

Estudo de mercado sobre o uso de biomassa para queima no Estado de São Paulo, Brasil
Market study on the use of biomass for burning in the State of São Paulo, Brazil
Estudio de mercado sobre el uso de biomasa para la quema en el Estado de São Paulo, Brasil

Recebido: 23/10/2020 | Revisado: 28/10/2020 | Aceito: 04/11/2020 | Publicado: 08/11/2020

Adriana Aparecida Areias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4097-4806>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: adriana.areias@yahoo.com

José César Cruz Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1773-4647>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: cesarcruzjr@gmail.com

Fábio Minoru Yamaji

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0908-8163>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: fmyamaji@ufscar.br

Resumo

A utilização de biomassa como fonte de energia renovável é uma das características marcantes da matriz energética brasileira. O aproveitamento energético da biomassa agrícola e florestal é uma forma de diminuir custos de produção, aproveitar os resíduos e diminuir o uso de combustíveis fósseis. O objetivo deste trabalho foi analisar o mercado de biomassa no Estado de São Paulo a fim de definir quais materiais possuem mais fornecedores e quais possuem propriedades consideradas favoráveis para queima. Para isso, foram levantadas informações sobre a localização dos fornecedores e foi feita a caracterização energética das biomassas analisadas: briquete, cavaco, serragem, lenha e madeira de eucalipto, cavaco de pinus, bagaço de cana, carvão vegetal e casca de arroz. Os dados referentes ao número de fornecedores foram obtidos, por mesorregiões, em um *website* de compra e venda de biomassas. Em relação à quantidade produzida, demandada e propriedades energéticas das biomassas analisadas, os dados foram obtidos em relatórios e artigos científicos. Os resultados obtidos mostraram que existem mais fornecedores de lenha, cavaco e floresta de eucalipto. Em relação à oferta, os

materiais que possuem maior produção no estado são o bagaço de cana, a floresta e a lenha de eucalipto. Em relação à demanda das biomassas analisadas, foi observado que são mais utilizadas para produção de energia nas indústrias de papel e celulose, siderurgia, beneficiamento de arroz, cerâmica, moveleira, alimentos e bebidas. Conclui-se que os materiais que possuem maior disponibilidade de fornecedores, alta produção e são favoráveis para queima são: o cavaco de eucalipto, a lenha e a floresta em pé de eucalipto.

Palavras-chave: Bioenergia; Fornecedores; Resíduos; Floresta.

Abstract

The use of biomass as a renewable source of energy is an important characteristic of the Brazilian energy matrix. The energetic use of agricultural and forest biomass is a way of reducing production costs, taking advantage of residues, and reducing the use of fossil fuels. The objective of this study was to analyze the biomass market in the State of São Paulo to define which materials have more suppliers in the region and which have favorable properties for burning. For this, information was collected on the location of suppliers and the energetic characterization of the biomasses analyzed was made: briquette, wood chips, sawdust, firewood and eucalyptus wood, pine chips, cane bagasse, charcoal and rice husks. Data on the number of suppliers were obtained, by mesoregions, from a biomass purchase and sale website. Regarding the quantity produced, demanded and energetic properties of the analyzed biomasses, the data were obtained in reports and scientific articles. The results showed that there are more suppliers of firewood, chips and eucalyptus forest in the state of São Paulo. Regarding the supply, the materials that have the highest production in the state are sugarcane bagasse, eucalyptus forest and firewood. Regarding the demand of the analyzed biomass, it was observed that they are most commonly used for energy production in the industries of: in the pulp and paper, steel, rice processing, ceramics, furniture, food and beverages. The biomasses that presented favorable energetic properties for burning were: charcoal, eucalyptus wood, firewood, briquette and eucalyptus chip and pine chip. It is concluded that the materials that have greater availability of suppliers, high production and are favorable for burning are: the eucalyptus chip, the firewood and the standing eucalyptus forest.

Keywords: Bioenergy; Suppliers; Residues; Forest.

Resumen

El uso de biomasa como fuente de energía renovable es una de las características destacadas de la matriz energética brasileña. El uso energético de la biomasa agrícola y forestal es una forma

de reducir los costos de producción, aprovechar los residuos y reducir el uso de combustibles fósiles. El objetivo de este trabajo fue analizar el mercado de la biomasa en el Estado de São Paulo para definir qué materiales tienen más proveedores y cuáles tienen propiedades consideradas favorables para la quema. Para ello, se recabó información sobre la ubicación de los proveedores y se realizó la caracterización energética de las biomásas analizadas: briquetas, astillas de madera, aserrín, leña y madera de eucalipto, astillas de pino, bagazo de caña, carbón vegetal y cascarilla de arroz. Los datos sobre el número de proveedores se obtuvieron, por mesorregiones, de un sitio web de compra y venta de biomasa. En cuanto a la cantidad producida, demandada y propiedades energéticas de las biomásas analizadas, los datos se obtuvieron en informes y artículos científicos. Los resultados obtenidos mostraron que hay más proveedores de leña, astillas de madera y bosque de eucaliptos. En cuanto a la oferta, los materiales que tienen mayor producción en el estado son el bagazo de caña de azúcar, la leña forestal y de eucalipto. En cuanto a la demanda de las biomásas analizadas, se observó que son las más utilizadas para la producción de energía en las industrias de papel y celulosa, acero, procesamiento de arroz, cerámica, muebles, alimentos y bebidas. Se concluye que los materiales que tienen mayor disponibilidad de proveedores, alta producción y son favorables para la quema son: astillas de eucalipto, leña y bosque en pie de eucalipto.

Palabras clave: Bioenergía; Proveedores; Residuos; Bosque.

1. Introdução

A utilização de fontes renováveis de energia é uma das características de destaque da matriz energética brasileira (Ribeiro et al., 2020). A demanda das empresas por biomassa tem como principal objetivo a redução dos custos de produção por meio da utilização destes produtos como substitutos dos combustíveis fósseis para cogeração de energia. A utilização da biomassa vegetal, segundo Quirino et al. (2012), reduz o uso de recursos naturais para geração de energia. Além disso, a biomassa por possuir preços competitivos e gerar baixo impacto ambiental, é uma alternativa para complementar as necessidades de energia.

A biomassa sólida é utilizada para produção de biocombustíveis, sendo composta por resíduos agrícolas e florestais, por culturas energéticas e por resíduos sólidos. São exemplos as oleaginosas, biomassa lignocelulósica e resíduos sólidos urbanos. Entre as principais biomassas lignocelulósicas de origem agrícola e florestal, podem-se incluir: a palha de arroz, a casca de arroz, palha de trigo, palha de sorgo, palha de milho, bagaço de cana-de-açúcar, aparas, galhos

e serragem de madeira, capim, etc. Além disso, este tipo de biomassa é composto principalmente por celulose, hemicelulose e lignina (Ruan et al., 2019).

Conforme Borges (2015), a biomassa, antes de ser destinada à produção de energia, deve passar por uma avaliação, a fim de definir seu potencial de combustão. Uma das formas mais utilizadas para avaliação são a análise imediata e a determinação do poder calorífico e da densidade.

Segundo o Balanço Energético Nacional 2019 – BEN 2019 (EPE, 2018c), as energias renováveis representam 45,3% da oferta interna de energia, sendo o etanol e o bagaço de cana responsáveis por 17,4%, a lenha e o carvão vegetal por 8,4%, lixo por 3,3% e biomassas de outras origens (casca de arroz, capim elefante e óleos vegetais) por 0,47% deste percentual. No Brasil o setor primário é o mais atuante, sendo responsável por gerar biomassa principalmente nas atividades agrícola, pecuária e extrativismo vegetal.

