série de Publicações Técnicas, 1).
- MEIRA, A. M. de. **Gestão de Resíduos da Arborização Urbana. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2010**. Tese de Doutorado.
- MORESCHI, J. C. **Propriedades Tecnológicas da Madeira** – Curitiba: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UFPR CENTRO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2005.
- MUZEL, S. D; HANSTED, F. A. S; OLIVEIRA, K. A; GOVEIA, D. Poder calorífico da madeira de eucalyptus grandis e da Hevea brasiliensis. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 8 (2): (166-172/ 2014)
- NAKASHIMA, G. T.; ADHMANN, I. C. S.; HANSTED, A. L. S.; BELINI, G. B.; WALDMAN, W. R.; YAMAJI, F. M. **Materiais Lignocelulósicos: Caracterização e Produção de Briquetes, 2017. (Revista Virtual de Química)**.
- NAKASHIMA, G. T; AKIYAMA, W. H; SANTOS, L. R. O; PADILLA, E. R. D; BELINI, G. B; VARANDA, L. D; PADUA, F. A; YAMAJI, F. M. Briquetes produzidos a partir do aproveitamento de resíduos provenientes do aterro de resíduos inertes da cidade de Sorocaba. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. Apresentado no Congresso de Energias Renováveis da UFSCar: 23 a 26 de maio de 2017 – Sorocaba-SP, Brasil.
- NOGUEIRA, L. A.H; LORA, E.E. S; TROSSERO, M.A; FRISK, T. **Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações, 2000**.
- OLIVEIRA, J. M. C; LOBO, P. C. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA AMAZÔNICA**. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, 2001.
- PETRICOSKI, S. M. **Briquetes Produzidos com Mistura de podas Urbanas, Glicerina e Resíduos de Processamento de Mandioca**. Dissertação de Mestrado. CASCAVEL-PARANÁ – BRASIL-MARÇO – 2017
- PIVETTA, K. F. L; FILHO, D. F. S **Arborização urbana**. BOLETIM ACADÊMICO. Série Arborização Urbana,

UNESP JABOTICABAL, 2002.

PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO E ARBORIZAÇÃO URBANA (PGAU). **Maringá, 2019.**

PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, **Maringá, 2017.**

POLI, D. C. R.; ZANCHETA, M. N.; BOARI, Z. M.; MELDONIAN, N. L.; MOURA, C. L.; JIURGIU, P. A. Uma avaliação da metodologia para determinação do poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**. Publicado em 17/06/2014

PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p.113-122, abr. 2011. Trimestral.

REIS, L. S.; REIS, R. J.; CALIJURI, M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; COUTO, E. A.; ALVES, M. A. S.; ASSEMAN, P. P.; ALVES, S. C.; TEIXEIRA, T. R. **Potencial de Energia da Biomassa em Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2017. Governo de Minas Gerais. Rona Gráfica e Editora.

RELATÓRIO Técnico sobre a viabilidade de uma usina termelétrica movida a biomassa. A1 ENGENHARIA, 2018.

RODRIGUES, W. **Determinação do Teor de Umidade em Madeiras por meio de Medidores Elétricos**. Escola de Engenharia de São Carlos. Instituto de Física e Química-Universidade de São Paulo, 1999.

SAMPAIO, A. C. F. **Análise da Arborização de Vias Públicas das Principais Zonas do Plano Piloto de Maringá- PR**, Dissertação de Mestrado, 2006.

SANTOS, A.F.; FERNANDES, A. K.; SOUZA, C. A. **Produção de biomassa a partir da poda da arborização urbana do município de Dourados-MS**. Belo Horizonte, 2014. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/MG – 24 a 27/11/2014.

SANTOS, F. A.; TELLES, P.; INDA, A. V. C.; GEREMIA, A. R. Dendroenergia: Uma revisão- 2016. **Revista Científica da Fundação Educacional de Ituverava**.

SCHURHAUS, P. **Produtos e Propriedades Energéticas da Madeira**: CENTRO UNIVERSITÁRIO DE UNIÃO DA VITÓRIA, ENGENHARIA INDUSTRIAL DA MADEIRA, UNIUV, 2007.

SILVA, G. V. F. **Ciclo de cogeração a partir de resíduos de poda de árvores na cidade de Guaratinguetá**. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP, 2014.

SOUZA, C. P. **Determinação do poder calorífico**, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA TERMODINÂMICA EXPERIMENTAL. Natal, RN, 2008.

SOUZA, N. R. O.; ALENCAR, L. S.; MAZZONETTO, A. W. Potencial energético do resíduo das podas das árvores do município de-SP. **Revista energia na agricultura**, 2016. ISSN: 1808-8759 (CD-ROM) 2359-6562 (online)

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear**. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

VALE, A. T.; SARMENTO, T. R.; ALMEIDA, A. N. Caracterização e uso de madeira de galhos de **árvores** provenientes da arborização de Brasília, DF, 2005. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 411-420.

