

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

FELIPE FONTES ALIOTTE

**INDICADOR DE PREÇO PARA VALORAÇÃO DA BIOMASSA A PARTIR DA  
GERAÇÃO DE VAPOR NO ESTADO DE SÃO PAULO**

SÃO PAULO  
2020

FELIPE FONTES ALIOTTE

**INDICADOR DE PREÇO PARA VALORAÇÃO DA BIOMASSA A PARTIR DA  
GERAÇÃO DE VAPOR NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócio

Área de concentração: Agroenergia

Orientador Prof. Dr. Bruno Galvêas Laviola

SÃO PAULO

2020

Aliotte, Felipe Fontes.

Indicador de preço para valoração da biomassa a partir da geração de vapor no estado de São Paulo / Felipe Fontes Aliotte. - 2020.

44 f.

Orientador: Bruno Galvêas Laviola.

Dissertação (mestrado profissional MPAGRO) – Fundação Getulio Vargas, Escola de Economia de São Paulo.

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Energia elétrica. 3. Biomassa. 4. Biocombustíveis. 5. Preços. I. Laviola, Bruno Galvêas. II. Dissertação (mestrado profissional MPAGRO) – Escola de Economia de São Paulo. III. Fundação Getulio Vargas. IV. Título.

CDU 620.91

Ficha Catalográfica elaborada por: Isabele Oliveira dos Santos Garcia CRB SP-010191/O  
Biblioteca Karl A. Boedecker da Fundação Getulio Vargas - SP

FELIPE FONTES ALIOTTE

**INDICADOR DE PREÇO PARA VALORAÇÃO DA BIOMASSA A PARTIR DA  
GERAÇÃO DE VAPOR NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócio

Área de concentração: Agroenergia

Data de Aprovação:

\_\_/\_\_/\_\_\_\_

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Bruno Galvêas Laviola  
Embrapa Agroenergia

---

Prof. Dr. Angelo Costa Gurgel  
FGV-SP

---

Prof. Dr. José Dilcio Rocha  
Embrapa Territorial

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos são primeiramente a Deus, pela oportunidade de vida e conhecimento que me trouxeram até este momento e por tudo que o Senhor tem de planos em minha vida. Aos meus pais, irmãos e sobrinhos, pelo suporte familiar de sempre, mesmo que hoje mais distantes fisicamente, estamos sempre ligados. À minha segunda família que me acolheu mais do que genro e cunhado e em especial a minha esposa Joseane há quem muito sou grato pelo apoio irrestrito e pelo carinho, sempre.

Gostaria de agradecer o apoio da São Martinho que em nome do Helder e do João Victor, me apoiaram para atingir este objetivo que muito deve contribuir para minha carreira profissional. Alê e Eula, pelo apoio em todas as necessidades e aos professores e amigos da turma do MP-Agro 11 pela parceria nos estudos e amizades que tentaremos manter daqui em diante.

Não poderia de deixar de agradecer aos professores membros da banca, Angelo e José Dilcio que ao longo das aulas foram me mostrando o caminho para as ideias desse trabalho com sugestões valiosas e em especial ao meu orientador, Bruno Laviola, por ter aceito o desafio de me orientar em um tema carente de publicações, mas com grande potencial de desenvolvimento por todo o país.

## RESUMO

O crescimento da população e o desenvolvimento das nações passam pelo aumento no uso de novas tecnologias, interligando as “coisas” e facilitando a vida das pessoas. O mundo moderno e dinâmico carece de um crescimento no consumo energético capaz de proporcionar o conforto dos lares, facilidade de transporte e grande interação entre pessoas e objetos, gerando a necessidade de volume de produtos e informações muito elevada. Mesmo com o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e com menor consumo energético por unidade, toda essa demanda prevista carece da ampliação das fontes de energia, em especial a elétrica. No entanto, o mundo se depara, ainda, com fontes finitas e insuficientes para atender esta demanda. A substituição do uso de combustíveis fósseis por fontes alternativas renováveis com vistas à sustentabilidade ambiental, econômica e social é de grande relevância na busca por sistemas produtivos mais eficientes capaz de suprir o crescimento de demanda no futuro. Dentre as diferentes fontes de matéria-prima para geração de energia limpa, o Brasil se destaca na riqueza de ofertas de biomassa, com destaque para o cavaco de madeira e o bagaço de cana. Ocorre que existe ainda uma grande assimetria de informação e diversidade de fontes e uso da biomassa fazendo com que o mercado perca a referência de preço de mercado como base de valoração do produto. Para isto, este trabalho oferece a possibilidade de criar um indicador de preço para biomassa como balizador deste mercado. A partir dos dados levantados na literatura especializada, observa-se que o estado de São Paulo é o maior usuário neste mercado de biomassa. O método de centroide apontou a cidade de São Carlos, como uma relevante “praça” de referência de preços para o indicador. A elaboração de tabelas de equivalência entre toneladas de biomassa por tonelada de vapor e megawatt hora, possibilitou inferir os possíveis preços do indicador para o bagaço de cana e o cavaco de madeira, caso utilizasse como referências os preços praticados no mercado de energia no ano de 2019. Por fim, como conclusão, a elaboração de um indicador de biomassa reduz a assimetria de informação entre os agentes, possibilitando um melhor controle e gestão de materiais, de forma a permitir novos estudos e novos mercados.

**Palavras-chave:** Bagaço de cana; Biomassa; Cavaco de madeira; Energia elétrica.

## ABSTRACT

Population growth and the development of nations include increasing the use of new technologies, connecting “things” and making people's lives easier. The modern and dynamic world lacks an increase in energy consumption capable of providing the comfort of homes, ease of transport and great interaction between people and objects, generating the need for a very high volume of products and information. Even with the development of more efficient technologies and with lower energy consumption per unit, all this expected demand lacks the expansion of energy sources, especially electrical. However, the world still faces finite and insufficient sources to meet this demand. The replacement of the use of fossil fuels with alternative renewable sources with a view to environmental, economic and social sustainability is of great relevance in the search for more efficient production systems capable of meeting the growth in demand in the future. Among the different sources of raw material for the generation of clean energy, Brazil stands out in the wealth of biomass offers, with an emphasis on wood chips and sugarcane bagasse. It happens that there is still a great asymmetry of information and diversity of sources and use of biomass, causing the market to lose the reference of market price as the basis for product valuation. For this, this work offers the possibility of creating a price indicator for biomass as a marker for this market. From the data collected in the specialized literature, it is observed that the state of São Paulo is the largest user in this biomass market. The centroid method pointed to the city of São Carlos, as a relevant price reference “square” for the indicator. The elaboration of equivalence tables between tons of biomass per ton of steam and megawatt hour, made it possible to infer the possible prices of the indicator for sugarcane bagasse and wood chips, if the prices practiced in the energy market in the year were used as references. 2019. Finally, as a conclusion, the development of a biomass indicator reduces the information asymmetry between agents, allowing better control and management of materials, in order to allow for new studies and new markets.

**Keywords:** Bagasse; Biomass; Wood chips; Electric power.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1	Contextualização do potencial de uso da biomassa	9
1.2	Dificuldades de precificar a biomassa	15
1.3	Objetivos	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>19</b>
2.1	Geração de energia a partir da biomassa	19
2.2	Principais matérias-primas de biomassa no estado de São Paulo	21
2.3	Principais origens de cavaco de madeira	22
2.4	Principais origens do bagaço de cana	23
2.5	Principais rotas para geração de energia a partir de biomassa	25
2.6	<i>Benchmark</i> de diferentes fontes de biomassa na geração de vapor	26
2.7	Tipos de caldeira para a geração de vapor	28
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>30</b>
3.1	Definição do município de referência e produtos para o indicador	30
3.2	Conversão do preço do Indicador de Biomassa	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>40</b>



## **1 INTRODUÇÃO**

O uso de biomassa já passou por vários ciclos, desde de seu uso mais primitivo com a queima da madeira pelo o homem das cavernas atingindo o auge durante o período da Revolução Industrial e queda após o início do uso do petróleo como principal fonte de energia no mundo. Atualmente, a biomassa tem retomado seu destaque comercialmente. Sua ampla utilização levou a inúmeros estudos, porém, quando se busca por formas de precificação da biomassa, não há publicações oficiais sobre o tema e tão pouco o uso de indicadores capazes de padronizar a precificação deste produto para uso nas mais diversas áreas. Essa dificuldade para se conceber a precificação, acontece principalmente porque são muitos os produtos que derivam da biomassa, e, portanto, também são muitas as especificidades de cada um.

Um exemplo são as usinas de cana-de-açúcar, onde muitas ainda se deparam com a dificuldade de precificação do bagaço da cana no momento de vender aos potenciais clientes. Isto se deve ao fato de que, até alguns anos atrás, o bagaço era entendido como um resíduo do processo produtivo do açúcar e do etanol, sem valor de mercado, onde, em muitos casos, não se tem ideia do quanto os potenciais compradores estariam dispostos a pagar pela biomassa.

### **1.1 Contextualização do potencial de uso da biomassa**

Conforme projeções das Nações Unidas, a população mundial deve totalizar 9,8 bilhões de pessoas até 2050 (UN DESA, 2017). Dentre as várias necessidades mundiais que o aumento populacional deve acender, a capacidade energética, principalmente a elétrica, configura entre as cinco principais necessidades para as próximas gerações. É notório que a oferta de energia é um dos principais gargalos a serem superados frente à crescente demanda pelos serviços que demandam o uso de energia elétrica. Diante desse cenário, o mundo se depara com a necessidade de empregar novas fontes de energia, que estejam alinhadas com o conceito de sustentabilidade. Nesse sentido, o uso da biomassa retorna ao cenário energético como fonte promissora de oferta de eletricidade.

