



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de Sorocaba

GRAZIELY VITÓRIA DA SILVA VIANA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE FLORESTAS NO BRASIL E
NO MUNDO**

Sorocaba – São Paulo

2022



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de Sorocaba

GRAZIELY VITÓRIA DA SILVA VIANA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE FLORESTAS NO BRASIL E NO MUNDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof^o Dr. Leandro de Cardoso Moraes

Sorocaba – São Paulo

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a primeiramente a Deus que me concedeu a graça e coragem para viver momentos incríveis.

Agradeço a minha família, principalmente mãe e padrasto que sempre fizeram do meu sonho o deles também.

Ao meu pai que, ainda que não esteja presente, me deu força sempre que olhei para o céu.

Irmãs, amigos e conhecidos que de alguma maneira contribuíram para que esse sonho tomasse forma.

Por último e não menos importante, agradeço à UNESP e a todos que participaram da minha jornada na universidade, dentre eles os professores, funcionários da secretária, amigos, terceiros e outros.

“Ao procurar conselhos, jamais dê ouvidos aos tímidos de coração. Seja gentil com eles, cumule-os de bênçãos, tente incentivá-los, mas nunca siga seus conselhos.

Se você alguma vez foi chamada de desafiadora, incorrigível, saliente, esperta, insubmissa, indisciplinada, rebelde, você está no caminho certo.” (Estés, C. P., 1992)

RESUMO

Cada vez mais os países estão buscando por fontes de energias alternativas. Essa busca está diretamente relacionada a fontes de energias renováveis que tenham o mínimo de impacto ambiental e ainda sim possua eficiência energética capaz de suprir as necessidades dos consumidores, uma vez que o consumo de energia cresce significativamente ao longo dos anos. Nesse sentido, tem-se as florestas energéticas como uma fonte de alternativa, em que tem como foco principal a geração de energia a partir da biomassa, sendo a produção de energia térmica a mais comum para este aproveitamento. No Brasil as florestas plantadas são, em sua maioria, compostas de Eucalipto e Pinus. O eucalipto por sua vez é a melhor opção para produção de energia por se adaptar em diversas condições climáticas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência energética ligada a biomassa e floresta energética no Brasil em comparação com o mundo. Os resultados apontam que o Brasil tem vantagens para a produção florestal, como por exemplo, o rápido crescimento das florestas e a expansão territorial, porém, o desenvolvimento dessas florestas para fins energético tem bastante obstáculos uma vez que precisa de incentivos do governo e principalmente de investimentos em tecnologias para produção e desenvolvimento.

Palavras-chave: Energia; Eficiência Energética; Florestas Energéticas; Biomassa.

ABSTRACT

More and more countries are looking for alternative energy sources. This search is directly related to renewable energy sources that have the least possible environmental impact and still have energy efficiency capable of meeting the needs of consumers, since energy consumption grows significantly over the years. In this sense, energy forests are an alternative source, in which the main focus is the generation of energy from biomass, with the production of thermal energy being the most common for this use. In Brazil, planted forests are mostly composed of Eucalyptus and Pine. Eucalyptus, in turn, is the best option for energy production as it adapts to different climatic conditions. The present work aims to evaluate the energy efficiency linked to biomass and energy forest in Brazil compared to the world. The results show that Brazil has advantages for forestry production, such as the rapid growth of forests and territorial expansion, however, the development of these forests for energy purposes has many obstacles since it needs government incentives and mainly investments in technologies for production and development.

Keywords: Energy; Energy Efficiency; Energy Forests; Biomass.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. POTÊNCIA ELÉTRICA CONSUMIDA.....	11
GRÁFICO 2. ENERGIA CONSUMIDA POR SETOR.....	12
GRÁFICO 3. DENSIDADE BÁSICA DO EUCALIPTO	13
GRÁFICO 4. DENSIDADE BÁSICA DO PINUS	13
GRÁFICO 5. COMPARAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DO EUCALIPTO E PINUS PARA DIFERENTE IDADES.....	15
GRÁFICO 6. MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA.....	20
GRÁFICO 7. PARTICIPAÇÃO DAS FONTES RENOVÁVEIS NO BRASIL	21
GRÁFICO 8. ÁREA DE FLORESTA PLANTADA	24
GRÁFICO 9. PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO E DO PINUS NO BRASIL... 	26
GRÁFICO 10. GARANTIA FÍSICA DE GERAÇÃO TÉRMICA A BIOMASSA APURADA EM 2019	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. TEOR DE UMIDADE E O PODER CALORÍFICO.....	14
TABELA 2. COMPARAÇÃO DO TEOR DE LIGNINA COM O PODER CALORÍFICO DO EUCALIPTO E PINUS	15
TABELA 3. PARTICIPAÇÃO DE CADA FONTE NA GERAÇÃO TERMELÉTRICA	21
TABELA 4. FONTES RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS EM 2019	22
TABELA 5. ÁREA DE FLORESTA NO BRASIL.....	23
TABELA 6. ÁREA DE FLORESTA NO MUNDO	23
TABELA 7. FLORESTAS PLANTADAS NO BRASIL EM 2019.....	24
TABELA 8. ESTADOS COM MAIOR CAPACIDADE INSTALADA PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA A BIOMASSA NO BRASIL EM 2019.....	27
TABELA 9. GARANTIA FÍSICA APURADA PARA A GERAÇÃO DE ENERIGA	
TABELA 10. TÉRMICA A BIOMASSA NO BRASIL EM 2019	27
FATORES QUE INFLUENCIAM NA DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. ENERGIA	10
1.2. CONSUMO ENERGÉTICO	10
1.3. POTENCIAL DAS ESPÉCIES PARA FINS ENERGÉTICOS	13
1.3.1. DENSIDADE BÁSICA (DB)	13
1.3.2. PODER CALORIFÍCO (PC)	14
1.3.3. TEOR DE UMIDADE (TU)	14
1.3.4. TEOR DE LIGNINA (TL)	15
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1. SETOR FLORESTAL	16
2.2. ENERGIA A PARTIR DA BIOMASSA	16
2.2.1. CICLO DE RANKING E GASEIFICAÇÃO	17
2.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	18
3. METODOLOGIA	19
3.1. ABRANGÊNCIA DO ESTUDO	19
3.2. ABORDAGEM METODOLÓGICA	19
3.3. FONTES DE INFORMAÇÕES	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1. ENERGIA NO BRASIL	20
4.1.1. MATRIZ ELÉTRICA	20
4.1.2. MATRIZ ENERGÉTICA	21
4.2. CADEIA DE PRODUTOS FLORESTAIS	22
4.3. FLORESTAS PLANTADAS	23
4.4. FLORESTAS PLANTADAS PARA FINS ENERGÉTICOS	25
4.4.1. ASPECTOS FÍSICOS	25
4.4.2. ASPECTOS FLORESTAIS	26
4.4.3. ASPECTOS AMBIENTAIS E LEGAIS	26
4.5. POTENCIAL DO BRASIL PARA FLORESTAS ENERGÉTICAS	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