VALE, V. H. D. **Diagnóstico dos resíduos de podas do município de Natal/RN**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso.

VELAZQUEZ, S. M. S. G.; SANTOS, S. M. A.; MOREIRA, J.R.; COELHO, S. T. **A Geração de Energia Elétrica em Comunidades Isoladas na Amazônia a partir de Biomassa Sustentável**: Projeto ENERMAD 2014. CENBIO Centro Nacional de Referência em Biomassa.

UTTA, T.; GOEPFERT, K.; FREY, C. **Energy-from-waste plants: Siemens steam turbines handle inconsistent steam parameters**. A specific look at the Italian waste market. Siemens Turbomachinery Equipment GmbH. POWER-GEN Europe, Milano/Italy, 2016. Disponível em http://www.energy.siemens.com/br/pool/hq/energytopics/publications/Technical%20Papers/TP-16-002-PA_Waste%20Italy.pdf. Acesso em julho de 2018.



<http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/2257d5306fc9.pdf>, acessado dia 18/08/2018

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>, acessado dia 01/10/2018.

<http://www2.maringa.pr.gov.br/turismo/?cod=nossa-cidade/3>, acessado dia 05/09/2018.

<http://www2.maringa.pr.gov.br/site/index.php?sessao=6304efbf485563&id=34425>, acessado dia 03/04/2019.

http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/metrodata/ibrm/ibrm_maringa.htm, acessado dia 19/11/2018

<https://www.jardineiro.net/plantas/tipuana-tipuana-tipu.html>, acessado dia 21/01/2019.

http://www.tradener.com.br/atualidades_detalhes/quais-as-diferencas-entre-geracao-distribuida-e-mercado-livre acessado dia 04/04/2019.

<https://www.jardineiro.net/plantas/tipuana-tipuana-tipu.html>, acessado dia 21/01/2019.

APÊNCIDE A

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (ABNT 10.004/2004), define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, 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 NBR 10.004, 2004).

Pelos possíveis riscos ao ambiente, esta norma técnica seleciona os resíduos sólidos em:

Classe I: São resíduos que apresentam riscos à saúde pública e ao ambiente.

Apresentam pelo menos uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Classe II: São resíduos não perigosos. Estes resíduos são representados por:

Resíduo de restaurante (restos de alimentos), resíduo de madeira, sucata de metais ferrosos, resíduo de materiais têxteis, sucata de metais não ferrosos (latão etc.), resíduos de minerais não metálicos, resíduo de papel e papelão areia de fundição, resíduos de plástico polimerizado, bagaço de cana, resíduos de borracha. Outros resíduos não perigosos, entulhos, sucata de ferro e aço (ABNT 10.004, 2004).

POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.

A Lei Federal nº 12.305 de dois de agosto de 2010 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos diz:

Em seu artigo 9º, § 1º, destaca que:

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.

APÊNDICE B

Método por secagem em estufa seguido a norma da ABNT (NBR 14929, 2017)

Quadro 5: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE JANEIRO DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14 929/2017 (9 amostras)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTEDAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	34	VENTO
Tipuana	Exótica	27	VENTO
Canelinha	Nativa	38	COPA DESEQUILIBRADA
Ipê	Nativa	24	VENTO
Jacarandá Mimoso	Nativa	35	VENTO
Sete Copas	Exótica	44	PROIBIDO EM CIMADA CALÇADA

Média de chuva no mês de Janeiro de 2018 em Maringá: 357 (mm)

Temperatura média de janeiro de 2018 em Maringá: 25,3°C

As diferenças de umidade entre as espécies (Tipuana, Ipê e Jacarandá Mimoso) referentes ao mês passado se devem, em grande parte ao fato de terem caído um dia antes de serem cortadas, perdendo assim um pouco de umidade.

Fonte: Autor, 2019

Quadro 6: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE FEVEREIRO DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14 929/2017 (triplicata)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTEDAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	35	RISCO DE QUEDA
Tipuana	Exótica	34	TOMBAMENTO SOBRE CASA
Canelinha	Nativa	37	PROBLEMAS NA ENTRADA DA CASA
Ipê	Nativa	37	RETIRADA DE UMA ESCOLA
Ficus	Exótica	38	PROBLEMAS COM AREDE DE ESGOTO (SANEPAR)
Jacarandá mimoso	Nativa	40	INTERFERÊNCIA NA FIAÇÃO
Sete copas	Exótica	47	FUNGO NA RAIZ

Média de Chuva no mês de fevereiro de 2018 em Maringá: 88 (mm)

Temperatura média de Fevereiro em Maringá: 25,5°C

Fonte: Autor, 2019

Quadro 7: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE MARÇO DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14 929/2017 (triplicata)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTE DAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	35	RISCO DE QUEDA
Tipuana	Exótica	34	VENTO
Leucena ¹	Invasora	26	CONTORNO SUL (PROBLEMAS COM OS CAMINHOS)
Ipê	Nativa	37	TOMBAMENTO DE COPA
Ficus	Exótica	38	PROBLEMAS COM A REDE DE ESGOTO (SANEPAR)
Jacarandá mimoso	Nativa	40	INTERFERÊNCIA NA FIAÇÃO

Média de chuva no mês de março de 2018 em Maringá: 221,5(mm)
 Temperatura média de março em Maringá: 26,5°C
¹Espécie Invasora é definida como uma espécie exótica que prolifera sem controle e passa a representar ameaça para espécies nativas.