Estima-se que até 2050, o desenvolvimento das nações trará cerca de 90% da população mundial a níveis de consumo de países desenvolvidos, o que leva a

considerar uma grande demanda global de energia, que proporciona a necessidade de investimentos na busca por fontes energéticas alternativas e novas tecnologias mais eficientes. Nesse contexto, o Brasil tem papel fundamental em prover fontes de energias sustentáveis e viáveis economicamente a partir do bagaço de cana, serragem, briquetes e pellets, tanto para uso no mercado interno, quanto para outros mercados, auxiliando, inclusive, em metas de redução de gases de efeito estufa (DE MORAES *et al.*, 2017).

O uso da biomassa remonta aos tempos mais antigos, pois iniciou-se quando o homem passou a utilizá-la para a geração de calor desde de os tempos da caverna. Entretanto, foi entre os séculos XVIII e XIX, com a geração e controle do vapor provenientes da queima de lenha e carvão vegetal que houve grandes feitos ao longo do período da Revolução Industrial. Apesar do longo histórico de uso, o conceito de biomassa passou a ser adotado, a partir de Eugene Adam como sendo o material produzido por todos seres vivos, em algum momento de seu ciclo, oriundos dos cinco reinos biológicos: plantas, animais, fungos, protistas e moneranos (MARGULIS<sup>1</sup>, 1974 *apud* CHUNG, 1996).

Em 1850, a biomassa representava 85% do consumo mundial de energia e, era praticamente a única fonte usada pelo homem, além da força dos ventos (para navegação), animais domesticados (na agricultura) e pequenas quantidades de carvão para aquecimento residencial (GOLDEMBERG, 2009).

Em 1859, houve a perfuração do primeiro poço de petróleo, em escala comercial, na Pensilvânia, nos EUA, que possibilitou uma rápida substituição da biomassa por derivados do combustível fóssil que junto com o carvão mineral e gás natural passaram a ser as principais fontes de energia mundial. Atualmente, ainda representam aproximadamente 81% de toda oferta mundial, segundo dados do *International Energy Agency* (IEA) (EIA, 2019).

Até os anos de 1970, a geração de energia a partir da biomassa estava muito associada à queima de madeira extraída de florestas nativas. Todavia, este modelo passou a ter uma nova visão quando se passou a utilizar áreas de florestas plantadas para obtenção do combustível (madeira), voltando a ser considerada uma

---

<sup>1</sup> Margulis, (1974), *Envoi. Biol.* 7,45-78.

alternativa energética “moderna” e viável a partir da crise do petróleo em 1973 e 1979, para abastecimento de usinas térmicas e centrais elétricas (BORGES *et al.*, 2017).

A biomassa pode ser nomeada em: “tradicionais” – aquelas empregadas de maneira rústica, utilizadas em residências para aquecimento e alimentação, com destaque para os resíduos florestais, madeira de desflorestamento e dejetos de animais, e também, “modernas” – como fonte de matéria-prima para geração de energias mais eficientes, como combustíveis (etanol e biodiesel) e geração de energia elétrica, além de outros produtos, sendo derivados do bagaço de cana-de-açúcar, da madeira de reflorestamento e demais resíduos agrícolas e urbanos. (BORGES *et al.*, 2017).

Em 1985, com a queda dos preços do petróleo, a biomassa perdeu competitividade, retomando ao cenário internacional a partir dos anos 1990, quando o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas de transformação e ameaça de esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, deram uma nova temática ambiental nas discussões sobre desenvolvimento sustentável após a assinatura do Protocolo de Quioto em 1997 (BORGES, *et al.*, 2017).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU) (1986), com o crescimento econômico acelerado de alguns países, baseado em fontes de energia finitas (petróleo, gás natural e carvão mineral), houve o aumento expressivo na emissão de gases poluentes. Ao mesmo tempo, foi percebido um aumento de doenças respiratórias nestes países e também algumas alterações do clima, resultando na criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), em 1988, com o objetivo de montar grupos de trabalho com assuntos específicos e interdisciplinares sobre as alterações climáticas e seus impactos aos seres humanos.

Como resultado dos primeiros estudos, foi apontado o dióxido de carbono – CO<sub>2</sub>, como responsável direto do efeito estufa que leva ao aquecimento global, trazendo consequências danosas ao planeta e seus habitantes. Os pesquisadores então chegaram ao consenso de que, caso as demais economias, ditas emergentes, atingissem níveis de produção e consumo similares aos mais ricos, haveria a exaustão dos recursos naturais no médio e longo prazo, sendo necessário buscar

fontes alternativas e renováveis, com menor índice de emissão de poluentes. (IPCC, 1992)

Com a difusão cada vez maior das ideias de sustentabilidade ambiental, a busca pela redução de emissão de gases do efeito estufa na atmosfera tem sido foco de inúmeras pesquisas pelo mundo, de modo que práticas do uso de energias renováveis tem apresentado um futuro bastante promissor. Uma alternativa para equilibrar este descompasso da utilização de fontes não renováveis, atrelada à questão ambiental é incentivar e fomentar a utilização da biomassa como fonte de energia primária e renovável (BORGES *et al.*, 2017).

Segundo Borges (2017), além de buscarem fontes mais limpas e renováveis, seria importante obter um desenvolvimento baseado no tripé: economicamente viável, socialmente correto e ambientalmente sustentável - seguindo as ideias de uma economia sustentável e circular na utilização dos produtos, de modo não mais apenas extrativista de uso e descarte.

A biomassa enquadra-se no conceito do desenvolvimento sustentável, pois permite a criação de empregos, dinamiza as atividades econômicas, reduz os custos relativos à distribuição e transmissão da energia gerada (COELHO *et al.*, 2001). No mesmo sentido, Goldemberg e Villanueva (2003) relatam que uma das principais vantagens da utilização das energias renováveis é a geração de empregos que a biomassa proporciona de forma direta ou indiretamente na melhora da qualidade de vida, inclusão social e desenvolvimento regional.

Embora a utilização de biomassa como combustível para a geração de energia, provoque a liberação de CO<sub>2</sub>, esta ocorre em proporção inferior ao combustível similar fóssil, e pode ser considerada até nula, em alguns casos, uma vez que para a produção da matéria-prima, houve a absorção de dióxido de carbono no campo pelo ambiente, em especial pelas plantas, em seu sistema de fotossíntese. Desse modo, o desenvolvimento de alternativas para a energia de biomassa, ajudam a aliviar a pressão por recursos finitos de combustíveis fósseis, mitigando as emissões de carbono, como por exemplo, o etanol de cana-de-açúcar que possui balanço energético positivo de oito para um, e um custo aproximadamente nulo de mitigação de carbono (GOLDEMBERG, 2009).

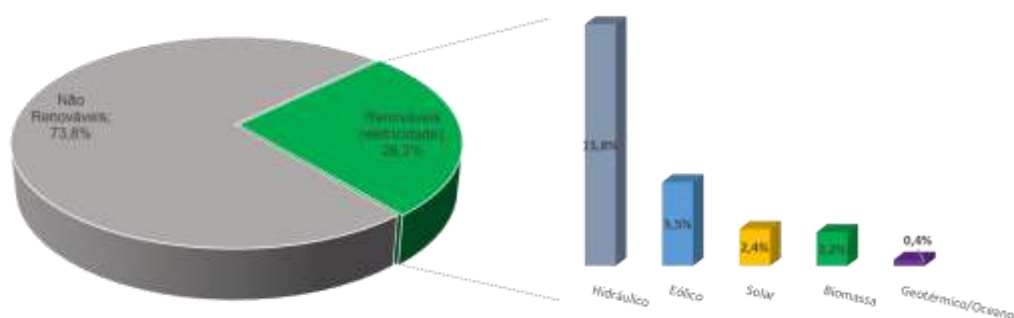
Segundo Saidur *et al.* (2011), as pesquisas sobre o uso da biomassa têm crescido rapidamente, devido sua utilização como opção para minimizar os efeitos

ambientais e a insegurança no suprimento futuro de combustíveis fósseis. Outras fontes renováveis também estão ganhando destaque nos últimos anos, como a energia solar e eólica com a finalidade de minimizar as externalidades e diversificar a matriz energética mundial. Tendências sobre o mercado de energias renováveis refletem o forte crescimento e investimentos em todos os setores do mercado (BORGES *et al.*, 2017).

De acordo com dados da *Renewables Now* (REN21) (2019), em 2018 o investimento global em energia renovável e combustíveis somaram US\$ 288,9 bilhões - chegando a um total de US\$ 304,9 bilhões se consideradas usinas hidrelétricas com mais de 50 MW. Porém, a grande maioria desses investimentos é de energia solar fotovoltaica e eólica. Do total investido, 53% são de economias em desenvolvimento e emergentes, sendo a China responsável por 32% do total. No caso do Brasil, as linhas de investimento em pesquisa para fontes alternativas acabam ficando dispersas, haja vista que as diversidades de clima, tecnologias e matéria-prima disponível em todo território, traz competição entre as fontes.

A energia renovável se estabeleceu em escala global. Em 2018, mais de 90 países instalaram pelo menos 1 GW de capacidade de geração (incluindo energia hidrelétrica), enquanto que pelo menos 30 países excederam em 10 GW de capacidade. China lidera a capacidade instalada de geração de energia renovável, seguida distante dos Estados Unidos, Brasil, Índia e Alemanha (REN21, 2019).