O Estado de São Paulo é um dos maiores produtores florestais, principalmente do gênero eucalipto (IBÁ, 2020). Além disso, esta região tem grande representatividade na produção agrícola e industrial, nos setores siderúrgico, de papel e celulose, moveleiro, alimentício, entre outros, que geram e demandam biomassa para o aproveitamento energético. De acordo com Castanho Filho et al. (2015), os principais setores industriais que demandam madeira para fins energéticos estão ligados ao agronegócio e à construção civil.

Dessa forma, é importante analisar a oferta de biomassa no Estado de São Paulo, assim como a demanda destes produtos pelos diversos setores da economia e quais materiais são favoráveis para queima. Neste sentido, este estudo teve como objetivo analisar o mercado de biomassa utilizada para queima no estado. Especificamente, são evidenciadas as vantagens e desvantagens dos principais produtos utilizados como fontes de energia limpa no estado, destacando aspectos econômico-financeiros e diversos atributos físicos relacionados às propriedades energéticas das diversas biomassas analisadas.

2. Metodologia

Região de Estudo

O Estado de São Paulo possui uma área territorial de aproximadamente 248 mil km², sendo a área destinada à agricultura correspondente a cerca de 800 mil hectares (IBGE, 2019). Em relação à silvicultura, são mais de 1 milhão de hectares destinados ao plantio no estado, sendo o eucalipto correspondente a 87% de hectares plantados e o pinus a 11% (IBÁ, 2020).

Coleta de Dados

Este trabalho foi classificado como uma pesquisa exploratória. “Nos estudos exploratórios, analíticos ou descritivos, uma forma de investigação muito utilizada é o Estudo de Caso.” (Pereira et al., 2018, p. 70). Por meio da metodologia do Estudo de Caso, são realizados levantamentos de dados que servirão de base para análises qualitativas e quantitativas (Pereira, et al., 2018).

Os dados primários referentes ao número de fornecedores de biomassa foram obtidos entre os anos de 2017 e 2019, no *website* de compra e venda MF Rural (2019), que faz anúncios classificados do agronegócio e intermediação de negócios rurais. A partir deste levantamento, foi determinado quais biomassas seriam analisadas neste trabalho.

A partir da pesquisa bibliográfica, foi possível obter os dados secundários em relação à produção e à demanda de biomassa para queima pelos principais setores econômicos e sobre as características energéticas.

Análise da oferta: produção e quantidade de fornecedores

Os dados relativos à produção de carvão, lenha, arroz e cana-de-açúcar foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Para calcular os valores referentes à produção de casca de arroz e ao bagaço de cana, considerou-se que a casca de arroz representa 20% da produção de arroz (Mayer, Castellanelli & Hoffmann, 2007) e o bagaço de cana representa 25% do produto da cana (Andreoli, 2008). Em relação à área plantada de eucalipto e de pinus, os dados foram obtidos na Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. As informações relativas à oferta de briquete, cavaco e serragem foram obtidas de Martinazzo, Araújo e Souza Teodoro (2016), Sousa Dias et al. (2012), IBÁ (2020) e Louzada Junior et al. (2017).

Mediante uma pesquisa realizada por mesorregião no Estado de São Paulo, foram encontradas as seguintes biomassas ofertadas: briquete de carvão, briquete de eucalipto, casca de arroz, casca de pinus, casca de eucalipto, cavaco de eucalipto, cavaco de pinus, cavaco de madeira reciclada, cavaco de laranjeira, lenha de eucalipto, lenha de pinus, lenha de árvore nativa, serragem de eucalipto, serragem de pinus, serragem de madeira mista, carvão vegetal, floresta de eucalipto e bagaço de cana.

Análise de demanda

Em decorrência de limitações em relação à informação da quantidade demandada pelos fornecedores, os dados sobre a demanda por biomassa foram obtidos nas seguintes bases de dados: Balanço Energético Nacional (BEN), Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP), União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Lippel. Foram utilizados também os artigos científicos de Castanho Filho et al. (2015), Andrade Lopes, Brito e Moura (2016), Fernandez et al. (2016), Martinazzo, Araújo e Souza Teodoro (2016) e Sgarbi (2013).

Análise energética dos materiais

Para este trabalho foram escolhidas biomassas com diferentes características físicas (granulometria, umidade e densidade) e de diferentes fontes, a fim de compreender qual tipo de material possui mais vendedores. Os materiais selecionados para análise energética foram: briquete, cavaco de eucalipto e de pinus, serragem de eucalipto, lenha e floresta de eucalipto, carvão vegetal, bagaço de cana e casca de arroz.

3. Resultados e Discussão

Análise de oferta: produção e quantidade de fornecedores

A produção nacional de eucalipto atingiu o valor de 6,97 milhões de hectares em 2019. Em relação ao plantio de pinus, existem no Brasil mais de 1,64 milhões de hectares. Em relação às demais espécies da silvicultura, existem 0,39 milhão de hectares plantados (IBÁ, 2020). A partir da Tabela 1, verifica-se que existem mais disponibilidade de lenha de eucalipto, plantio de eucalipto e bagaço de cana no Estado de São Paulo.

Tabela 1. Representatividade de algumas fontes de biomassa no Estado de São Paulo em relação ao Brasil (%), 2016-2019.

Biomassa	São Paulo	Referência
Bagaço de cana	52,78	IBGE (2019)
Área plantada de eucalipto	17,00	IBÁ (2020)
Lenha (eucalipto)	13,48	IBGE (2016)
Área plantada de pinus	9,00	IBÁ (2020)
Carvão vegetal (eucalipto)	1,61	IBGE (2016)
Lenha (pinus)	1,07	IBGE (2016)
Casca de arroz	0,38	IBGE (2019)
Carvão vegetal (pinus)	0,01	IBGE (2016)

Fonte: Autores.

Em um estudo realizado por Martinazzo, Araújo e Souza Teodoro (2016), foram encontradas 40 empresas produtoras de briquete no Brasil. Das 12 empresas analisadas neste estudo, sete estão localizadas no estado de São Paulo e utilizam a serragem de eucalipto como principal matéria-prima (60%).

O briquete de eucalipto, cotado nesta pesquisa, em sua maioria foi obtido a partir da serragem de eucalipto. Sousa Dias et al. (2012), ao analisar 14 empresas produtoras de briquete no Brasil, verificaram que elas produzem 7.430 toneladas por mês, sendo o Estado de São Paulo responsável por mais de 40% dessa produção.

Conforme Felfli et al. (2011), a maioria das empresas no Estado de São Paulo são pequenas ou são microempresas de serraria e móveis, o que inviabiliza a briquetagem, já que a tecnologia mais utilizada no Brasil é o pistão mecânico, que demanda um volume de resíduos muito superior ao produzido. Além disso, estas empresas se encontram dispersas, o que inviabiliza realizar o transporte de seus resíduos para a indústria que produz os briquetes.