Fonte: Autor, 2019

Quadro 8: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE ABRIL DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14929/2017 (triplicata)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTE DAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	36	RISCO DE QUEDA
Tipuana	Exótica	35	VENTO
Acácia	Exótica	39	COPA DESEQUILIBRADA. PROBLEMAS NA FIAÇÃO ELÉTRICA
Ipê	Nativa	38	TOMBAMENTO DE COPA
Jacarandá mimoso	Nativa	40	INTERFERÊNCIA NA FIAÇÃO

Média de chuva no mês de abril de 2018 em Maringá: 26,7(mm)
 Temperatura média de abril de 2018 em Maringá: 25,6°C

Fonte: Autor, 2019

Quadro 9: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE MAIO DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14 929/2017 (triplicata)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTE DAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	35	CAULE COM FUNGO
Tipuana	Exótica	34	INTERFERÊNCIA NA FIAÇÃO
Ipê	Nativa	36	VENTO
Jacarandá mimoso	Nativa	39	INTERFERÊNCIA NA FIAÇÃO

Média de chuva no mês de maio de 2018 em Maringá: 49,8(mm)
 Temperatura média de maio de 2018 em Maringá: 22,4°C

Fonte: Autor, 2019



Quadro 10: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE JUNHO DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14929/2017 (triplicata)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTEDAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	34	ESTADO FITOSSANITARIO PRECÁRIO
Tipuana	Exótica	36	CAULE TOMADOPOR FUNGOS
Ipê	Nativa	35	VENTO
Jacarandá Mimoso	Nativa	40	INCOMPATIBILIDADE ENTRE O PORTE E O ESPAÇO

Média de Chuva no mês de Junho de 2018 em Maringá: 66,7(mm) Temperatura média de Junho de 2018 em Maringá: 20,4°C

Fonte: Autor, 2019

Quadro 11: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE JULHO DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14 929/2017 (triplicata)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTEDAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	35	PODRIDÃO NOTRONCO
Tipuana	Exótica	34	RAIZ COMPROMETIDA
Jacarandá Mimoso	Nativa	40	INTERFERÊNCIA NA FIAÇÃO

Média de Chuva no mês de Julho de 2018 em Maringá: 6,1(mm)
Temperatura média de Junho de 2018 em Maringá: 22,5°C

Fonte: Autor, 2019

Quadro 12: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE AGOSTO DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14 929/2017 (triplicata)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTE DAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	34	CAULE COM FUNGOS
Tipuana	Exótica	35	INTERFERÊNCIA NA FIAÇÃO
Canelinha	Nativa	37	RISCO DE QUEDA
Ipê	Nativa	36	QUEDA COM O VENTO

Média de chuva no mês de agosto de 2018 em Maringá: 257 (mm)
Temperatura média de Agosto de 2018 em Maringá: 19,7°C

Fonte: Autor, 2019

Quadro 13: COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE REALIZADAS NO MÊS DE SETEMBRO DE 2019

NOME POPULAR	PROCEDÊNCIA	TEOR DE UMIDADE EM (%) CONFORME NBR 14929/2017 (triplicata)	MOTIVOS QUE LEVARAM O CORTEDAS ÁRVORES
Sibipiruna	Nativa	34	CAULE COM FUNGOS
Tipuana	Exótica	35	PROBLEMAS COM AFIAÇÃO
Canelinha	Nativa	37	RAIZ COM PROBLEMA
Ficus	Exótica	39	QUEBRA DA TUBULAÇÃO
Média de chuva no mês de setembro de 2018 em Maringá: 144 (mm) Temperatura média de setembro de 2018 em Maringá: 23,3°C			

Fonte: Autor, 2019

O resíduo proveniente da poda arbórea é uma biomassa lignocelulósica com grande potencialidade energética. Este trabalho visa quantificar e caracterizar o potencial energético desta biomassa e estimar o potencial disponível para geração de energia elétrica. Maringá conta com uma equipe da prefeitura e uma empresa terceirizada de corte e destinação desta biomassa, contabilizando um total aproximado de 400 toneladas/mês deste resíduo. Através da norma ABNT NBR 14929/2017 foi determinado o teor de umidade do método por secagem em estufa. Com a biomassa utilizada no teste do teor de umidade medimos o poder calorífico superior (PCS) utilizando um calorímetro Parr 6200.

ISBN: 978-65-86707-95-3

BR