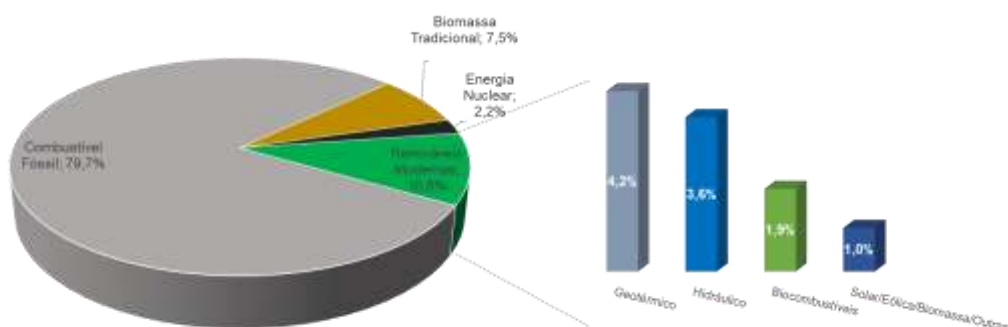
No setor de energia elétrica, as renováveis são cada vez mais preferidas para a nova geração de eletricidade. Quase 181 GW de capacidade de energia renovável foram geradas a mais em 2018, de modo que a energia renovável representa cerca de um terço da capacidade instalada total de geração de energia em todo o mundo. No mesmo período, as hidrelétricas ainda representaram cerca de 60% da geração de eletricidade renovável, seguidas por energia eólica (21%), energia solar fotovoltaica (9%) e bioenergia (8%). Embora a eletricidade renovável esteja em expansão em muitos países e regiões, ela enfrenta desafios para alcançar uma parcela maior do total global. Isso se deve principalmente ao forte crescimento contínuo da produção total de eletricidade (alta de 4% em 2018), bem como ao investimento persistente na capacidade e subsídios de energia de combustíveis fósseis (e nucleares) (REN21, 2019), conforme Figura 1.



**Figura 1 - Participação da oferta mundial de energia por fonte**

Fonte: REN21, 2019

Em 2017, as energias renováveis representaram 18,1% do consumo final total de energia - dos quais 10,6% são provenientes de energias renováveis modernas (energia térmica renovável - cerca de 4,2%, seguida pela energia hidrelétrica - 3,6%, outras fontes de energia renovável, incluindo energia eólica e energia solar fotovoltaica – 1,9%) e biocombustíveis de transporte - cerca de 1,0% (REN21, 2019), como é possível observar na Figura 2.



**Figura 2 - Participação do consumo mundial de energia por fonte**

Fonte: REN21, 2019

A demanda global de energia cresceu aproximadamente 2,3% em 2018, por consequência do crescimento econômico global e devido à maior demanda por aquecimento e refrigeração em algumas regiões do planeta. China, Estados Unidos e Índia são responsáveis por quase 70% do aumento total dessa demanda (REN21, 2019).

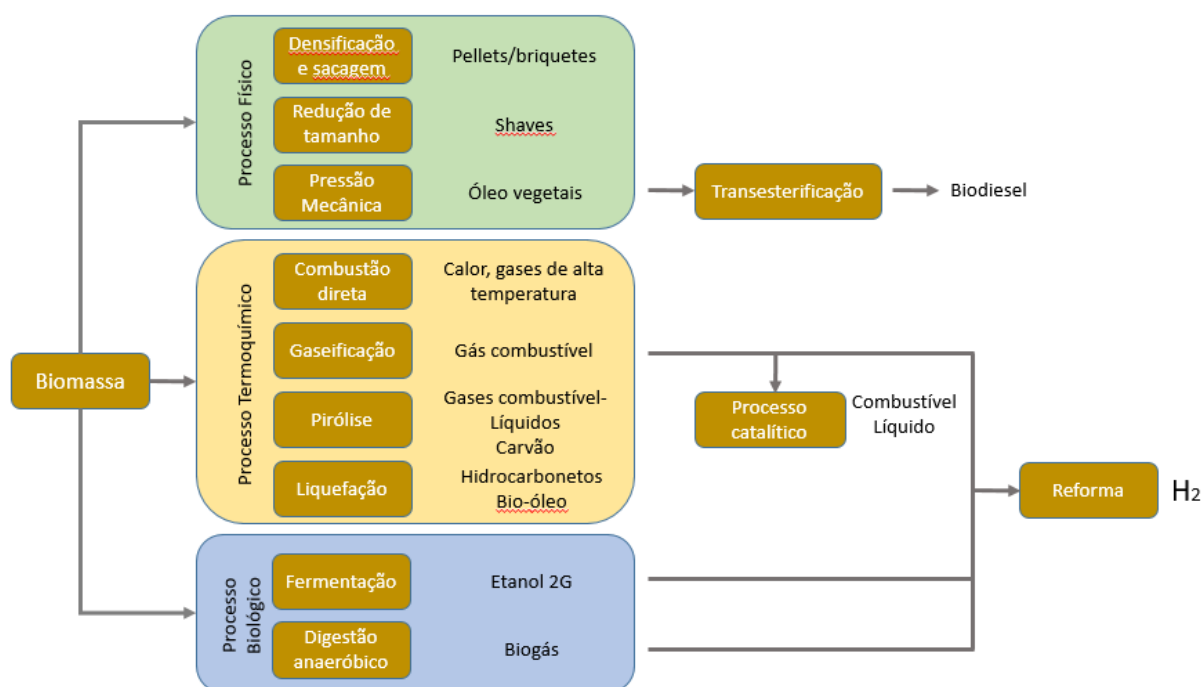
No Brasil, a participação da biomassa na matriz de eletricidade nacional, já representa cerca de 17%, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2018) e seu potencial é de multiplicar nos próximos anos, com a expansão e desenvolvimento de novas tecnologias, não só para o mercado de energia, mas para diversas utilidades, mostrando grande potencial de negócios em diferentes áreas.

## **1.2 Dificuldades de precificar a biomassa**

Por definição da ANEEL (2002), do ponto de vista energético e para fim de outorga de empreendimentos produtivos, biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser usado na geração de energia, em especial, térmica e mecânica, responsáveis pela transformação em eletricidade.

O Brasil possui dimensões e clima tropical que proporciona excelente condição para a produção e uso da biomassa como fonte de geração de energia em grande escala. O uso da madeira em forma de lenha, tora, carvão vegetal e cavaco, bem como o uso do bagaço e da palha provenientes da cana-de-açúcar são os que possuem maior escala. No entanto, é possível ainda, utilizar os resíduos orgânicos agrícolas e urbanos, de forma direta como combustível ou indireta na produção de biogás, obtidos por exemplo, a partir da vinhaça e esgoto, que através de um processo natural de fermentação com microrganismos que decompõem o material em um ambiente anaeróbico (EPE, 2019a).

Para o uso da biomassa, existem diversas rotas de obtenção de energia, podendo ser térmico (o mais comum), químico e biológico, conforme Figura 3.



**Figura 3 - Rotas de obtenção de energia a partir da biomassa**

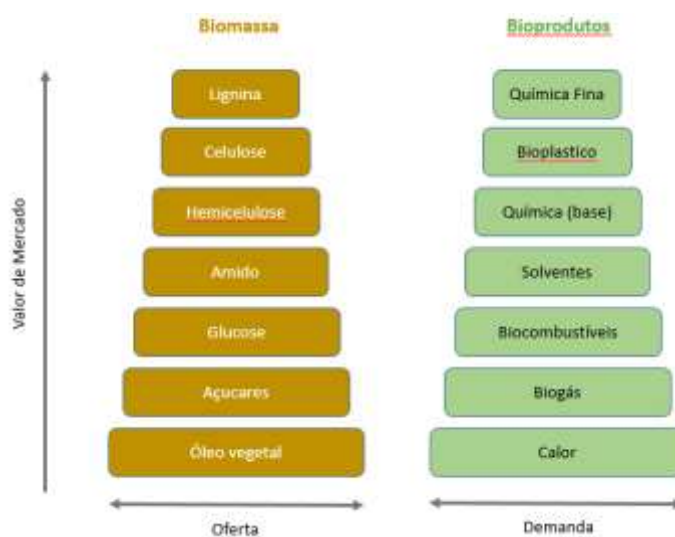
Fonte: LAVIOLA, 2019

Outra tecnologia que vêm ganhando espaço é a obtenção de combustível de segunda geração, que a partir de um processo químico biológico transformam materiais orgânicos e lignocelulósicos em combustíveis e outros materiais.

É inegável a importância das energias renováveis nos debates nacionais e internacionais, principalmente quando se insere a urgente necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa, como forma de minimizar os impactos das mudanças climáticas e a dependência dos combustíveis fósseis.

A grande oferta de biomassa, juntamente com a diversidade de rotas tecnológicas e produtos obtidos, servem para mostrar o qual difícil pode ser precificar a biomassa já que esta pode ser tratada: (i) como um produto residual do processo produtivo descartado, sem valor de mercado; (II) como combustível para geração de energia, sistemas de aquecimento e limpeza e por tanto deve se atribuir um custo de obtenção da matéria-prima ou ainda (III) como matéria-prima para a produção de bioprodutos de química fina e farmacêutica, com alto valor agregado e por tanto podendo pagar preços mais elevados à biomassa. Isto mostra, a complexidade para se chegar a um preço que pode ser cobrado pela biomassa, já que o intervalo de valores pode ser muito amplo, conforme a destinação do produto, como é possível verificar na Figura 4.





**Figura 4 - Custo de obtenção de matéria-prima e destinação para produtos de maior valor agregado**

Fonte: “Elaboração própria” a partir de LAVIOLA, 2019

Importante mencionar que o valor zero é atribuído a biomassa quando esta é resultante direta do processo produtivo fim da indústria e não se atribui custos à matéria-prima, tão pouco custos operacionais. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2019) o bagaço de cana e o cavaco de madeira são produtos de Custo Variável Unitário nulo ( $CVU = 0$ ), ou seja, seu custo unitário de aumento de geração de energia elétrica não interfere no preço final do produto.