1.1. Energia

Com a sua origem no grego, a palavra energia está associada a “trabalho”, ou seja, entre dois sistemas físicos, a energia necessária para realizar determinado trabalho. Antigamente, a forma mais primitiva de consumo de energia era através da força física dos seres existentes, em que por meio dos movimentos gerava energia cinética (Marques, G., 2018).

Na natureza existem várias fontes de energia, em que a captação pode ser feita de diversas maneiras. Tais fontes podem ser divididas entre renováveis e não renováveis. As renováveis são aquelas em que os recursos não são esgotáveis, como por exemplo, energia solar, eólica, de biomassa etc. Já as energias não renováveis são as que os recursos são limitados, como no caso da energia gerada a partir do petróleo, a nuclear e etc (Marques, G., 2018).

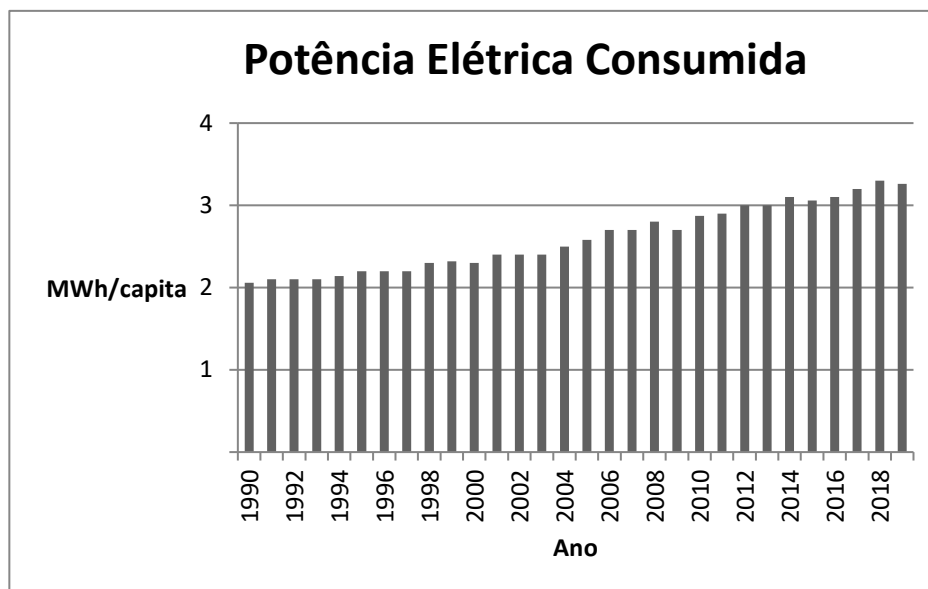
Vale ressaltar que, o termo energia difere de eletricidade. Eletricidade ou energia elétrica é o termo que se aplica à corpos eletricamente carregados e à fenômenos que sucedem cargas elétricas, ou seja, eletricidade é uma forma de energia (Marques, G., 2018).

1.2. Consumo Energético

No início da raça humana na Terra o consumo energético era mínimo e poderia ser considerado desprezível, como a descoberta do fogo que logo foi utilizado para alimentação, para se aquecer e para iluminação ao anoitecer (Carvalho, J. J. L., 2017).

Com o desenvolvimento da tecnologia e a necessidade de uma vida mais confortável ao longo dos anos, fez com que novas fontes de energias fossem descobertas, sendo a Revolução Industrial, final do século XVIII e início do século XIX, o marco histórico, com o desenvolvimento da máquina a vapor, aumento do consumo energético e a emissão de carbono no ambiente. Nesse sentido, tiveram a diversificação do trabalho, novas atividades e demandas ocasionando no aumento do consumo energético [Gráfico 1].

Gráfico 1: Eletricidade consumida per capita no mundo.