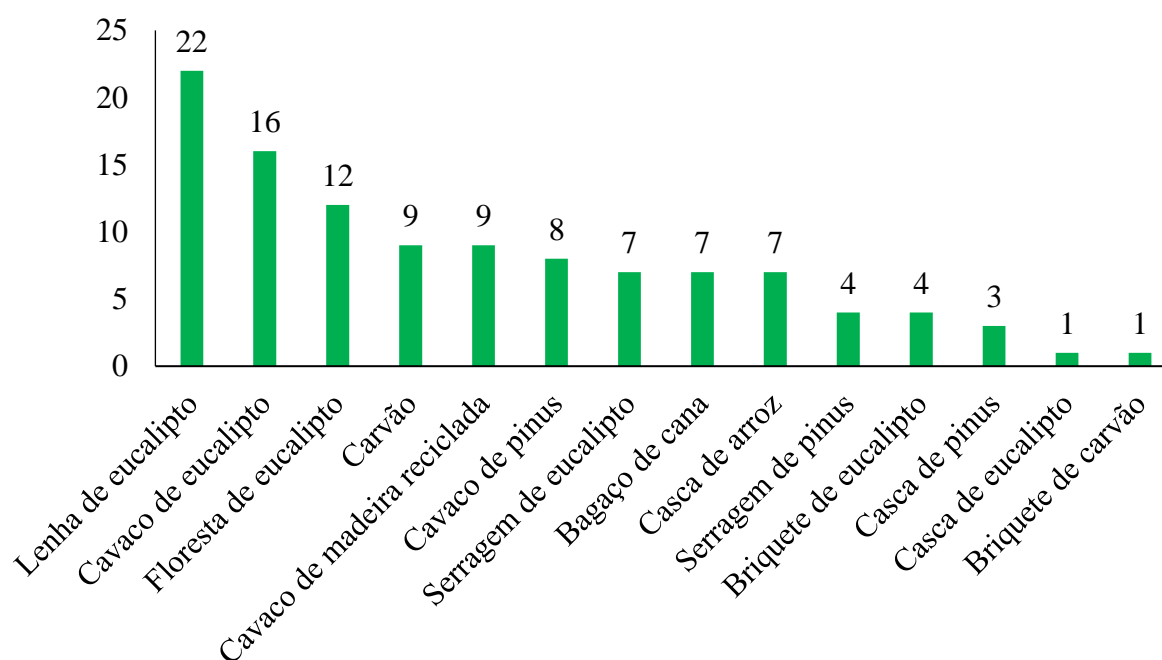
Em relação à produção da serragem e do cavaco, eles são resíduos gerados na operação de serras, de máquinas de desbaste de madeira, de cortes de árvores, com diferentes granulometrias (Lippel, 2020a). Na indústria, 67% dos resíduos gerados (como o cavaco, a serragem e o licor negro) são destinados para a geração de energia e 12% são reutilizados como matéria-prima (IBÁ, 2020).

Conforme Brainer (2018), no Estado de São Paulo existiam 3.344 estabelecimentos que fabricam móveis utilizando madeira. De acordo com Louzada Junior et al. (2017), na indústria de serraria e laminação, são gerados 50,71% de resíduos decorrentes de suas atividades, havendo um aproveitamento da matéria-prima utilizada de apenas 49,29%.

Ao analisar a Figura 1, percebe-se que a lenha, a floresta e o cavaco de eucalipto possuem um maior número de ofertantes no estado (50 fornecedores), enquanto o briquete de

carvão (0,91%), o briquete de eucalipto (3,64%), a casca de eucalipto (0,91%) e de pinus (2,73%) e a serragem de pinus (3,64%) possuem poucos fornecedores. Em relação ao bagaço de cana, apesar do Estado de São Paulo ser o maior ofertante, nota-se na Figura 1, que há poucos fornecedores deste material (6,36%). Isso ocorre, pois o maior consumidor de bagaço é o seu próprio produtor, já que as usinas produtoras de açúcar utilizam o bagaço na geração de energia elétrica e térmica para utilizar nas moendas, nas caldeiras, no tratamento do caldo e na centrifugação (EPE, 2018c).

Figura 1. Número de fornecedores por tipo de biomassa no Estado de São Paulo, 2017-2019.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do MF Rural (2019).

No Quadro 1 é possível identificar as mesorregiões ofertantes de cada biomassa analisada no estado de São Paulo. Percebe-se que o fornecimento de biomassa vegetal de origem florestal está localizado nas mesorregiões de Assis, Bauru, Itapetininga, Litoral Sul Paulista, Macro Metropolitana Paulista, Ribeirão Preto, Vale do Paraíba Paulista, Metropolitana de São Paulo, Campinas e Piracicaba. Em algumas destas regiões existem o plantio de eucalipto que será utilizado na forma de lenha, cavacos, briquetes, carvão e os resíduos das serrarias e madeireiras (serragem e casca). Em relação à casca de arroz, foram encontrados fornecedores nas mesorregiões de Assis, Bauru, Campinas, Vale do Paraíba Paulista, Piracicaba, sendo o Vale do Paraíba Paulista a principal região produtora de arroz no estado (São Paulo, 2019). O bagaço de cana, diferentemente das demais biomassas, apresentou fornecedores na mesorregião

de Araçatuba. Conforme a União da Indústria de Cana-de-Açúcar – UNICA (UNICA, 2020), as mesorregiões de Ribeirão Preto e de São José do Rio Preto possuem maior área cultivada de cana-de-açúcar, todavia, não apresentaram fornecedores.

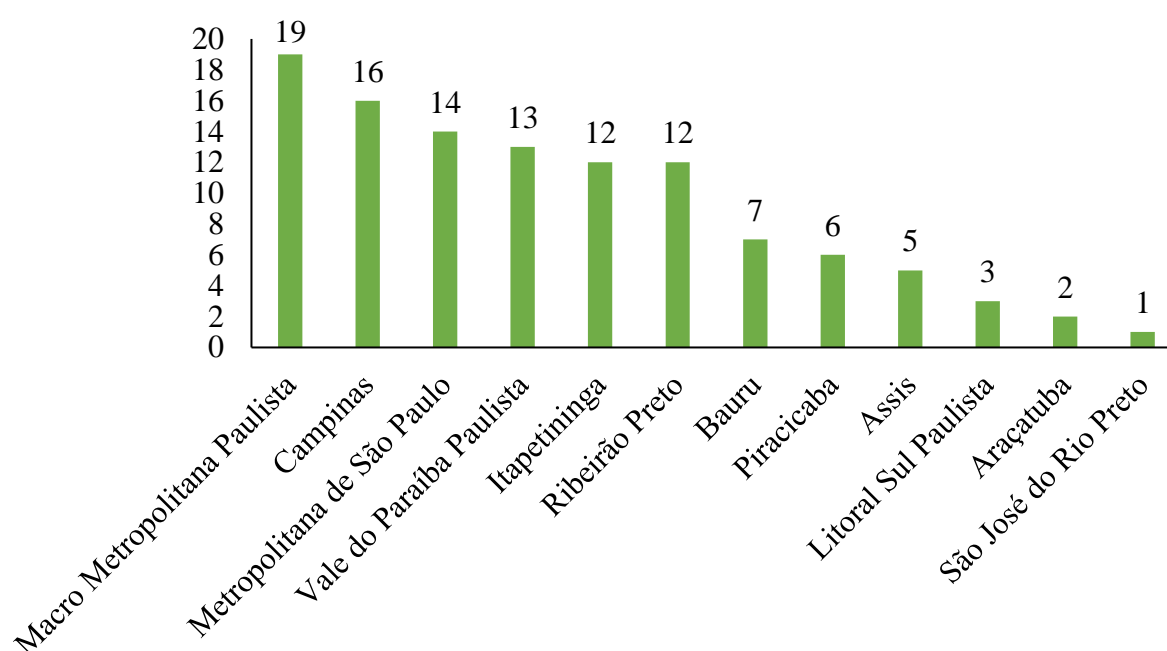
Quadro 1. Fornecimento de biomassa por mesorregião do Estado de São Paulo, 2017-2019.