Vale destacar que o mesmo bagaço de cana e cavaco de madeira quando necessária a aquisição entre as usinas a fim de atendimento de contratos de energia ou mesmo para a produção de pellet de madeira e briquete, passa a ter um preço para obtenção e por tanto um valor a ser negociado, interferindo diretamente no custo de produção que muitas vezes a indústria não sabe precificar.

### 1.3 Objetivos

Diante das dificuldades de se obter dados sobre o mercado de biomassa, esse trabalho iniciou uma série de buscas por informações sobre: (i) o que se entende por biomassa, (ii) quais poderiam ser os usos diretos, substitutos ou complementares e (iii) quem são seus agentes ofertantes e demandantes em volume?

A partir do entendimento das questões acima, busca-se reduzir a assimetria de informação entre os agentes envolvidos com este mercado e assim, propor a

construção de um indicador de preço de biomassa para que seja utilizado como referência para o mercado e futuros estudos.

Sendo assim, o objetivo desse estudo é propor um indicador de preço para biomassa, baseado nas similaridades de fatores encontrados entre as diferentes fontes de biomassa em um estado determinado.

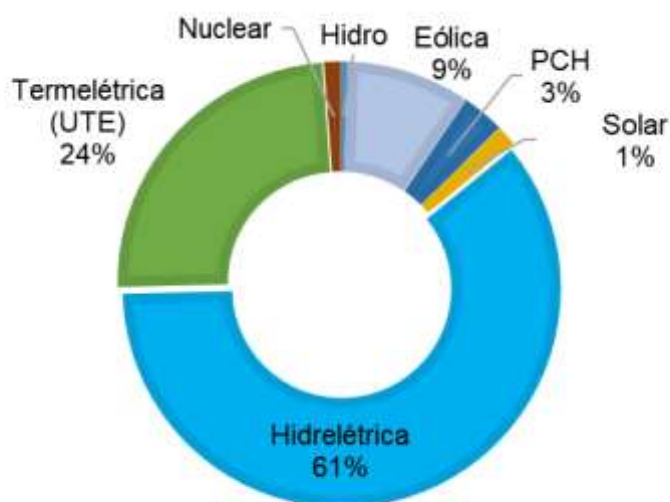
Para atingir o objetivo proposto, este trabalho pretende:

- Identificar um estado e município como referência para precificação das fontes de biomassa;
- Determinar as principais fontes de biomassa para geração de energia, como base de preço mínimo para o indicador, no estado escolhido;
- Definir a tecnologia a ser utilizada como referência para a conversão da biomassa em energia elétrica;
- Precificar as fontes de biomassa em Reais por tonelada, devido sua equivalência em Reais por tonelada de vapor.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Geração de energia a partir da biomassa

De acordo com o Banco de Informações de Geração da ANEEL (2020), existiam no Brasil 8.931 empreendimentos em operação para a geração de energia, sendo a hidrelétrica ainda predominante no país com cerca de 60,5%, com 103 GW de potência instalada, seguida da termelétrica com 24,2% (41,2 GW), eólica com 9,1% (15,4 GW), Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH) com 3,1% (5,3 GW) e solar com 1,5% (2,5 GW). Isto confere ao país uma matriz limpa e renovável, conforme Figura 5.



**Figura 5 - Empreendimentos energéticos em operação no Brasil**

Fonte: ANEEL, 2020

De acordo com Funchal (2015), ilustrado na Figura 6, é possível observar que existe uma grande concentração de geradores termelétricos nas regiões Sul e Sudeste do país, onde cerca de 80% são movidos a partir do bagaço da cana.



**Figura 6 - Localização das unidades geradoras de energia a partir da biomassa**

Fonte: FUNCHAL, 2015

Dentro do cenário nacional, São Paulo se destaca, representando cerca de 40% das unidades e potência instalada de geradores a biomassa, com uma capacidade instalada de 6 GW (40,7%) dos 15 GW de potência no país, com uma concentração de 224 (39,5%) das 567 unidades no Brasil, como é possível observar na Tabela 1.

**Tabela 1 - Potência de geração de energia a partir da biomassa no Estado de São Paulo**

Unidades	São Paulo		Brasil		Participação (%)	
	Unidades	Potência (MW)	Unidades	Potência	Unidades	Potência
Bagaço de Cana	204	5.893,0	405	11.445,9	50,4%	51,5%
Biogás (Res. Urbano)	9	75,6	22	168,6	40,9%	44,8%
Biogás (Res. Agrícola)	1	0,9	3	8,0	33,3%	10,7%
Carvão (Res. Urbano)	1	2,7	3	8,3	33,3%	32,7%
Casca de Arroz	1	2,0	13	53,3	7,7%	3,8%
Lenha	2	16,3	7	82,2	28,6%	19,8%
Licor Negro	2	41,2	18	2.530,7	11,1%	1,6%
Resíduos Florestais	4	60,7	58	447,7	6,9%	13,6%
Outros	0	0,0	38	216,3	0,0%	0,0%
<b>Total</b>	<b>224</b>	<b>6.092,3</b>	<b>567</b>	<b>14.961,0</b>	<b>39,5%</b>	<b>40,7%</b>

Fonte: Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo, 2019

O estado de São Paulo, por ser o mais industrializado do país e onde se concentra a maior parte da população, também é o estado com o maior consumo de energia (cerca de 55% do consumo do Sudeste e 30% do consumo nacional), sendo necessário a importação de energia de outros estados (PPE, 2012). As hidrelétricas do estado possuem pouca ociosidade e a questão do uso da água se apresenta como limitantes para novos desenvolvimentos e já não conseguem atender o consumo de energia do estado, precisando que seja complementada com outras fontes (GADOTTI, 2019).

## 2.2 Principais matérias-primas de biomassa no estado de São Paulo

Diante das fontes de biomassa mais relevantes, nota-se que a energia proveniente de resíduos urbanos e rurais para produção de biogás ainda estão em desenvolvimento e seu uso final estão regionalizados em grandes capitais, como a cidade de São Paulo. Neste sentido, o trabalho irá abordar principalmente a madeira e seus derivados, assim como o bagaço e a palha de cana-de-açúcar como fontes de matéria-prima de vapor para a utilização, tanto da indústria, quanto para a geração de energia, demonstrado na Figura 7.



**Figura 7 - Principais tipos de biomassa no estado de São Paulo**  
Fonte: "Elaboração própria" a partir de MF Rural e Ipaussu Briquetes, 2020

Entende-se por cavaco, os pequenos pedaços resultantes de desbaste de árvores, resíduos de serrarias ou mesmo a picagem de madeira florestal, principalmente eucalipto e pinos. Muitas vezes é necessário um processo de trituração e peneiração para padronização e melhor uso do material.

Os pellets e os briquetes são feitos principalmente de pequenos resíduos de madeira, casca de grãos e bagaço de cana, possuem geometrias padronizadas, com teor de umidade inferior a 10%, proporcionando uma queima mais eficiente. O alto consumo energético necessário para prensa eleva o seu custo para uso no país, pois muitas vezes competem com suas matérias-primas para fabricação. No entanto, seu melhor aproveitamento de espaço para armazenagem e maior poder calorífico têm aberto outros mercados, não só no Brasil, mas principalmente fora do país para o aquecimento residencial, em especial Japão e Europa (GARCIA; CARASCHI; VENTORIM, 2013).

Foram identificadas cerca de 70 empresas atuantes no mercado de pellets e briquetes, sendo que um terço delas estão no estado de São Paulo, utilizando principalmente serragem de madeira e bagaço de cana como matérias-primas. Os perfis destas empresas ainda predominam as micros e pequenas empresas, porém, metade delas já existem há mais de dez anos (DE MORAES *et al.*, 2017).

O bagaço de cana é o resíduo fibroso da moagem da cana de açúcar para obtenção do caldo que é utilizado na fabricação do açúcar e do etanol. Sua utilização para queima nas indústrias do setor substituiu a queima de lenha, usada no século XVIII. A área de maior cultivo da cana está no Centro-Sul do país onde se concentra cerca de 90% da produção nacional. Se considerar apenas São Paulo, o estado representa 60% deste total, seguido por Goiás, Paraná e Minas Gerais (SANTOS; DO NASCIMENTO; ALVES, 2017).

### **2.3 Principais origens de cavaco de madeira**

O cavaco de madeira é proveniente principalmente da indústria de papel e celulose que no mundo se utiliza de madeira de florestas nativas e plantadas, capaz de atender um consumo de cerca de 400 milhões de toneladas métricas de papel por ano. A demanda de 85% deste volume se concentra em apenas 30 países, sendo que em 6 estão 60% da demanda, conforme ranking da Tabela 2.

**Tabela 2 - Ranking do consumo de papel no mundo**

Países	Ranking	em (toneladas métrica)
Mundo		400,0
China	1°	107,1
EUA	2°	72,4
Japão	3°	26,2
Alemanha	4°	22,6
Coreia	5°	11,5
Brasil	6°	10,4
<b>Total</b>		<b>250,2</b>

Fonte: “Elaboração própria” a partir de Celulose Online, 2017.