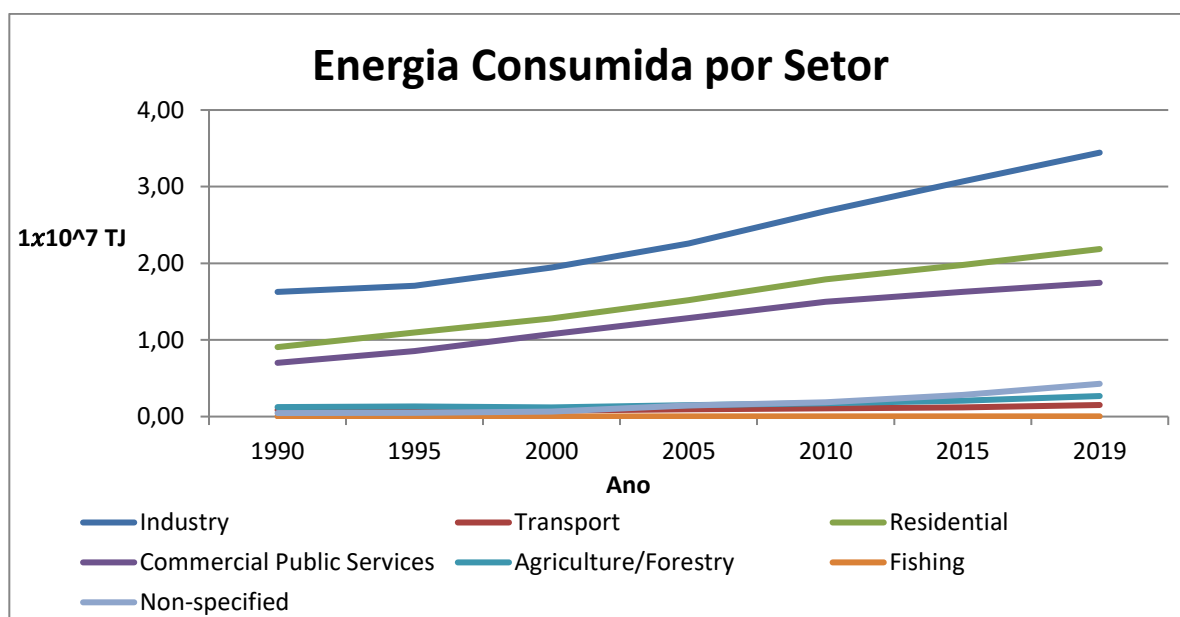


Fonte: *Internacional Energy Agency (IEA)* (adaptado) [3].

Desde então, os países travam cada vez mais uma corrida para alcançar o domínio da tecnologia, interesses comerciais, fontes de recursos naturais e etc.. Assim para atender e suprir as exigências da população mundial atual, as fontes de energias existentes foram utilizadas em larga escala, como por exemplo, os combustíveis fósseis que apresentam limitações por ser considerados fontes de energia não renováveis e pelos impactos ambientais gerados. Desse modo, o consumo energético tem crescido rapidamente para atender os diversos setores socioeconômico e gerado impactos ambientais que tem sido cada vez mais evidente em todo o planeta (Marques, G., 2018).

O setor que mais consome energia é a Indústria, consumindo aproximadamente $3,5 \times 10^7$ TJ no ano de 2019, seguido do Residencial com cerca de 2×10^7 TJ [Gráfico 2].

Gráfico 2: Energia consumida por setor no mundo.



Fonte: *Internacional Energy Agency (IEA)* (adaptado) [3].

Como já apontado em outros relatórios de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em 2022, mais uma vez foi advertido que medidas ambiciosas devem ser tomadas para que diminua os impactos ocasionados pelo consumo exagerado de recursos energéticos e a emissão de gases que prejudicam a atmosfera, conhecidos como Gases de Efeito Estufa (GEE) que contribuem para o aquecimento global (IPCC, 2022).

Com isso, é aconselhável que os países procurem cada vez mais por soluções energéticas eficientes que possam diminuir os impactos e ao mesmo tempo trazer os benefícios que desejam, como no caso das energias renováveis que estão ocupando cada vez mais espaço no setor energético. De acordo com dados da IEA, estima-se que mais da metade da energia produzida do mundo em 2024 seja renovável, uma pequena parcela de energia nuclear e outras (IEA).

Com o crescimento da população e maior demanda de energia, é necessário que o desenvolvimento da tecnologia no setor energético seja voltado para manter, dentro do aceitável, a saúde do planeta e o conforto de todos os seres vivos. Nesse sentido, presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência energética por meio da captação de energia limpa, com o impacto ambiental reduzido e de forma mais sustentável no Brasil e no mundo (Empresa de Pesquisa Energética, 2021).

1.3. Potencial das espécies para fins energéticos

De acordo com as espécies mencionadas, Eucalipto e Pinus, serão analisados os aspectos principais associados ao material como combustível (a biomassa florestal) e os efeitos que tem relacionados a combustão (o potencial energético). Entre eles estão: a densidade básica, o poder calorífico, teor de umidade e o teor de lignina.

1.3.1. Densidade Básica (DB)

A densidade básica da madeira é composta pela relação: massa seca do material (kg) pelo volume sólido (m^3) em estado de total saturação. Sendo a propriedade mais analisada da madeira, tendo vários estudos para várias espécies (Santana, 2009). Nos gráficos 3 e 4, pode-se observar que para ambas as espécies a densidade aumenta de acordo com a idade, ou seja, quanto mais velha for a árvore, maior será a quantidade de massa por volume (Santana, 2009).

Gráfico 3: Representa a DB do Eucalipto.