Biomassa	Mesorregião
Floresta de eucalipto	Assis, Bauru, Itapetininga, Litoral Sul Paulista, Macro Metropolitana Paulista, Ribeirão Preto, Vale do Paraíba Paulista
Lenha de eucalipto	Bauru, Assis, Itapetininga, Litoral Sul Paulista, Macro Metropolitana Paulista, Metropolitana de São Paulo, Vale do Paraíba Paulista
Cavaco de pinus	Itapetininga, Macro Metropolitana Paulista, Piracicaba, Ribeirão Preto, Vale do Paraíba Paulista
Cavaco de eucalipto	Campinas, Itapetininga, Macro Metropolitana Paulista, Metropolitana de São Paulo, Piracicaba, Ribeirão Preto, Vale do Paraíba Paulista
Cavaco de madeira reciclada	Campinas, Macro Metropolitana Paulista, Metropolitana de São Paulo, Ribeirão Preto
Serragem de eucalipto	Campinas, Itapetininga, Ribeirão Preto, Macro Metropolitana Paulista, Metropolitana de São Paulo
Serragem de pinus	Campinas, Itapetininga, Ribeirão Preto
Bagaço de cana	Piracicaba, Araçatuba, Bauru, Campinas, Itapetininga, Metropolitana de São Paulo
Carvão vegetal	Bauru, Campinas, Macro Metropolitana Paulista, Ribeirão Preto
Briquete de carvão	São José do Rio Preto
Briquete de eucalipto	Assis, Araçatuba, Bauru, Itapetininga, Ribeirão Preto, Vale do Paraíba Paulista
Casca de eucalipto	Metropolitana de São Paulo
Casca de pinus	Assis, Campinas, Piracicaba, Ribeirão Preto
Casca de arroz	Assis, Bauru, Campinas, Vale do Paraíba Paulista, Piracicaba

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do MF Rural (2019).

Na Figura 2, nota-se uma concentração do número de fornecedores de biomassa nas mesorregiões Macro Metropolitana Paulista, Campinas, Metropolitana de São Paulo, Vale do Paraíba Paulista e Itapetininga. Ao analisar as Figuras 1 e 2 e o Quadro 1, nestas mesorregiões estão localizados em maior quantidade os fornecedores de floresta de eucalipto, de lenha e de cavaco de eucalipto.

Figura 2. Quantidade de fornecedores de biomassa por mesorregião no Estado de São Paulo, 2017-2019.

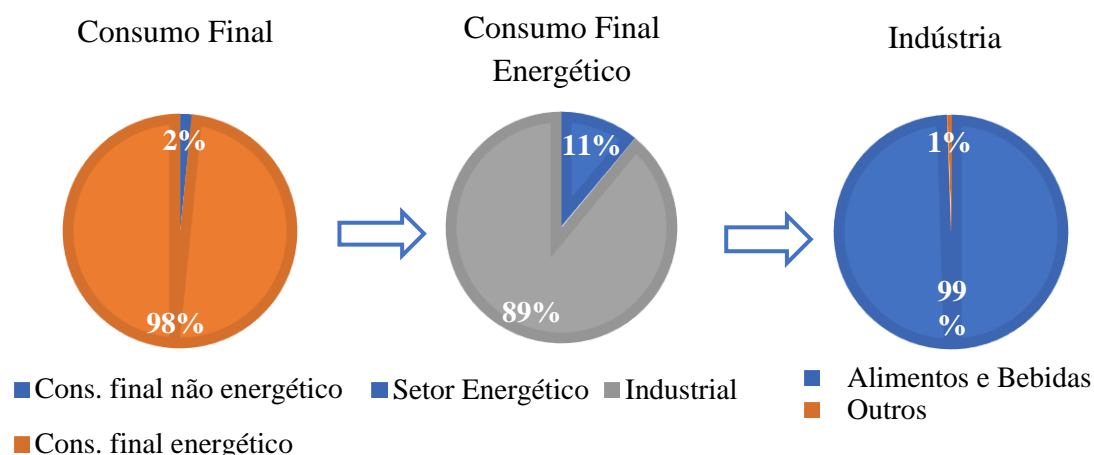


Fonte: Elaboração própria a partir de dados do MF Rural (2019).

Análise de demanda

Nas Figuras 3, 4 e 6 são apresentados os principais setores demandantes de bagaço de cana, de lenha e de carvão vegetal no Estado de São Paulo. Na Figura 3, é possível constatar que a maior demanda por bagaço de cana é para uso no setor energético, sendo utilizado na própria usina. Apenas 11% do bagaço produzido é consumido no setor industrial, principalmente pelo setor de alimentos e bebidas. Deste modo, pode-se afirmar que, apesar de grande parte das usinas produtoras de açúcar e algo serem autossuficientes na produção de energia e vapor, ainda conseguem, em alguns casos, vender seus excedentes de energia para o Sistema Interligado Nacional – SIN (EPE, 2018c).

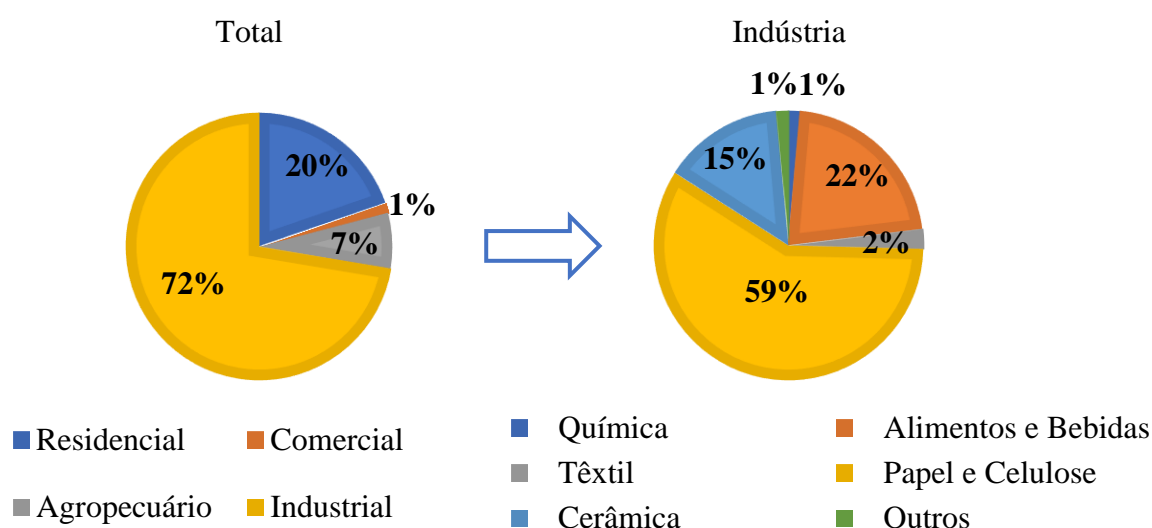
Figura 3. Participação setorial do consumo final de bagaço de cana (%) – São Paulo, 2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de São Paulo (2017).