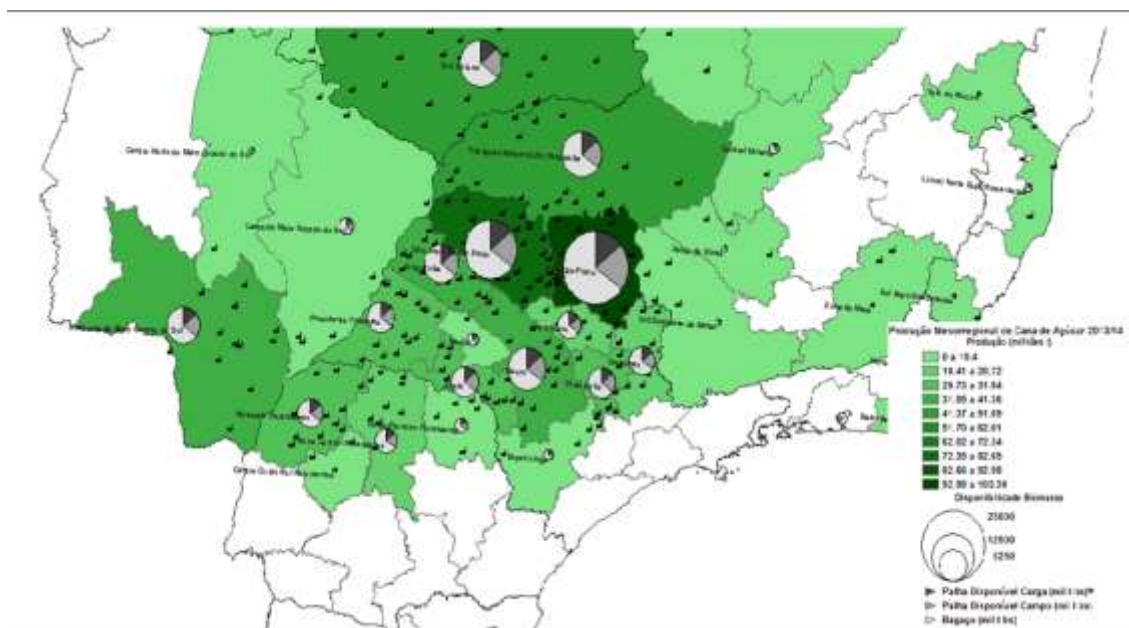
No processo de produção da celulose de 10 a 20% da madeira é usada para a queima nas caldeiras dentro da própria indústria e os resíduos do processo de picagem e desbastes servem para queima e geração de energia a fim de atender a demanda da indústria e ainda proporcionar volume de cavaco de madeira para comercialização para outros segmentos da indústria.

A indústria de papel e celulose deve se manter forte com a retomada do crescimento econômico e visão mais ecológica em substituição ao plástico para a produção de embalagens e utensílios recicláveis a partir de florestas plantadas.

#### **2.4 Principais origens do bagaço de cana**

Desde 2003, com o lançamento dos carros flexfuel, o setor de cana de açúcar passou por uma década de forte de crescimento, com ganhos expressivos de produção de etanol e inclusão da cogeração de energia como fonte importante de faturamento.

Trombeta (2015) demonstra em seu estudo que a produção e disponibilidade de biomassa de cana no Brasil está concentrada nos estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, conforme Figura 8.



**Figura 8 - Mapa da produção de cana no Centro-Sul do Brasil, safra 13/14**

Fonte: Trombeta, 2015

Embora o trabalho tenha avaliado a safra 13/14, o setor da cana de açúcar estagnou o crescimento e tem se mantido nos mesmo níveis de produção na safra 18/19, próximos dos 600 milhões de toneladas no Centro-Sul do país, segundo dados da União da Indústria de Cana de Açúcar - UNICA (UNICA, 2019).

O governo federal tem apoiado a iniciativa de uma novo programa de incentivo à produção de biocombustíveis, desde que não se tenha incentivos fiscais e formas de investimento com o dinheiro público. Neste sentido, o Ministério de Minas e Energia, juntamente com a ANP e instituições do setor produtivo de biocombustíveis, em especial biodiesel e etanol vêm desenvolvendo o programa Renovabio. Este programa estabelece metas de nacionais anuais de descarbonização da matriz de energética de transporte do país, a partir de um mecanismo de mercado que incentivo a participação dos biocombustíveis no setor de transporte. (ANP, 2020)

Por meio da certificação da produção de biocombustíveis serão atribuídas notas diferentes para cada produtor e importador de biocombustível, em valor inversamente proporcional à intensidade de carbono do biocombustível produzido. A nota refletirá exatamente a contribuição individual de cada agente produtor para a mitigação de uma quantidade específica de gases de efeito estufa em relação ao seu substituto fóssil (em termos de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente). (ANP, 2020)



A participação do produtor de biocombustíveis é voluntária e deve atender a rigorosos requisitos de avaliação e mediação dos níveis de emissão de poluentes, calculados por uma calculadora chamada Renovacalc que atribui uma Nota de Eficiência Energético-Ambiental ao produtor de biocombustível e esta nota passa a ser um fator para a emissão dos Créditos de Descarbonização (CBIOS) que posteriormente poderão ser negociado em um mercado aberto e regulado para as empresas e pessoas que valorize as externalidades positivas do consumo de biocombustíveis. (ANP2, 2020)

Segundos dados da ANP (2019), com os incentivos de produção de etanol através do Renovabio, podem se considerar a expectativa de uma nova onda de crescimento da indústria para atender as demandas futuras de etanol de aproximadamente 50 bilhões de litros, em 2030, volume este que dependeria de aproximadamente 200 milhões de toneladas de cana adicionais, possibilitando inclusive um aumento na oferta de biomassa, não apenas do bagaço de cana, mas também pela adoção de novas tecnologias que amplie a utilização da palha da cana e aproveitamento da vinhança que permitem a geração de energia e biogás.

## **2.5 Principais rotas para geração de energia a partir de biomassa**

Segundo à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (2020), a geração de energia a partir de biomassa consiste na queima da matéria-prima direta ou dos gases de sua decomposição, sendo capaz de gerar calor dentro de um sistema fechado utilizado por uma máquina motriz, portanto, serve para a geração de energia mecânica. Esta sim, aciona um sistema gerador de energia elétrica, principalmente utilizado pelas indústrias que demandam cargas maiores ou que estavam fora da rota das linhas de transmissão.

Para a CCEE (2020), o processo de geração de energia elétrica com biomassa surgiu principalmente com sistemas acoplados a uma indústria em sistemas de vapor com turbinas de contrapressão, onde, após a utilização principal do vapor de alta pressão para aquecimento de um sistema, o vapor excedente que era liberado para a atmosfera, passou a condensado de forma total ou parcial, para pressões menores, a fim de movimentar o gerador elétrico. Estes condensadores permitem inclusive que a usina possa gerar energia elétrica mesmo quando não

estão em sua produção principal, proporcionando maior flexibilidade e maior eficiência global na geração de energia elétrica.

Estes sistemas foram evoluindo e atualmente movimentam caldeiras nas indústrias de suco de laranja, papel e celulose, e principalmente, na indústria da cana-de-açúcar, onde passou a ser a segunda ou terceira fonte geradora de receita para as usinas. Devido a amplitude dos produtos ofertados, o setor trocou sua nomenclatura de setor sucroalcooleiro para sucroenergético, contemplando as energias alimentícias do açúcar, energia combustível com etanol e energia elétrica a partir da queima do bagaço. (UNICA, 2019)

Com a melhor eficiência dos processos de geração de energia, o mercado passou a viabilizar projetos que utilizam um conjunto de modelos de obtenção de biomassa para queima em caldeiras de alta pressão e em alguns casos ainda permitem o alinhamento à geração de energia a partir do biogás que através de ciclos combinados com geradores independentes queimam o gás proveniente da gaseificação de resíduos agrícolas e industriais por meio da oxidação parcial em temperatura elevada, permitindo ganhos de escala de geração de energia com a mesma biomassa. (CCEE, 2020)

Dados do Plano Nacional de Energia 2030, EPE (2019b), mostram que os custos elevados dos equipamentos, distância entre a matéria-prima e as usinas, além da dificuldade de obtenção de um gás de qualidade, com confiabilidade e segurança, acabam trazendo condições particulares para operação e geração de energia.

## **2.6 *Benchmark* de diferentes fontes de biomassa na geração de vapor**

As forças de mercado da oferta e demanda, apresentadas por Mankiw (2009) são amplamente difundidas por economistas e outros profissionais como base para os estudos e modelo para se obter preços de equilíbrio de mercado, onde ofertantes estão satisfeitos em vender determinado volume a um certo preço, ao mesmo tempo que os demandantes estão dispostos a pagar por aquele montante. Neste sentido, para se ter o mais próximo acompanhamento de mercado, é importante a interação

contínua com os agentes de mercado. Esta interação permite o *benchmark*<sup>2</sup> entre os agentes deste mercado.

Para Madrid Vivo (2015), a criação de novos mercados baseados em índices de uma cesta de *commodities* que antes eram negligenciados devido aos seus baixos volumes negociados, permitem a formação de pacotes de preços que possibilitem a introdução de produtos financeiros capazes de movimentar milhões com bom grau de confiabilidade. Isto se deve ao fato de ser ter um bom acompanhamento destes mercados reais de produção.

A maioria dos índices de mercado levantados, em especial das *commodities*, são realizados a partir de um acompanhamento sistêmico de contato com os agentes de mercado levantando preços e volumes comercializados por fornecedores, indústria e consumidores, porém não foram encontrados registros de material publicado sobre suas origens de estudo.

A partir de um contato frequente com os agentes do mercado é possível realizar levantamento dos dados mais relevantes para a precificação de alguns produtos. Segundo Madrid Vivo (2015), quando se define uma cesta de *commodities* com dados mais próximos à realidade, o mercado financeiro passa a adotar mecanismos de mercado de auxiliam na formação de produtos financeiros que permitam o mercado a se movimentar de forma mais dinâmica.

Quando se define uma cesta de produtos a serem precificados para composição de um índice, algumas regiões podem ser consideradas como Cluster por possuírem diversidade e grande volume de matéria-prima e informações relevantes aos agentes de mercado, dando a chamada “vantagem competitiva” para alguns municípios ou regiões, algo muito similar às definições de Porter em “A Vantagem Competitiva das Nações” (1989) e “Competição” (1999) que disseminaram o conhecimento da economia geográfica (SATO, 2002).