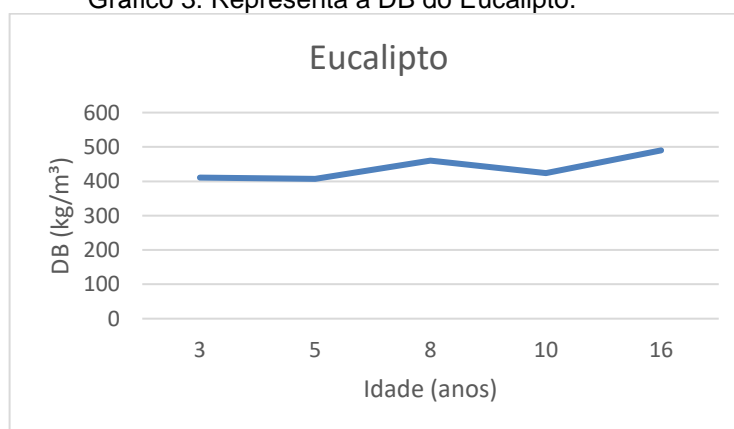
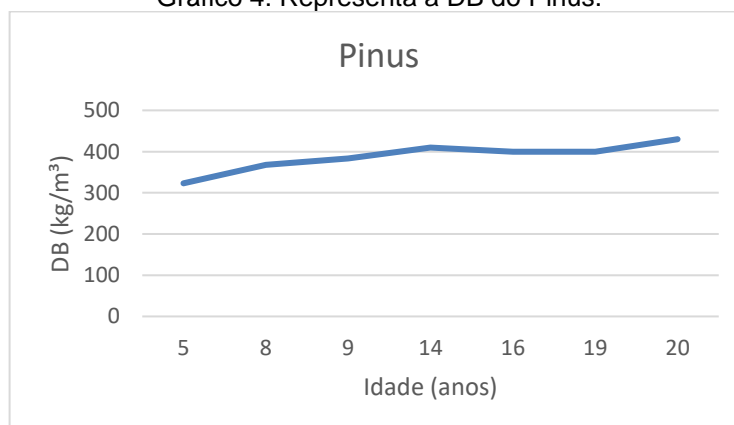


Gráfico 4: Representa a DB do Pinus.



Fonte: SETTE et. al. (2004); ALZATE et. al. (2005); OLIVEIRA et. al. (2005); BRITO & BARRICHELO (1977); ANDRADE (2006); RESQUIN et. al. (2005); CATTANEO & METHOL (2004); CASTILLO et. al. (2000); MOURAO et. al. (1979). Elaborado por STCP. (Adaptado).

1.3.2. Poder Calorífico (PC)

No Poder Calorífico (PC) pode ser estimada a energia que tem na biomassa, assim, de toda a energia térmica que é liberada na combustão completa de 1 kg de biomassa. Quando se relaciona o PC com a idade, entende-se que quanto mais velha for a espécie da árvore, o seu PC tende a ser maior (Iniciativa Para o Uso da Terra, 2015).

1.3.3. Teor de Umidade (TU)

O Teor de Umidade (TU) é uma característica que tem influência direta na queima de materiais combustíveis. Nota-se a partir da tabela 1 que quanto mais alto for o TU mais baixo será o PC, já que uma parte do combustível é utilizado para evaporar a água. Na madeira seca (0% TU) por exemplo, tem-se uma eficiência no processo de combustão de 80%, já na madeira verde (50% TU), a eficiência é estimada em 67% (Iniciativa Para o Uso da Terra, 2015).

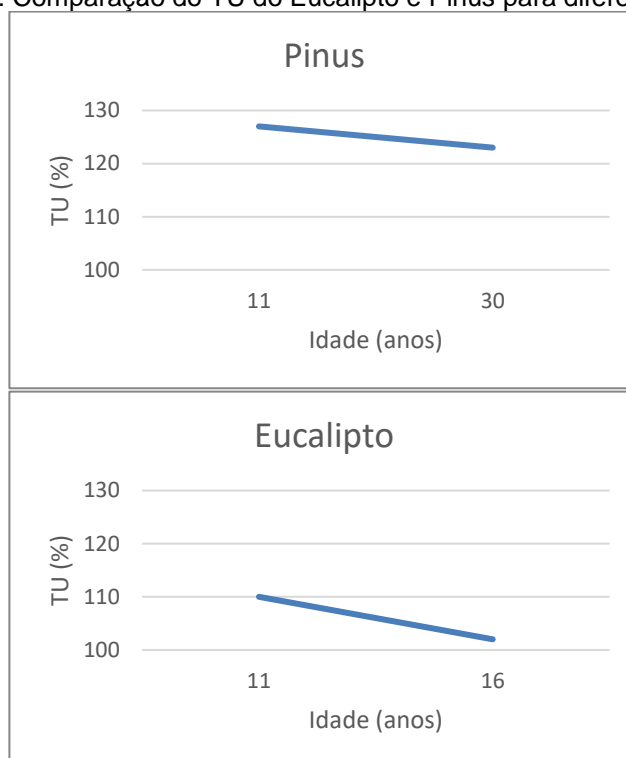
Tabela 1: Teor de umidade e o Poder calorífico.

TU	PC Superior (kcal/kg)	Eficiência (%)	PC Inferior (kcal/kg)
0%	4.729	80	3.783
20%	3.797	76	2.886
30%	3.463	74	2.563
50%	2.389	67	1.600

Fonte: Fontes (1994).

De acordo com os Gráficos 5 de comparação do TU do Eucalipto e do Pinus, pode-se observar que em ambos quanto mais velha for a madeira, menor será o TU. Além disso, nota-se que a madeira do Pinus tem o teor de umidade maior que a do Eucalipto.

Gráfico 5: Comparação do TU do Eucalipto e Pinus para diferente idades.