A Figura 4 mostra o uso da lenha. A indústria corresponde a 72% do consumo total do produto, sendo o segmento de papel e celulose o maior demandante, com 59% do consumo total da indústria. No setor de papel e celulose, as principais fontes de energia térmica utilizadas são a lixívia (licor negro) e a lenha (EPE, 2018b). Ademais, no setor de alimentos e bebidas, a lenha é a terceira fonte de energia mais utilizada, sendo a primeira o bagaço de cana e a segunda a eletricidade (EPE, 2018a). Além da indústria, conforme representado na Figura 4, a segunda maior demanda por lenha é para uso doméstico.

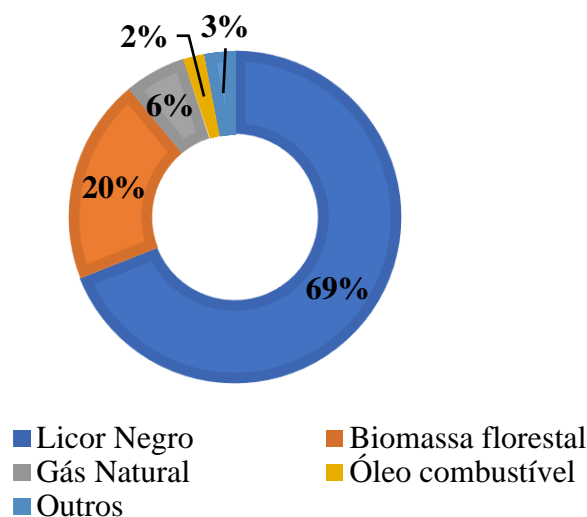
Figura 4. Participação setorial do consumo final de lenha (%) – São Paulo, 2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de São Paulo (2017).

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2020), as indústrias de árvores dependem, praticamente, apenas dos subprodutos de seus processos para geração de energia térmica e elétrica. Nota-se, na Figura 5, que a maior parte da energia utilizada pelo setor vem do licor negro e da biomassa florestal.

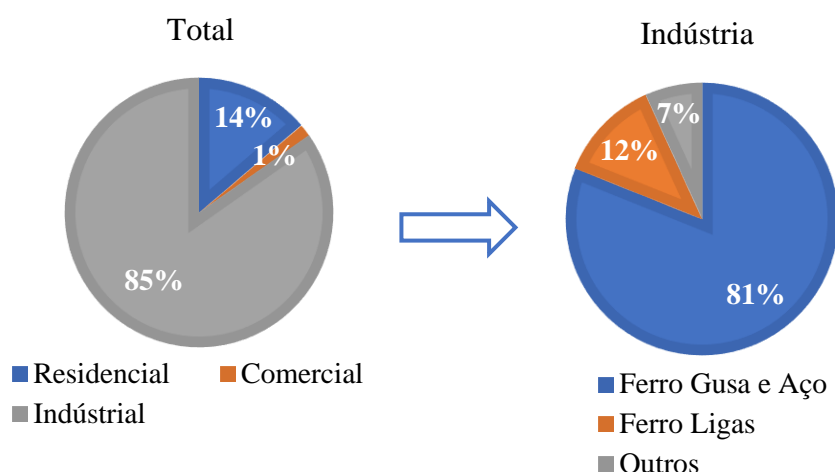
Figura 5. Fontes de energia utilizadas pela indústria de árvores, Brasil – 2019.



Fonte: IBÁ (2020).

Em relação ao consumo de carvão vegetal, conforme revelado na Figura 6, a indústria tem uma participação de 85%, sendo o maior demandante a indústria siderúrgica para produção de ferro gusa e aço, com 81%. Conforme a IBÁ (2019), o Brasil é o maior demandante mundial de carvão vegetal para produção de aço. Este fato traz vantagens econômicas e ambientais ao país quando comparado com aqueles países que dependem do carvão mineral para produção de aço. Além da indústria, o consumo residencial é responsável pelo uso de 14% do total.

Figura 6. Participação setorial do consumo final de carvão vegetal (%) – São Paulo, 2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de São Paulo (2017).

Segundo Castanho Filho et al. (2015), a madeira de eucalipto produzida no Estado de São Paulo é consumida principalmente pela indústria de papel e celulose e pelo mercado de painéis e chapas de madeira, com uma representação da demanda em 60%. Ainda, conforme os autores, cerca de 30% a 35% da madeira é destinada para fins energéticos nas indústrias de construção civil, de cerâmica e de alimento e, em menor escala, para uso em pequenas empresas (padarias, pizzarias, docerias, etc.).

Em relação à demanda de briquete, ele é consumido por diversos segmentos, tais como: cervejarias, pizzarias, hospitais, tinturarias, cerâmicas, laticínios, abatedouros, panificadoras, indústria de refrigerante, entre outros. No setor de serviços, por exemplo, o briquete é utilizado nos aquecedores de pousadas, hotéis e piscinas (demandam água quente e vapor) e em caldeiras de lavanderias de hotéis, hospitais e penitenciárias. Nas indústrias, os exemplos de uso mais comuns do briquete são em secadores e torradores (para torrar e secar grãos e farinhas), em caldeiras (de abatedouros e em indústrias que fazem a recauchutagem de pneus) e em fornalhas de tinturarias (Lippel, 2020b).

Em relação à demanda por briquete em pizzarias e padarias, estima-se que seriam necessários, na região metropolitana da cidade de São Paulo, cerca de 36 mil toneladas por mês para atender a demanda de 5 mil pizzarias e de 8 mil padarias, em que a lenha corresponde a 70% do combustível utilizado (Martinazzo, Araújo & Souza Teodoro, 2016). Conforme Sgarbi et al. (2013), estima-se que são utilizados apenas 2% de briquetes nas pizzarias que utilizam madeira de eucalipto (representam 80%).

Segundo Andrade Lopes, Brito e Moura (2016), um dos maiores demandantes de cavaco de madeira é o setor de cerâmica de porte médio no Estado de São Paulo, no qual o cavaco corresponde a 80% da biomassa sólida utilizada para geração de energia.

A casca de arroz, por sua vez, possui baixo valor no mercado em decorrência da sua natureza abrasiva. Esta biomassa costuma ser utilizada para secar os grãos na própria produção do arroz e gerar eletricidade. Isto acontece em decorrência do seu poder calorífico, granulometria, baixo teor de umidade, elevado teor de voláteis e sua utilização para evitar o gasto com transporte na aquisição de outros tipos de biomassa. Além disso, após a queima da casca, as cinzas resultantes podem ser destinadas na fabricação de vidro, cimento, para tratamento de efluentes etc. (Fernandez et al., 2016).

Análise energética dos materiais

Os resultados obtidos para a análise imediata estão expressos na Tabela 2, sendo os tipos de materiais expressos por T1 (briquete de eucalipto), T2 (cavaco de eucalipto), T3 (cavaco de pinus), T4 (serragem de eucalipto), T5 (lenha de eucalipto), T6 (madeira de eucalipto), T7 (casca de arroz), T8 (carvão) e T9 (bagaço de cana-de-açúcar).