Porter (1999), também destaca a formação de aglomerados, onde diversos agentes, mesmo que atuem em áreas distintas podem contribuir entre elas para ganhos de qualidade e custos, a partir da difusão da informação, troca de conhecimento e complementaridade entre os agentes.

---

<sup>2</sup> Benchmark – Estratégia utilizada para estabelecer parâmetros de comparação entre a performance e o desempenho relativo.

Praticamente os conceitos de Porter são adotados nos *co-works* e *start-ups*, onde a complementariedade contribui para o aumento da produtividade, através da atividade dos diferentes participantes e o mesmo pode ser adotado em regiões com diversidade de fonte de biomassa e cogeração de energia elétrica associada a algum sistema produtivo.

## **2.7 Tipos de caldeira para a geração de vapor**

Os modelos de caldeiras mais difundidos no mercado e existentes no Brasil, são as que utilizam as seguintes tecnologias:

- Flamotubulares - que formam tubos de fogo ou de calor por onde os gases atravessam a caldeira dentro destes tubos circundados de água, trocando calor durante a passagem. São caldeiras de baixo rendimento térmico, porém pequenas e de fácil instalação. São principalmente destinadas ao aquecimento para indústria alimentícia.

- Aquatubulares – são aquelas que apresentam água nos tubos para serem aquecidas, que, por sua vez, são envolvidos pelos gases de combustão moderno para projetos industriais, com grande capacidade de geração vapor em elevadas pressões e temperaturas. A produção de vapor nestes tipos de caldeiras pode atingir acima de 500 t/h.

- SECMAQ – É o modelo mais comum nas “culturas energéticas”, assim como as indústrias de papel e bagaço que utilizam resíduos em grandes volumes e aproveitamento de alguns gases que necessitam ser tratados antes de ser liberado para a atmosfera.

Dados da Associação da Indústria de Cogeração de Energia (COGEN) (2019), apontam que a maioria das caldeiras em operação no país é da década de 1970, sendo de baixa pressão (21 kgf/cm<sup>2</sup>) e baixo rendimento. No entanto, vale destacar os importantes movimentos de modernização do parque de caldeiras ocorrido nos anos 2000, quando os principais leilões de energia de reserva, incentivaram a geração de energia a partir da biomassa, em especial o bagaço de cana e cavaco de madeira que obtiveram diversos investimentos.

Segundo dados da CCEE (2019), as caldeiras instaladas a partir de 2005 eram caracterizadas por serem de mais alta pressão (67 kgf/cm<sup>2</sup>) e de leito fluidizado, uma tecnologia que possibilita maior flexibilidade entre matéria-prima para a queima. As caldeiras mais modernas no mercado ainda possuem poucas unidades instaladas, mas são capazes de gerar acima de 100 kgf/cm<sup>2</sup>, com algumas unidades chegando à 500 kgf/cm<sup>2</sup>.

A COGEN (2019) define como cogeração: “a geração simultânea e sequenciada, de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível.”. Foi a ampliação dos parques fabris e o aumento da eficiência energética das caldeiras à biomassa que permitiram a evolução das Unidades Termelétricas - UTEs até chegar ao nível de autossuficiência, passando a “exportar” o excedente de geração.

Os primeiros sistemas de cogeração são datados da primeira metade do século XX, como forma de geração de energia descentralizada já que não havia as grandes hidrelétricas e os sistemas integrados de transmissão. Algo que hoje se busca realizar com a formação de centrais de geração distribuída a partir dos painéis solares (COGEN, 2019).

### 3 MÉTODO

A criação de indicadores possibilita comparar diversas fontes de matéria-prima, para a geração de vapor tanto para a indústria quanto para a geração de energia, possibilitando um *benchmark* entre agentes e fontes de biomassa.

A interação com o maior número de agentes do setor produtivo e de consumo de biomassa, possibilitaria um levantamento de preços de equilíbrio de oferta e demanda, mais em linha, com os indicadores existentes no mercado. No entanto, existe uma falta de publicações sobre precificação de biomassa e também uma dificuldade de agregar todas as fontes de biomassa, custos de tecnologias e finalidade dos produtos. Portanto, esse estudo se concentrou em buscar um cálculo de equivalência energética das biomassas convertidas em Reais por megawatt para o início da formação de um indicador de preço para biomassa.

Com o indicador consolidado e de fácil acesso ao público, outras pesquisas e até mesmo a criação de produtos financeiros podem ocorrer com base no mercado de biomassa. Para isso, será necessário buscar uma parceria com instituição imparcial ao mercado para o desenvolvimento deste produto.

A relação pretendida é de que se há aumento na oferta de biomassa, principalmente cavaco de madeira e bagaço de cana, deve-se ocorrer quando a indústria de madeira, papel e celulose e as usinas de açúcar e etanol estiverem com maiores produções, devido a um crescimento na demanda destes produtos, demonstrando um aumento no consumo final dos mercados, o que estará ligado diretamente a um aumento da demanda por energia, tanto nas residências quanto nas demais indústrias. Pode-se inferir que este indicador deve apresentar uma correlação positiva com o crescimento econômico do mercado, mas que deverá ser avaliado a posteriori.

#### 3.1 Definição do município de referência e produtos para o indicador

Diante do panorama apresentado, foi definido o estado de São Paulo como representativo no uso de biomassa para geração de energia no Brasil, haja vista a quantidade de unidades geradoras existentes, conforme observado na Figura 6.

Para este estudo, foram selecionados o cavaco de madeira e o bagaço de cana devido sua grande utilização como fonte geradora de energia e por serem

matérias-primas com capacidade de estocagem e movimentação, diferentemente dos resíduos urbanos e agrícolas que são mais estáticos, isto é, de difícil logística. Os dados avaliados foram coletados a partir da Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo, conforme Tabela 1, usando o ano base de 2018.

A partir destas identificações, buscou-se uma cidade representativa, dentro do estado de São Paulo, para servir como “praça” de precificação. Para isso, foi utilizado alguns dos critérios de definição de localização de um centro representativo entre oferta e demanda a partir do método Centro de Gravidade (método centroide) proposto por BALLOU<sup>3</sup> (2001) *apud* SATO (2002, pg. 03), que define as cinco principais categorias para determinação de uma localização, sendo elas: (I) força direcionadora, (II) número de instalações, (III) escolhas discretas, (IV) grau de agregação de dados e (V) horizonte de tempo, sendo este último adaptado para o mercado de energia elétrica.

A força direcionadora agrega fatores de decisão entre estar próximo às fontes de matéria-prima ou próximo ao consumidor. Estes fatores podem estar relacionados aos custos de transporte, custo da terra, tributação e até mesmo regras de funcionamento por zoneamento ambiental, agrícola e urbano.

O número de instalações é um importante fator para definição da área de atuação e mensuração, onde se avalia se caberia apenas um empreendimento único ou a formação de clusters produtivos, possibilitando avaliar se a proximidade aos concorrentes é positiva ou negativa para a operação.

Escolhas discretas é uma categoria que serve para avaliar se a escolha de um ponto único de referência é suficientemente válida quando comparada a utilização de vários pontos. Exemplo disso é a utilização do indicador de preço de etanol que utiliza a cidade de Ribeirão Preto como referência, mas é possível notar a mesma precificação na cidade de Araçatuba, mesmo sem ter um indicador específico para ela.

O grau de agregação de dados também é importante para definição do melhor centro de referência, portanto, regiões que tiverem mais agentes participando

---

<sup>3</sup> BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento, Organização e Logística Empresarial. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

da precificação pode ter informações mais relevantes do que apenas a definição de localização por maior volume movimentado.

Para Ballou, o horizonte de tempo estaria sendo associado ao tempo de transporte de mercadorias entre as origens, entrepostos e destino, o que não se aplica ao mercado de energia elétrica, uma vez que existe um amplo Sistema Integrado Nacional (SIN), que conecta geradores e consumidores em praticamente todo território nacional. Nesse caso, o critério horizonte de tempo foi adaptado neste estudo para definir a periodicidade da coleta e publicação das informações, tendo papel chave para balizar os indicadores de preço.

A princípio, a periodicidade de indicador para biomassa deve ser semanal com um cálculo agregado mensal de forma a acompanhar as publicações do Preço de Liquidação das Diferenças - PLD, divulgados pela CCEE.

Este método centroide, em analogia à física, é o centro de gravidade ponderado de todos os indicadores analisados que possibilita minimizar os custos entre origem e destino de produtos e serviços, sendo amplamente difundido na área de Logística e Gestão de Investimentos para definições de unidades fabris, terminais e armazéns (SLACK *et al.*, 1997).

A partir dos sistemas SIDRA, IBGE (2018) e SAPCana (2020), foram identificadas as localizações das possíveis origens de cavaco de madeira, lenha e bagaço de cana. Em seguida as tabelas foram incluídas no sistema *My Map* do Google, para visualização das localizações de origem de biomassa no estado de São Paulo. Foi adicionada também a rota do gasoduto no estado de São Paulo, devido a possibilidade do crescimento do mercado de geração de energia a partir do gás, tanto natural quanto o biogás (São Paulo, 2019).

As análises da localização para esses pontos não devem levar em consideração apenas a proximidade com as fontes de matéria-prima, mas também uma posição estratégica para o seu acesso, altamente sensível às receitas. No caso deste estudo, buscou-se identificar uma cidade que tenha maior participação de diferentes tipos de biomassa e que abranja uma considerável área de consumo de energia. Para isso, o estudo considerou os conceitos de Cluster de Porter para definição da cidade “praça” de precificação.