Fontes: BARROS (2006); OLIVEIRA et. al. (2005); FERNANDES & SOARES (1980); MUNIZ (1993) – Elaborado por STCP (2015). Adaptado.

1.3.4. Teor de Lignina (TL)

O Teor de Lignina (TL) está relacionado com a rigidez, pois está presente na parede celular das árvores, assim mantém unida a estrutura da celulose. De acordo com a tabela 2 o TL é maior no Pinus do que no Eucalipto. Além de que, quanto mais alto for o TL, maior será o PC (Iniciativa Para o Uso da Terra, 2015).

Tabela 2: Comparação do Teor de lignina com o Poder calorífico das duas espécies.

Material	TL (%)	PCS (kcal/kg)
Madeira de Eucalipto	25,8	4.626
Madeira de Pinus	31,6	4.721

Fonte: Horst (2013) - Elaborado por STCP (2015).

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Setor Florestal

O crescimento do setor florestal começou a partir dos anos 1960, com espécies de rápido desenvolvimento, com a criação de programas de incentivos fiscais.

Os benefícios desse setor podem ser constatados no âmbito econômico, social e ambiental. De acordo com o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2020), em 2019, o setor florestal atingiu aproximadamente R\$ 100 bilhões em receita bruta, o que corresponde a US\$ 10,3 bilhões na balança comercial, criando cerca de 3,75 milhões de oportunidades no Brasil.

Estudos apontam as 3 principais aplicações industrial do setor (Sampaio, F. S.):

- 1) Utilização da madeira para produzir eletricidade;
- 2) Processo mecânico da madeira, utilizado para produzir compensados, móveis;
- 3) Papel e celulose, chapa de fibra.

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (Abraf), em 2005, cerca de 64% do território nacional é composto por floresta nativa, 23% cobertos por pastagem, 7% ocupados pela agricultura, 5% de áreas urbanas e infraestruturas, 1% de cultura permanente e somente 0,6% constituído por florestas plantadas.

As florestas plantadas brasileiras são majoritariamente constituídas pelo cultivo de Eucalipto e Pinheiro. Em 2020, a área plantada de florestas no Brasil, somaram um total de 9,3 milhões de hectares, em que 70,6% estão localizados nas regiões Sudeste e Sul, sendo que 80,2% das florestas plantadas são áreas de Eucalipto com finalidade comercial (Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2020).

2.2. Energia a partir da Biomassa

A biomassa é considerada uma fonte de energia renovável e, pode ser mais sustentável quando utilizada da maneira correta, sendo feita pela absorção do

carbono na atmosfera pelas plantas, conhecido como ciclo do carbono (Vidal, 2011).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as principais fontes da biomassa são as plantas e matérias-primas sacarídeas, oleaginosas e afins, além dos dejetos de animais e de aterros sanitários.

O intuito da geração de energia a partir da biomassa e outras é que diminua a dependência de fontes não renováveis como o uso do petróleo por exemplo, em que ocorre a queima exagerada e tem grandes impactos ambientais.

O propósito das florestas energéticas é exclusivamente gerar energia a partir da biomassa, tornando um ambiente mais sustentável, tendo um processo de produção que realiza do reaproveitamento da madeira e, por consequência, retornando as folhas, galhos e afins para o solo (Müller, 2005).

A produção de energia térmica é uma das formas mais comuns para o aproveitar a energia gerada pela biomassa. As duas maneiras mais utilizadas para a produção de eletricidade por meio da biomassa são: gaseificação da madeira e o ciclo a vapor a partir da combustão da biomassa em caldeiras tradicionais (Müller, 2005).

2.2.1. Ciclo de Rankine e Gaseificação

O Ciclo de Rankine é o processo consolidado no Brasil para gerar energia através da queima da biomassa. A nomenclatura é baseada no matemático William John Macquorn Rankine, sendo um ciclo termodinâmico, fundamentado em quatro processos, propicio para um sistema motor a vapor simples em regime permanente. O Ciclo aplicado a uma planta industrial de uma termoelétrica por meio da biomassa de eucalipto acontece da seguinte maneira (Gomes, F. et al):

- 1) Caldeira: onde acontece a incineração do eucalipto fazendo com que água presente na caldeira, denominada fluido de trabalho, seja aquecida até saturar e evaporar;
- 2) Turbina: o vapor proveniente da caldeira, de alta temperatura e pressão, faz com que as turbinas girem gerando energia elétrica. A princípio a energia gerada é utilizada para suprir as necessidades da planta, o restante é enviado aos consumidores, por meio das linhas de transmissão;

- 3) Condensador: o fluido de trabalho agora em baixa temperatura e pressão, vai para o condensador para passar pelo processo de resfriamento e em seguida é destinada a um desareador para remover as substâncias geradas na combustão que são prejudiciais ao meio ambiente;
- 4) Bomba: O líquido que sai do condensador percorre até a bomba onde é bombeado para a caldeira.

Já a gaseificação é o sistema com maior potencial, porém o que dificulta a utilização é o alto valor aquisitivo e por não ser um processo tão simples. De acordo com Vidal e Hora (2011), estima-se que daqui uns anos se torne a meio principal para conversão de biomassa, com menor nível de emissões, alta eficiência energética, menor valor agregado em grandes e pequenas escalas quando comparado com outras tecnologias.

2.3. Eficiência Energética

A eficiência energética da queima da biomassa está diretamente relacionada com a produção da bioenergia. Para uma maior eficiência energética, são necessários preços e políticas apropriadas no mercado internacional, uma vez que ela se tornou um indicador fundamental para analisar o abastecimento de energia. Além disso, é essencial que as mudanças na produção de energia se consolidem e garantam a geração em grande escala juntamente com o desenvolvimento de inovações tecnológicas (IEA).