As informações da Tabela 2 permitem identificar que a serragem e o cavaco de eucalipto e de pinus possuem Teor de Carbono Fixo (TCF) semelhantes, enquanto o carvão, a lenha, o briquete e a madeira de eucalipto os materiais contêm TCF's mais elevados. Conforme Lin et al. (2016), quanto maior o TCF, mais duradouro será o processo de combustão do material. Neste contexto, Figueiredo (2018) ao analisar o alto-forno de uma indústria siderúrgica, chegou à conclusão de que o aumento do TCF melhora o rendimento da combustão.

Tabela 2. Análise imediata dos materiais, em %.

Propriedades	T1 ¹	T2 ²	T3 ³	T4 ⁴	T5 ⁵	T6 ⁶	T7 ⁷	T8 ⁸	T9 ⁹
TCF	18,17	17,27	17,20	17,90	21,42	23,40	2,39	76,85	15,40
TMV	81,53	83,24	82,62	80,54	77,04	75,68	82,09	22,82	69,00
TC	0,30	0,57	2,00	1,57	1,54	0,90	15,51	0,33	15,40

Onde: TC = Teor de Cinzas; TMV = Teor de Matérias Voláteis; TCF = Teor de Carbono Fixo.
T1 = briquete de eucalipto; T2 = cavaco de eucalipto; T3 = cavaco de pinus; T4 = serragem de eucalipto; T5 = lenha de eucalipto; T6 = madeira de eucalipto; T7 = casca de arroz; T8 = carvão; T9 = bagaço de cana-de-açúcar.

Fonte: ¹ Quirino et al. (2012); ² Borges (2015); ³ Cieslinski (2014); ⁴ Silva et al. (2015); ⁵ Silva Ignacio, Almeida Santos, & Duarte (2019); ⁶ Melo (2016); ⁷ Vieira et al. (2013) ⁸ Soares et al. (2015); ⁹ Ponte et al. (2019).

Diferentemente do TCF, o Teor de Cinzas (TC) interfere de maneira negativa no funcionamento e aumenta o desgaste das paredes do alto-forno. O conteúdo da Tabela 2 também permitem identificar que, o alto TC do bagaço de cana, e da casca de arroz faz com que estas biomassas possuam valores inferiores de TCF em relação aos demais produtos analisados.

Em relação ao elevado TC presente na casca de arroz e no bagaço de cana, Fernandez et al. (2016) relatam que as cinzas interferem de maneira negativa na combustão dos materiais, já que não fazem parte do processo de queima, o que diminui o PCS.

Ademais, as cinzas prejudicam o processo de queima dos combustíveis sólidos, pois danifica e diminui a vida útil da caldeira. A cinza da casca de arroz é composta por 92% de sílica, sendo este material considerado corrosivo aos equipamentos, por ser uma substância abrasiva (Ferreira, Ferreira, & Teixeira, 2014).

O Teor de Materiais Voláteis (TMV) elevado favorece a ignição, assim como a estabilidade da chama e a velocidade de combustão (Souza et al., 2016). Nota-se que os materiais que possuem maior TMV, conforme a Tabela 2, são o briquete, o cavaco de eucalipto e de pinus, a serragem e a casca de arroz.

Em relação ao Poder Calorífico Superior (PCS), percebe-se, na Tabela 3, que o material que possui maior valor é o carvão. Já os materiais que possuem menor PCS são a casca de arroz e o bagaço de cana. De acordo com Figueiredo (2018), a carbonização em altas temperaturas é uma característica da fabricação do carvão. Desta forma, conforme ocorre o aumento da temperatura de carbonização, aumenta-se o teor de carbono fixo e diminui-se o teor de materiais voláteis da biomassa, o que conseqüentemente aumenta o poder calorífico do carvão.

Os materiais que possuem maior densidade, conforme a Tabela 3, são o briquete, a lenha e a madeira de eucalipto. A densidade energética (obtida pelo produto do poder calorífico com a densidade) deve ser levada em consideração como critério de escolha do material para ser utilizado para queima, já que ela aumenta o rendimento da combustão (Quirino, 2012). O carvão, neste caso, apesar de ter baixa densidade a granel, possui uma densidade energética elevada por conta do seu poder calorífico ser elevado.

Tabela 3. Poder calorífico Superior (PCS), Densidade Básica (Db) e Densidade a granel (DG) dos materiais.

Propriedades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
PCS (MJ/Kg)	18,95 ¹	17,96 ³	17,58 ⁵	19,18 ⁶	18,20 ⁷	17,74 ⁹	12,92 ¹¹	31,18 ¹²	15,20 ¹³
DG (kg/m ³)	-	186,00 ⁴	210,62 ⁵	120 ⁶	-	-	114,10 ¹¹	321,00 ¹²	80,00 ¹³
Db (kg/m ³)	1182 ²	-	-	-	440 ⁸	490 ¹⁰	-	-	-

Onde: T1 = briquete de eucalipto; T2 = cavaco de eucalipto; T3 = cavaco de pinus; T4 = serragem de eucalipto; T5 = lenha de eucalipto; T6 = madeira de eucalipto; T7 = casca de arroz; T8 = carvão; T9 = bagaço de cana-de-açúcar.

Fonte: ¹ Quirino et al. (2012); ² Barros et al. (2012); ³ Borges (2015); ⁴ Pedrazzi et al. (2010); ⁵ Garcia, Caraschi, & Ventorim (2013); ⁶ Silva et al. (2015); ⁷ Silva Ignacio, Almeida Santos, & Duarte (2019); ⁸ Gatto et al. (2003); ⁹ Melo (2016); ¹⁰ Silva Oliveira, Hellmeister, & Filho (2005); ¹¹ Moraes et al. (2006); ¹² Barros (2014); ¹³ Ponte et al. (2019).

Conforme as informações da Tabela 4, que foram retiradas de um estudo realizado na Região Metropolitana de Sorocaba, o briquete e a lenha de eucalipto possuem maior preço médio/m³. Segundo Areias et al. (2020), o custo de energia foi calculado levando em consideração o custo com o frete, a densidade energética do material e o preço, sendo as biomassas com o menor custo o cavaco de eucalipto e a tora. Neste estudo, o preço da tora já incluiu o custo com a colheita. Em relação à oferta média diária de biomassa, percebe-se que a lenha, a tora e o cavaco de eucalipto possuem maior capacidade de oferta pelos fornecedores.

Tabela 4. Preço médio, oferta média diária e custo de energia de algumas fontes de biomassa.

Biomassas	Preço médio/m ³	Custo de energia R\$/MJ	Oferta média diária (ton.)
Briquete	395	0,023	12
Lenha de eucalipto	87	0,011	686
Tora de eucalipto	76	0,008	21.217
Cavaco de eucalipto	50	0,005	534
Serragem de eucalipto	43	0,011	85
Casca de arroz	36	0,012	16

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Areias et al. (2020).

Em relação ao carvão, ao cavaco de pinus e ao bagaço de cana, após pesquisa realizada no *website* MF Rural, foram encontrados os preços de R\$ 1.000 para o carvão e de R\$ 40 para o bagaço e o cavaco de pinus.

O Quadro 2 resume as principais vantagens e desvantagens no uso das biomassas analisadas, em relação à produção, ao número de fornecedores, ao preço, ao custo de energia e às suas respectivas propriedades energéticas.

Quadro 2. Vantagens e desvantagens na utilização das biomassas analisadas no Estado de São Paulo.