### **3.2 Conversão do preço do Indicador de Biomassa**

O trabalho se concentrará no cavaco de madeira e bagaço de cana, devido aos preços serem naturalmente inferiores ao pellet e briquete. Quanto aos resíduos urbanos e rurais, o volume necessário para obtenção de gás ainda é um limitante na sua utilização, ficando restrito aos grandes centros urbanos e grandes produtores rurais. O trabalho de frete de gás ainda é pequeno para precificá-lo, e por isso, será excluído dos levantamentos.

Para se ter um padrão de análise de eficiência, foi considerada uma caldeira de 67 kgf/cm<sup>2</sup>, utilizando uma produção de 126,80 t/h de vapor, a 80% da capacidade, em que os resultados apresentados foram de 3,29 toneladas de vapor para 1 tonelada de cavaco consumida, enquanto que se obteve 1,91 toneladas de vapor para 1 tonelada de bagaço consumida (SILVA; MOURA, 2020). Em outras palavras, pode se dizer que para 1 tonelada de vapor são necessárias 0,52 toneladas de bagaço de cana ou 0,30 toneladas de cavaco de madeira, em base seca (umidade inferior ao 52%).

A utilização de caldeiras pelos setores da cana e celulose já vem de muitas décadas, o que dificulta a padronização de informações quanto ao tamanho, tecnologia e eficiência energética de cada unidade fabril. Para Alves (2006), a produção de 1 KWh em turbinas de múltiplos estágios, demanda cerca de 13 quilogramas de vapor (Kgv), o que pode se dizer que são necessárias 13 toneladas de vapor para geração de 1 MWh.

Com a equivalência em toneladas de cada biomassa para obtenção de uma tonelada de vapor e com a relação de 13 para 1 entre vapor e megawatt hora, foi possível elaborar uma tabela de preços equivalentes entre as diferentes fontes de biomassa e o preço da energia, amplamente divulgada pelo mercado (PLD).

A formação de um indicador de preço para biomassa aparece como importante para difusão deste sistema como fonte alternativa de energia elétrica aos consumidores e auxilia os geradores de usina a agregar uma nova fonte de receita com a venda da energia elétrica. Embora isso já ocorra em diversas empresas, não se tem informações de um banco de dados disponível com informação de preço para biomassa que auxilie na construção de estudos e cenários para futuros projetos.

Dada a dificuldade de dados, neste momento, para se obter os preços de biomassa entre ofertantes e demandantes, a definição de um preço para a biomassa a partir de uma equivalência energética precificada em Reais por tonelada equivalente os preços de PLD da energia elétrica, passa a ser uma forma de inferir um preço à biomassa para balizar o indicador de preço.

Para este estudo, o cavaco de madeira e o bagaço de cana serão os produtos centrais devido ao maior volume disponível dessas matérias-primas, porém vale ressaltar o crescimento de outras fontes como tratamento de resíduos agrícolas e urbanos, bem como a produção de briquetes e pellets para futuros estudos.

Os sistemas de aquecimento a gás têm ganhado espaço nestas indústrias, e muitas delas estão nas rotas dos gasodutos, em especial no Gasbol (Brasil – Bolívia). Este mercado está passando por uma ampla discussão para o fim do monopólio estatal, permitindo que algumas unidades destes setores possam se conectar diretamente à rede. Isto permitiria uma sobra maior de biomassa disponível para ser comercializada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No cenário nacional, o estado de São Paulo se destaca pela diversidade de fontes de biomassa próximos aos grandes centros consumidores de energia, possibilitando diversos arranjos econômicos, com destaque para o bagaço de cana e o cavaco de madeira.

A indústria de papel e celulose, assim como as da cana-de-açúcar, se caracterizam por serem grandes produtores de suas matérias-primas, pois árvores e cana são culturas semi-perenes e precisam estar próximas da indústria para a redução de perdas nos custos logísticos envolvidos. Ao mesmo tempo, são indústrias de alto consumo energético (energo-intensivas), tanto elétrico, quanto na geração de vapor para o cozimento da celulose e do caldo de cana. O fato de gerarem sua própria biomassa permite a cogeração para sua suficiência, além da viabilidade de exportação da energia excedente (autossuficiência).

Com a necessidade destas indústrias se tornarem cada vez maiores para a redução dos custos, existe a necessidade de ampliação de suas áreas agrícolas que acabam competindo entre si, em especial no estado de São Paulo, por isso, muitas vezes, as indústrias preferem ser autossuficientes sem fazer as contas se de fato estão adotando o melhor arranjo energético produtivo.

Dentro do estado de São Paulo, são aproximadamente 50 unidades com potencial de fornecimento de biomassa de madeira, entre cavaco e lenha e 160 unidades fornecedoras de bagaço de cana. O centroide para o cavaco seria Bofete, enquanto para o bagaço seria a cidade de Boa Esperança do Sul. No caso das usinas de cana, cerca de 80 unidades correspondendo a 50% das unidades do estado, estão em um raio de até 200 quilômetros de São Carlos. No caso das fontes ofertantes de cavaco de madeira, esta distância atenderia cerca de 20% a 40% das unidades que se apresentam neste mesmo raio.

A partir do conceito de aglomerado, procurou-se um município próximo a Bofete e Boa Esperança do Sul, mas que apresentasse maior presença industrial e que estivesse alinhado à rota do gasoduto, definindo São Carlos como a cidade de referência para o indicador. É importante a cidade de referência estar na rota do gasoduto devido às possibilidades de expansão da geração de energia a partir do

gás, todavia, a abertura deste mercado ainda está em discussão. A localização e rota dos agentes estão apresentadas na Figura 9.



**Figura 9 - Mapa para localização do ponto de referência para o indicador**

Fonte: "Elaboração própria" a partir de Google My Maps, 2020

Com a conversão entre cavaco, bagaço, vapor e energia (MWh) foi possível obter as quantidades em tonelada equivalente para cada material, bem como a relação em megawatts hora. Consolidando estes dados, foi possível a elaboração da Tabela 3 de conversão entre os montantes, conforme abaixo:

**Tabela 3 - Conversão entre cavaco, bagaço, vapor e MWh**

<b>Conversão</b>	<b>Cavaco (t)</b>	<b>Bagaço (t)</b>	<b>Vapor (t)</b>	<b>MWh</b>
Cavaco (t)	1	1,72	3,29	0,25
Bagaço (t)	0,58	1	1,91	0,15
Vapor (t)	0,30	0,52	1	0,08
MWh	3,95	6,81	13,00	1

Fonte: "Elaborado própria"

Através destes dados, é possível inferir um valor médio para cada biomassa, a partir do preço de energia de referência, utilizando-se do PLD, que serve para balizar o setor energético nacional (CCEE, 2020). Por exemplo, os fechamentos dos meses referentes a 2019 e o preço equivalente para a biomassa, conforme Tabela 4.

**Tabela 4 - Indicador de preço de biomassa para cavaco e bagaço a partir do Preço Líquido das Diferenças - PLD**

Meses	2019			
	Cavaco (R\$/t)	Bagaço (R\$/t)	Vapor (R\$/t)	PLD (R\$/MWh)
Janeiro	48,62	28,22	14,78	192,10
Fevereiro	112,28	65,18	34,13	443,66
Março	59,34	34,45	18,04	234,49
Abril	45,66	26,51	13,88	180,41
Mai	34,21	19,86	10,40	135,17
Junho	19,87	11,54	6,04	78,52
Julho	46,95	27,26	14,27	185,52
Agosto	60,05	34,86	18,25	237,29
Setembro	55,57	32,26	16,89	219,57
Outubro	69,32	40,24	21,07	273,89
Novembro	80,30	46,62	24,41	317,28
Dezembro	57,52	33,40	17,48	227,30
Média	57,47	33,37	17,47	227,10

Fonte: "Elaboração própria"

Os resultados obtidos na Tabela 4, se referem a conversão direta de preços entre o PLD, cavaco de madeira, bagaço de cana e vapor, sendo o preço com impostos entregue nas usinas, classificado como *Cost, Insurance and Freight* - CIF. Os custos de movimentação e transporte da matéria-prima, bem como a tributação, devem ser deduzido para a precificação em caso de compra de biomassa.

Como todas as usinas estão interligadas ao SIN, não acarreta custos de entrega do produto, não sendo necessário qualquer dedução para faturamento da biomassa, independentemente de onde estão localizadas as usinas. Sendo assim, ofertantes e demandantes devem buscar o ponto de equilíbrio de preço para a biomassa.

O cavaco e o bagaço podem ser considerados substitutos, e ou, complementares como combustíveis das caldeiras de alta pressão, assim como os pellets e briquetes, porém, o frete destes produtos acaba muitas vezes se equivalendo ou até mesmo superando o preço do produto, pois se trata de produtos em grande volume e baixa densidade, o que faz a distância ser relevante para esta composição de preço durante uma negociação.

A instalação de caldeiras cada vez mais eficientes de mais alta pressão, e ou, a substituição do cavaco e bagaço pelo gás em algumas unidades que estão na rota do gasoduto, deverão manter crescentes a disponibilidade de matéria-prima,

podendo ampliar a interação com outras indústrias de consumo, ou ainda, ampliar a fabricação de pellet e briquete para atender tanto mercado interno quanto externo para o uso em fornos e lareiras residenciais e aquecimento residencial.

A soma do aumento da oferta de cavaco, bagaço, palha, vinhaça (biogás) e resíduos urbanos (biogás) pelo crescimento das cidades e o desenvolvimento econômico mostra o quanto o estado de São Paulo, maior consumidor de energia do país, tem de potencial para suprir suas necessidades sem ter que recorrer a grandes reservatórios a fio d'água no Norte do país, com transmissões de energia de longa distância e riscos de suprimento nos meses de seca. Neste sentido, o uso da biomassa permite um maior controle e melhor gestão de seus estoques para o uso mais adequado como fonte de energia a complementar fontes intermitentes de geração de energia como hidráulica, solar e eólica.