Segundo Couto e Müller (2008), dentre as alternativas para a produção de energia, a melhor é o Eucalipto por seu amplo número de espécie e pela dispersão geográfica, favorecendo o plantio em vários locais com diferentes condições climáticas. Afirmam ainda, que pesquisas da Embrapa Florestas realizaram um vasto estudo do eucalipto para ser utilizado em várias finalidades. As espécies mais recomendadas para o setor energético são o *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus saglina*, *Eucalyptus grands*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora*.

3. METODOLOGIA

3.1. Abrangência do Estudo

Geograficamente o presente trabalho teve como foco principal o Brasil como um todo. Entretanto, algumas informações foram apresentadas de forma separadas, pelas grandes regiões ou pelos estados.

O escopo do estudo foi fundamentado em fontes energéticas principalmente em biomassa/madeira, das espécies plantadas Pinus e Eucalipto para analisar o potencial das florestas para a geração de energia.

3.2. Abordagem Metodológica

A princípio foi definido o tema e em seguida um levantamento de dados e informações. Assim foi feita uma coleta de dados sobre consumo energético, fontes de energia, biomassa, florestas energéticas e outros para que fosse desenvolvido o estudo.

Em seguida, as informações foram compiladas, analisadas e organizadas com o intuito de filtrar somente o necessário e não fugir do tema proposto para compor os resultados e apresentar uma síntese do estudo.

3.3. Fontes de Informações

As fontes de informações para o desenvolvimento do estudo foram os bancos de dados disponibilizados nos sites das instituições e órgãos governamentais, como por exemplo, o Balanço Energético Nacional (BEN) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com informações sobre a matriz energética e elétrica nacional, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com base de dados sobre as florestas plantadas. Também foram utilizadas publicações especializada como da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) com análises sobre o eucalipto e os seus diversos fins, além de artigos e estudos científicos, internet etc.

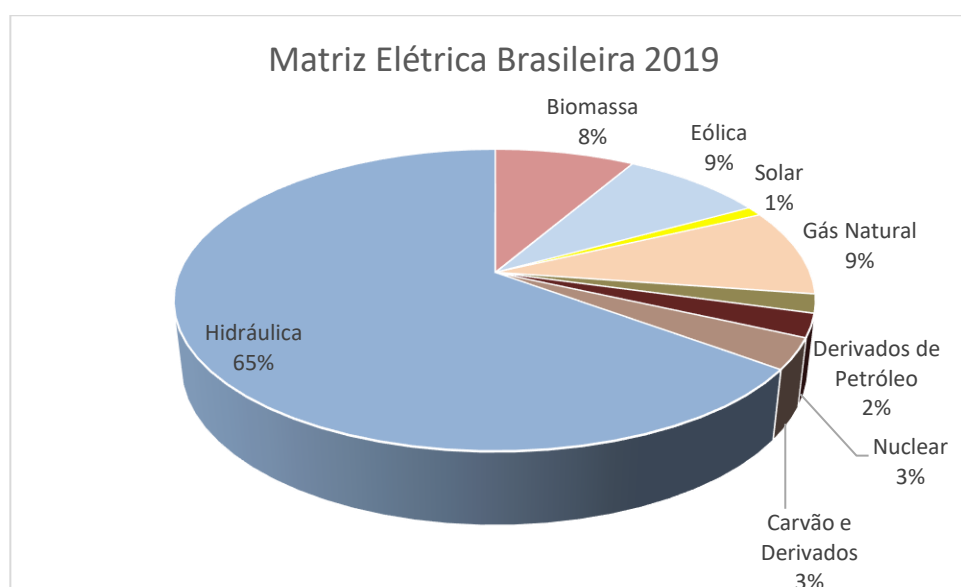
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Energia no Brasil

4.1.1. Matriz Elétrica

A matriz elétrica brasileira, ou seja, as fontes disponíveis só para a geração de energia elétrica, é composta majoritariamente por energia vinda de fontes hidráulicas, com cerca de 65% do total. A biomassa corresponde a 8% da matriz elétrica, estando incluso bagaço de cana, lenha, biodiesel e outras fontes primárias. A fonte com menor utilização é a solar, com apenas 1% do todo, como pode ser visto no gráfico 6.

Gráfico 6: Representa a matriz elétrica brasileira.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Além disso, tem-se que no ano de 2019, na geração termelétrica a fonte biomassa que inclui (lenha, bagaço de cana de açúcar e afins) corresponde a aproximadamente 30% da geração [tabela 3].

Tabela 3: Participação de cada fonte na geração termelétrica.