	Vantagens	Desvantagens
Briquete	Densidade elevada TCF	Disponibilidade de fornecedores Baixa produção Preço Custo de energia
Serragem	PCS Preço	Baixa densidade Disponibilidade de fornecedores
Casca de arroz	Preço	TC Baixa densidade Disponibilidade de fornecedores Baixa produção
Floresta de eucalipto	PCS TCF Alta produção Disponibilidade de fornecedores Custo de energia	Preço
Lenha de eucalipto	PCS TCF Alta produção Disponibilidade de fornecedores	Preço
Bagaço de cana	Alta produção Preço	TC Baixa densidade Disponibilidade de fornecedores
Carvão vegetal	PCS TCF	Disponibilidade de fornecedores Preço
Cavaco de pinus	PCS Preço	Baixa densidade Disponibilidade de fornecedores
Cavaco de eucalipto	PCS Disponibilidade de fornecedores Preço Alta produção Custo de energia	Baixa densidade

Fonte: Elaboração própria.

De maneira geral, os materiais que apresentaram vantagens em relação à disponibilidade de fornecedores foram a floresta, lenha e cavaco de eucalipto. Em relação às propriedades

energéticas, os materiais que apresentaram mais vantagens para queima foram: carvão vegetal, madeira, briquete, cavaco e lenha de eucalipto e cavaco de pinus. Em relação ao preço, o cavaco de pinus e de eucalipto, a casca de arroz, a serragem de eucalipto e o bagaço de cana apresentaram os menores valores. A casca de arroz e o bagaço de cana apresentam vantagens para serem utilizadas em suas próprias indústrias, já que reduzem os custos com logística e com a compra de materiais para queima.

4. Considerações Finais

As biomassas que possuem maior número de fornecedores no Estado de São Paulo são a floresta em pé, a lenha e o cavaco de eucalipto. Ao analisar a oferta, constatou-se que os materiais que possuem maior produção no estado são o bagaço de cana, a floresta e a lenha de eucalipto. O bagaço de cana, mesmo sendo a principal biomassa produzida no estado, possui pouca oferta e um reduzido número de fornecedores. Isto se deve ao fato de que este produto é utilizado, em sua maior parte, na geração de energia nas próprias usinas do setor sucroenergético, e o restante no setor de alimentos e bebidas.

Em relação à demanda, a casca de arroz, o bagaço de cana, a serragem e o cavaco são as biomassas mais utilizados para geração de energia nos setores sucroenergético, arrozeiro, moveleiro e de cerâmica vermelha. Assim como os demais materiais, a lenha e o carvão são mais utilizados no setor industrial, havendo uma maior demanda pelo setor de papel e celulose e pela siderurgia, respectivamente.

Os materiais que apresentaram, por meio da análise das propriedades energéticas, mais vantagens de serem utilizadas para produção de energia foram o carvão vegetal, a madeira, o briquete, o cavaco e a lenha de eucalipto e o cavaco de pinus.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

Andrade Lopes, G. de, Brito, J. O., & Moura, L. F. de. (2016). Uso energético de resíduos madeireiros na produção de cerâmicas no Estado de São Paulo. *Ciência Florestal*, 26 (2), 679-686. doi:10.5902/1980509822767.

Andreoli, C. (2008). Convergência de agricultura e energia: produção de biomassa celulósica para biocombustíveis e eletricidade. *Revista Economia e Energia*, 11 (66), 3-13. Recuperado de: https://ecen.com/eee66/eee66p/convergencia_de_agricultura_e_energia.htm

Areias, A. A., Cruz Júnior, J. C., Faria, L. C. de, & Yamaji, F. M. (2020). A logistical and economical approach to coordinating a biomass supply chain, including energy characteristics. *Research, Society and Development*, 9(8), e757986050. doi:10.33448/rsd-v9i8.6050

Barros, J. L. de. (2014). *Caracterização de blendas e briquetes de carvões vegetal e mineral*. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis), Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, Brasil.

Barros, V. C. C. de, Cassia Oliveira Carneiro, A. de, Vital, B. R., & Jacovine, L. A. G. (2012). Produção de briquetes a partir de resíduos de eucalipto e oleaginosas. *Revista da Madeira*, 23. Recuperado de: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1638&subject=Briquetes&title=Produ%20de%20briquetes%20a%20partir%20de%20res%20de%20eucalipto%20e%20oleaginosas

Borges, A. C. P. (2015). *Caracterização energética do cavaco de Eucalyptus grandis “in natura” e torrefeito*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial), Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil.

Brainer, M. S. C. P. (2018). Setor moveleiro: Aspectos gerais e tendências no brasil e na área de atuação do BNB. *Caderno Setorial ETENE*, 3 (34).

Castanho Filho, E. P., Campos, A. D. C., Freitas, S. M. de, & Angelo, J. A. (2015). *Mercado de produtos florestais*. Instituto de Economia Agrícola – IEA: Análises e Indicadores do Agronegócio, 10 (8), 1-5.

Cieslinski, J. E. F. (2014). *Estudo da emissão e do controle dos gases e particulados provenientes da queima de biomassa*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, Brasil.

EPE. (2018a). Empresa de Pesquisa Energética. *Análise da eficiência energética em segmentos industriais selecionados: Segmento alimentos e bebidas*. Rio de Janeiro: EPE.

EPE. (2018b). Empresa de Pesquisa Energética. *Análise da eficiência energética em segmentos industriais selecionados: Segmento celulose e papel*. Rio de Janeiro: EPE.

EPE. (2018c). Empresa de Pesquisa Energética. *Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017*. Rio de Janeiro: EPE.

Felfli, F. F., Mesa, J. M., Rocha, J. D., Filippetto, D., Luengo, C. A., & Pippo, W. A. (2011). Biomass briquetting and its perspectives in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, 35, 236-242. doi:10.1016/j.biombioe.2010.08.011.

Fernandez, B. O., Gonçalves, B. F., Pereira, A. C. C., Hasnted, A. L. S., Pádua, F. A., Da Róz, A. L., & Yamaji, F. M. (2016). Características Mecânicas e Energéticas de Briquetes Produzidos a partir de Diferentes Tipos de Biomassa. *Revista Virtual de Química*, 9 (1), 1-10. doi:10.21577/1984-6835.20170005.

Ferreira, P. T., Ferreira, M. E., & Teixeira, J. C. (2013). Analysis of Industrial Waste in Wood Pellets and Co-combustion Products. *Waste Biomass Valor*, 5 (4), 637-650. doi:10.1007/s12649-013-9271-6.

Figueiredo, M. E. O., Longue Júnior, D., Pereira, A. K. S., Carneiro, A. de C. O., & Silva, C. M. S. da. (2018). Potencial da madeira de *Pterogyne nitens* Tul. (madeira-nova) para produção de carvão vegetal. *Ciência Florestal*, 28 (1), 420-431. doi:10.5902/1980509831620

Garcia, D. P., Caraschi, J. C., & Ventorim, G. (2013). Caracterização energética de pellets de madeira. *Revista da Madeira*, 24 (135), 14-16. Recuperado de: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1665&subject=Pellet

Gatto, D., Santini, E., Haselein, C., & Durlo, M. (2003). Características da lenha produzida na região da quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, 13(2), 7-16. doi:10.5902/198050981737

IBÁ. (2019). Indústria Brasileira de Árvores. *Carvão Vegetal*. Recuperado de: <https://www.iba.org/carvao-vegetal-2>.

IBÁ. (2020). Indústria Brasileira de Árvores. *Relatório 2020*. Brasília: IBÁ.