O setor do agronegócio no Brasil vem passando por uma grande transformação quanto aos modelos de gestão, onde muitas estão saindo do modelo familiar e adotando o modelo profissionalizado. Importante ressaltar que não é porque são familiares que deixam de ser eficientes ou profissionais, mas quando se caminha para a profissionalização, a adoção de métricas e controles são mais difundidas e servem de parâmetro para analisar os resultados e comparar com outras empresas do mesmo segmento. Neste sentido, ter dados de mercado que sirvam para estas análises e pesquisas são fundamentais para a boa gestão.

A elaboração do indicador de preços para biomassa, serve como ponto importante para o desenvolvimento desse mercado, que passa a contar com uma referência de precificação para gestão e controle destas fontes de matéria-prima para diversas finalidades produtivas, principalmente em um cenário de demanda crescente por fontes limpas e renováveis. No entanto, foi observado ao longo do trabalho que existe uma dificuldade na obtenção das informações sobre diversas atividades econômicas no país, até mesmo nas mais antigas e industrializadas, como a de segmentos como papel e celulose e sucroenergético, em especial, publicações sobre formação de preços e indicadores de mercado.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos preços obtidos para o bagaço de cana e cavaco de madeira a partir de sua equivalência ao preço da energia elétrica, é possível que o indicador de preço para biomassa possa contribuir como uma referência para verificações de desempenho industrial, estudos de mercado e elaboração de acordos comerciais.

É importante que o indicador tenha seu desenvolvimento contínuo com amparo de instituição imparcial ao mercado e que se possa evoluir para um modelo de precificação mais próximo da lei de oferta e demanda, sem deixar de se ter uma referência à conversão energética, agregando outros fatores que podem determinar o preço dos produtos, como sazonalidade e externalidades positivas como fonte de geração de energia limpa e renovável.

Institutos, faculdades e universidades têm sido fontes de inúmeros indicadores com grande relevância ao mercado, portanto, após conclusão deste trabalho pretende-se buscar uma parceria com estas instituições para a divulgação e continuidade do desenvolvimento de um indicador de preço para biomassa no estado de São Paulo, que possa ser replicado para outros estados e regiões.

Com a criação do indicador de preço de biomassa proposto neste trabalho, desejamos contribuir para o desenvolvimento de um relatório de acompanhamento sistêmico dos preços praticados no mercado, possibilitando a elaboração e publicação mensal sobre o comércio de biomassa.

O uso de um banco de dados com indicador sólido e representativo passa a ter mais relevância para a economia que passa a disponibilizar material para que novos estudos possam desenvolver previsão de mercado, precificação e valoração da biomassa para as empresas e em alguns casos, possa desenvolver novos negócios.

Por fim, o indicador de preço para biomassa com base na cidade de São Carlos se mostra uma importante referência para a valoração e valorização da biomassa como fonte renovável de energia dentro da bioeconomia e da diversidade de fontes energéticas

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. ANEEL, 2002. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Informações gerenciais**. ANEEL, 2018. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+-+1%C2%BA+trimestre+2018/01298785-3069-c0e7-d9c8-a2cca07cddd9>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de informações de geração**. ANEEL, 2020. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Renovabio**. ANP, 2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio>

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Renovacalc**. ANP, 2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/noticias/5176-renovabio-anp-revisa-a-renovacalc>

ALVES, Josias Manuel. Paradigma técnico e co-geração de energia com bagaço de cana de açúcar em Goiás. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Proceedings online**. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000022006000200021&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022006000200021&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em: 24 fev. 2020.

ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA – COGEN. Disponível em: <<http://www.cogen.com.br/institucional>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BORGES, Ane Caroline Pereira *et al.* Energias Renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. Renewable energy: a contextualization of the biomass as power supply. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 2, 2017.



BP Energy Outlook: 2019. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Preços médios**. Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/o-que-fazemos/como\\_ccee\\_atua/precos/precos\\_medios?\\_afLoop=269805011664851&\\_adf.ctrl-state=1a5zdzfz2e\\_124#!%40%40%3F\\_afLoop%3D269805011664851%26\\_adf.ctrl-state%3D1a5zdzfz2e\\_128](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=269805011664851&_adf.ctrl-state=1a5zdzfz2e_124#!%40%40%3F_afLoop%3D269805011664851%26_adf.ctrl-state%3D1a5zdzfz2e_128)>. Acesso em: 12 jan. 2020.

CELULOSE ONLINE. **Top 10 maiores países produtores de papel do mundo**. 2017. Disponível em: <<https://www.celuloseonline.com.br/top-10-maiores-paises-produtores-de-papel-do-mundo/>>. Acesso em: 24 fev. 2020.

CHUNG, Yun-Chin. Saccharification and fermentation of lignocellulosic biomass using *Trichoderma reesei* cellulases and *Saccharomyces cerevisiae*. 1996.

COELHO, Suani Teixeira *et al.* A importância e o potencial brasileiro da cogeração de energia a partir da biomassa. **CENBIO Notícias**, 2001.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço energético nacional**. EPE, 2019a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia – 2030**. EPE, EPE, 2019b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030licacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2020.

EIA, U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International Energy Outlook 2019**. Disponível em: <<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

FUNCHAL, Marcio. **Geração de bioenergia no Brasil – Panorama atual e perspectivas**. Confusor, 2015. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/03/geracao-de-bioenergia-brasil-panorama-atual-e-perspectivas/25772>>. Acesso em: 16 fev. 2020.

GADOTTI, Amanda. **A expansão do macrossistema elétrico e a cogeração de energia elétrica por biomassa.** 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Joao\\_Rosalin/publication/337771931\\_A\\_expansao\\_do\\_macrossistema\\_eletrico\\_e\\_a\\_cogerao\\_de\\_energia\\_eletrica\\_por\\_biomassa\\_Autores/links/5de945a092851c83646551bc/A-expansao-do-macrossistema-eletrico-e-a-cogerao-de-energia-eletrica-por-biomassa-Autores.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joao_Rosalin/publication/337771931_A_expansao_do_macrossistema_eletrico_e_a_cogerao_de_energia_eletrica_por_biomassa_Autores/links/5de945a092851c83646551bc/A-expansao-do-macrossistema-eletrico-e-a-cogerao-de-energia-eletrica-por-biomassa-Autores.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2020.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. Caracterização energética de pellets de madeira. **Revista da Madeira**, v. 135, n. 2, p. 14-18, 2013.

GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L. D. **Energia, meio Ambiente & desenvolvimento.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

GOLDEMBERG, José. Biomassa e energia. **Química nova**, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **SIDRA. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS – 2018.**

IPAUSSU BRIQUETES. Disponível em: <<https://www.ipaussubriquetes.com/>>. Acesso em: 14 fev. 2020.

LAVIOLA, Bruno G. **Agroenergia no contexto da bioeconomia.** 2019. 105 slides. Material apresentado para a disciplina de Fontes de agroenergia no curso de Mestrado Profissional em Agronegócio (Português) da FGV-SP.

MANKIW, N. Gregory. Introdução à economia. São Paulo: Cengage Learning, 2009, p. 65-88, Capítulo 4.

MF RURAL. Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/busca/cavaco>>. Acesso em: 14 fev. 2020.

MORAES, Sandra Lúcia de *et al.* Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 4, 2017.

PLANO PAULISTA DE ENERGIA – PPE, 2020. Disponível em: <[http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalsev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/ppe\\_2020.pdf](http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalsev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/ppe_2020.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2020.

PORTER, Michael E. **Competição: Estratégias Competitivas Essenciais**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Campus, 1999.

REN21. Renewables 2019: **Global status report**. *REN21 Secretariat*. Disponível em: <[https://www.ren21.net/gsr-2019/chapters/chapter\\_01/chapter\\_01/](https://www.ren21.net/gsr-2019/chapters/chapter_01/chapter_01/)>. Acesso em: 22 fev. 2020.

SAIDUR, Rahman *et al.* A review on biomass as a fuel for boilers. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 15, n. 5, p. 2262-2289, 2011.

SANTOS, G. H. F.; DO NASCIMENTO, R. S.; ALVES, G. M. Biomassa como energia renovável no Brasil. **Revista Uningá Review**, v. 29, n. 2, 2017.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO. Balanço Energético do Estado de São Paulo 2019: Ano Base 2018. 274 p.

SATO, Fábio Ricardo Loureiro. Problemas e métodos decisórios de localização de empresas. **RAE eletrônica**, v. 1, n. 2, p. 02-13, 2002.

SILVA, P. I.; MOURA, A. A. de O. **Análise da viabilidade do uso de bagaço de cana-de-açúcar e cavaco para geração de vapor**. Disponível em: <<http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/An%C3%A1lise%20de%20Viabilidade%20do%20uso%20de%20baga%C3%A7o%20e%20cavaco.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO DE PRODUÇÃO CANAVIEIRA – SAPCana. 2020.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

TROMBETA, Natália de Campos. **Potencial e disponibilidade de biomassa de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: uma aplicação de modelos de localização ótima para fins energéticos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

UNIÃO DA INDÚSTRIA CANAVIEIRA – UNICA. Disponível em: <<http://unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4>> Acesso em: 16 nov. 2019.

UNITED NATIONS (UN), Department of Economic and Social Affairs (DESA) (2017), ***World population prospects, the 2017 Revision, Volume I: comprehensive tables***. UN DESA, New York.

VIVO, Vinicius Madrid. **Proposta de construção de uma nova família de índices de commodities para o mercado financeiro brasileiro**. 2015. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Escola de Economia de São, Fundação Getulio Vargas. São Paulo, 2019.