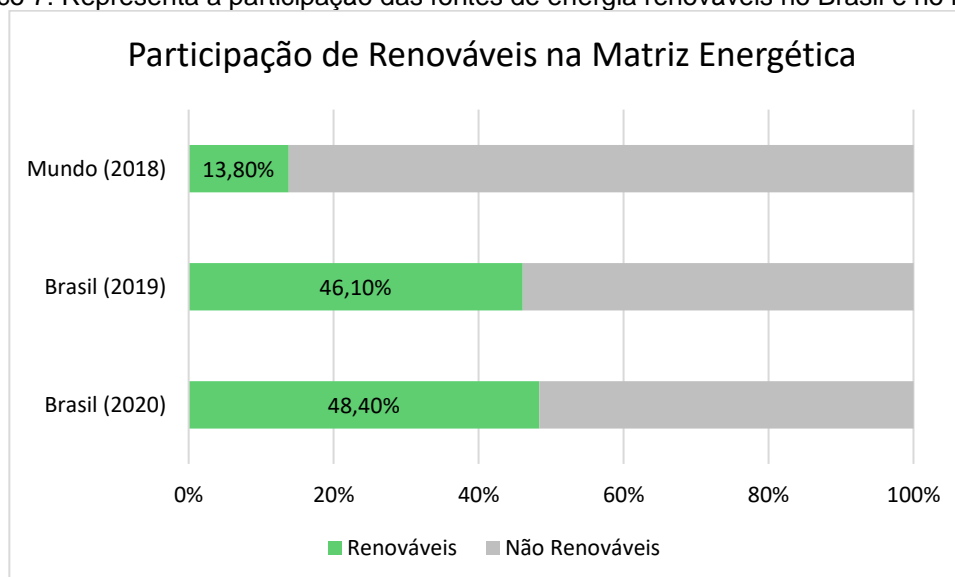
Fonte	2010	2019
Gás Natural	33,1%	36,5%
Biomassa	29,0%	33,1%
Carvão e Derivados	10,3%	12,9%
Nuclear	13,2%	9,7%
Derivados do Petróleo	14,6%	7,8%

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020).

4.1.2. Matriz Energética

A matriz energética brasileira, ou seja, as fontes disponíveis para poderem ser utilizadas em carros, no preparo da comida no fogão e afins, em 2019 foi composta por cerca de 46% de fontes de energias renováveis. Em 2018, a matriz energética do mundo era composta por apenas 13,8% de energia renovável. No mesmo ano, o Brasil apresentou 48,4% de participação das renováveis, número que quando comparado o mundo é bastante relevante, como mostra o Gráfico 7.

Gráfico 7: Representa a participação das fontes de energia renováveis no Brasil e no mundo.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

De acordo com a EPE, a participação das renováveis no Brasil, tem relação com a inclusão da geração eólica e a hidráulica, o aumento da oferta de biomassa da cana e do biodiesel e a redução na de carvão mineral.

É possível observar ainda, segundo a tabela 4, em 2019, que a biomassa de cana liderou o *hanking* da OIE (Oferta Interna de Energia), com cerca de 18%, enquanto que, a lenha e o carvão vegetal, ficaram em terceiro lugar, com 9%.

Tabela 4: Repartição da OIE em 2019.

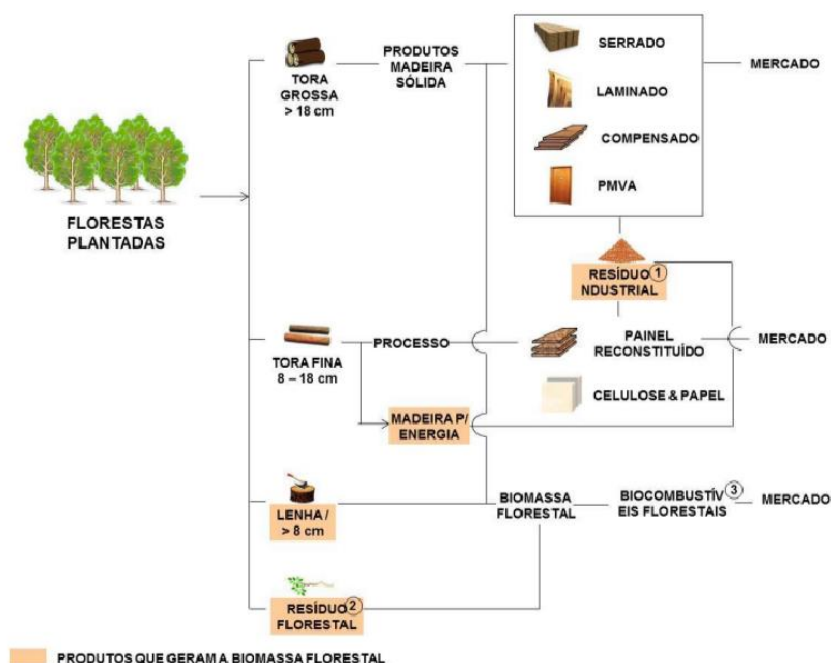
Renováveis		Não Renováveis	
Biomassa da Cana	18%	Petróleo e Derivados	34%
Hidráulica	12%	Gás Natural	12%
Lenha e Carvão Vegetal	9%	Carvão Mineral	5%
Outras	7%	Urânio	1%
-	-	Outras	1%

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020).

4.2. Cadeia de produtos florestais

Na figura 1 representado a cadeia produtiva de produtos florestais com foco na geração de biomassa. É possível observar que os principais produtos que podem ser transformados em biomassa florestal são: lenha, madeira, resíduo industrial e resíduo florestal (Iniciativa Para o Uso da Terra, 2015).

Figura 1: Cadeia de produtos florestais.



1 – Resíduo industrial (casca, costaneira, refilos, destopos, serragem, maravalhas, outros)

2 – Resíduo florestal (ponteiros, galhos, casca, ramos, outros)

3 – Biocombustíveis florestais (carvão, briquete, pellet, etanol celulósico, licor negro, outros)

Fonte: INPUT (Iniciativa para o uso da Terra) [6].

4.3. Florestas Plantadas

De acordo com a *Global Forest Resources Assessment* (FAO), no Brasil, de 1990 até 2020 a área de floresta diminuiu aproximadamente 100 mil (1000 ha). Em relação as florestas plantadas o número aumentou no mesmo período, em 1990 eram cerca de 3500 (1000 ha) e em 2020 atingiu cerca de 11000 (1000 ha) [tabela 5].