IBGE. (2016). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Banco de Dados Agregados de Extração de madeira em florestas plantadas*. Classificação Nacional de Atividades Econômicas. Recuperado de: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/classificacoes/cnae2.0/default.shtm>.

IBGE. (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal – PAM*. Recuperado de: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-epecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes>. Html ?t=resultados.

Lin, Y., Ma, X., Peng, X., Yu, Z., Fang, S., Lin, Y., & Fan, Y. (2016). Combustion, pyrolysis and char CO₂-gasification characteristics of hydrothermal carbonization solid fuel from municipal solid wastes. *Fuel*, 181, 905-915. doi:10.1016/j.fuel.2016.05.031

Lippel. (2020a). *Tipos de resíduos*. Recuperado de: <http://www.lippel.com.br/br/tipos-de-residuos.html>.

Lippel. (2020b). *Briquete de biomassa e carvão*. Recuperado de: <https://www.lippel.com.br/artigos-academicos/briquetes-de-biomassa-e-carvao/>

Louzada Júnior, M. A., Sampaio Alves, M. C. de, Domenico Valarelli, I. de, & Angelo Sanchez, L. E. de. (2017). O contexto brasileiro e as oportunidades de aproveitamento de resíduos de madeira. *Revista Saúde e Meio Ambiente*, 5 (3), 24-40. Recuperado de: <https://periodicos.ufms.br/index.php/sameamb/article/view/5254>.

Martinazzo, A. P., Araújo, N. L. de, & Souza Teodoro, C. E. de. (2016). Panorama da produção brasileira de briquetes a partir de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Produtos*

Agroindustriais, 18 (3), 305-312. Recuperado de: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev183/rev1839.pdf>

Mayer, F. D., Castellaneli, C., & Hoffmann, R. (2007). Geração de energia através da casca de arroz: uma análise ambiental. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. 27, Foz do Iguaçu, Brasil. Recuperado de: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650480_0007.pdf

Melo, R. X. de. (2016). *Avaliação de um sistema florestal de curta rotação de Eucalyptus spp. em função da desbrota e adubação*. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.

MF Rural (2019). Recuperado de: <https://www.mfrural.com.br/>

Morais, M. R., Seye, O, Freitas, K. T. de, Rodrigues, M., Santos, E. C. S. dos, & Souza, R. C. R. (2006). Obtenção de briquetes de carvão vegetal de cascas de arroz utilizando baixa pressão de compactação. In: *Encontro de Energia no Meio Rural*. 6, Campinas, Brasil. Recuperado de: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v2/089.pdf>.

Pedrazzi, C., Colodette, J., Oliveira, R., Muguet, M., & Gomide, J. (2010). Avaliação das propriedades físico-mecânicas de polpas produzidas por novas sequências de branqueamento. *Ciência Florestal*, 20(1), 123-135. doi:10.5902/198050981766

Pereira A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf.

Ponte, M. R., Gadelha, A. M. T., Luna Machado, Y. de, Lopes, A. S., Malveira, J. Q., Mazzetto, S. E., Lomonaco, D., & Sousa Rios, M. A. de. (2019). Blendas de bagaço de cana-de-açúcar, podas de mangueira e cajueiro: caracterização das propriedades e investigação de seus potenciais energéticos. *Revista Matéria*, 24 (2), e12372. doi:10.1590/s1517-707620190002.0687.

Quirino, W. F., Oliveira Pinha, I. V. de, Oliveira Moreira, A. C. de, Souza, F. de & Filho, M. T. (2012). Densitometria de raios x na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira. *Revista Scientia Forestalis*, 40 (96), 525-536. Recuperado de: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr96/cap11.pdf>

Ribeiro, M. C. P., Nadal, C. P., Rocha Junior, W.F., Fragoso, R. M. S., & Lindino, C. A. (2020). Institutional and Legal Framework of the Brazilian Energy Market: Biomass as a Sustainable Alternative for Brazilian Agribusiness. *Sustainability*, 12, 1554. doi:10.3390/su12041554

Ruan, R., Zhang, Y., Chen, P., Liu, S., Fan, L., Zhou, N., Ding, K., Peng, P., Cheng, Y., Anderson, E., Wang, Y., Liu, Y., Lei, H., Li, B. (2019). Biofuels: Introduction. In: Padey, A., Larroche, C., Dussap, C.G., Gnansounoukhanal, E. S. K., & Ricke, S. (eds.) *Biofuels: Alternative feedstocks and conversion processes for the production of liquid and gaseous biofuels*. Elsevier, 3-43.

São Paulo (Estado). (2017). *Balanço Energético do Estado de São Paulo 2017: Ano Base 2016*. Secretaria de Energia e Mineração, São Paulo, Brasil.

São Paulo (Estado). (2019). *Vale do Paraíba se destaca pela produção de arroz*. SP Notícias. Recuperado de: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/vale-do-paraiba-se-destaca-pela-producao-de-arroz/>.

Sgarbi, F. A., Salinas, D. T. P., Santos, E. M., & Simões, A. F. (2013). Fuelwood as an energy source for the commercial cooking sector- an overview analysis focused in the city of São Paulo, Brazil. *Biomass Bioenergy*, 58, 313–321. doi:10.1016/j.biombioe.2013.09.007

Silva Ignacio, L. H. da, Almeida Santos, P. E. de, & Duarte, C. A. R. (2019). An experimental assessment of *Eucalyptus urosemite* energy potential for biomass production in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 361-369. doi:10.1016/j.rser.2018.12.053

Silva, D., Nakashima, G., Barros, J., Da Roz, A., & Yamaji, F. (2015). Caracterização de biomassas para a briquetagem. *Floresta*, 45(4), 713-722. doi:10.5380/rf.v45i4.39700

Soares, V. C, Bianchi, M. L., Trugilho, P. F., Höfler, J., & Pereira Júnior, A. (2015). Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. *Cerne*, 21(2), 191-197. doi:10.1590/01047760201521021294

Sousa Dias, J. M. C., Souza, D. T. de, Braga, M., Onoyama, M. M.; Miranda, C. H. B., Barbosa, P. F. D., & Rocha, J. D. (2012). *Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais*. Documentos, 13. Brasília: Embrapa Agroenergia.

Souza, N. D. de, Amodei, J. B., Xavier, C. N., Dias Júnior, A. F., & Carvalho, A. M. de. (2016). Estudo de Caso de uma Planta de Carbonização: Avaliação de Características e Qualidade do Carvão Vegetal Visando Uso Siderúrgico. *Floresta e Ambiente*, 23(2), 270-277. doi:10.1590/2179-8087.106114

UNICA (2020). União da Indústria de Cana-de-açúcar. *Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol – safra 2019-2020*. Recuperado de: <https://observatoriodacana.com.br/historico-de-area-inep.php?idMn=34&tipoHistorico=6&acao=visualizar&idTabela=2380&estado=S%25C3%25A3o%2BPaulo&nivelAgregacao=2&mesorregiao=Ribeir%25C3%25A3o%2BPreto&safrIni=2019%2F2020&safrFim=2019%2F2020>

Vieira, A. C., Souza, S. N. M. de, Bariccatti, R. A., Siqueira, J. A. C., Nogueira, C. E. C. (2013). Caracterização da casca de arroz para geração de energia. *Revista Varia Scientia Agrárias*, 3 (1), 51-57. <http://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/6100>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Adriana Aparecida Areias – 60%

José César Cruz Júnior – 20%

Fábio Minoru Yamaji – 20%