Tabela 5: Representa a área de floresta no Brasil.

	Área Florestal (1000 ha)								
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Floresta em regeneração natural	585.340	547.436	504.252	493.947	492.059	490.252	488.548	486.935	485.396
Floresta Plantada	3.558	3.652	7.328	9.938	10.023	9.840	10.503	10.864	11.224
... das quais espécies introduzidas	3.442	3.536	7.031	9.510	9.623	9.432	10.063	10.406	10.748
Total	588.898	551.089	511.581	503.885	502.082	500.092	499.051	497.799	496.620

Fonte: *Global Forest Resources Assessment* [26].

De acordo com a Tabela 5, é possível observar também que, a partir dos anos 2000, a cada 10 anos, a área de floresta plantada tem um aumento de cerca de 3500 (1000 ha).

Nos países como China, Estados Unidos, Japão e Rússia é possível observar os dados a partir da tabela 6.

Tabela 6: Representa a área de floresta plantada nos países.

Floresta Plantada	Área Florestal (1000 ha)								
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
China	44.152	73.324	80.245	81.358	82.471	83.584	84.696	44.152	54.830
Estados Unidos	17.938	22.560	25.564	26.364	26.364	27.521	27.521	27.521	27.521
Japão	10.287	10.331	10.292	10.218	10.201	10.184	10.184	10.184	10.184
Rússia	12.651	15.360	19.547	19.775	*	18.814	*	*	*

Fonte: *Global Forest Resources Assessment* [26].

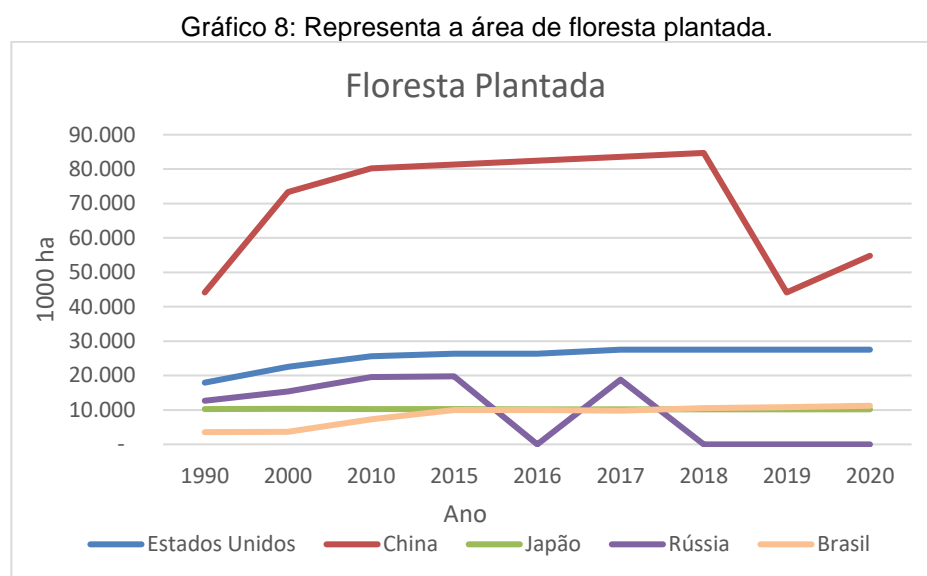
* Não apresentou dados.

Observa-se que na China, por exemplo, há um salto na área de floresta plantada, em que o valor praticamente dobra de 1990 até 2010. O valor permanece alto, até que em 2019 há uma queda e o volta exatamente igual ao ano de 1990 e em 2020 tem-se o aumento novamente.

Nos Estados Unidos e no Japão os números têm uma tendência constante. Nos EUA por exemplo, há um aumento de 1990 até 2017, a partir desse o número

estagna e segue o mesmo. Já no Japão, de 1990 até 2020 os números permanecem na casa dos 10 mil (1000 ha).

Na Rússia os números são crescentes, porém a partir de 2016 o país não apresenta dados, com exceção de 2017 que o número diminui. É possível uma melhor análise por meio do Gráfico 8.



Fonte: *Global Forest Resources Assessment* [26].

Em 2019, o IBGE disponibilizou os dados das florestas plantadas por região no Brasil. Nota-se que as duas principais espécies cultivadas são o Eucalipto e o Pinus. As demais, presentes na categoria “outras espécies”, representam menos que 10% do total, com exceção na região Norte, em que representam aproximadamente 26%, porém, ainda sim, constituem menos que a metade. A região com o a maior porcentagem é a Sudeste, com a soma das duas espécies sendo cerca de 99% [tabela 7].

Tabela 7: Representa as florestas plantadas no Brasil no ano de 2019.

Região	Eucalipto	Pinus	Outras Espécies	Total
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	
Centro-Oeste	1.506.475	10.965	74.788	1.592.228
Nordeste	927.205	-	12.600	939.805
Norte	334.793	2.203	120.638	457.634
Sudeste	3.249.302	263.623	12.244	3.525.169
Sul	1.598.409	1.702.813	167.037	3.468.259
Total	7.616.184	1.979.604	387.307	9.983.095

Fonte: SNIF (Sistema Nacional de Informações Florestais) [22].

4.4. Florestas Plantadas para fins energéticos

O Brasil tem muitas vantagens para a produção florestal, como a alta produtividade e o rápido crescimento das florestas plantadas, isso ajuda na expansão e na utilização da produção florestal para a geração de energia no país. Nesse sentido, podemos analisar os aspectos físicos, florestais, ambientais e legais.

4.4.1. Aspectos Físicos

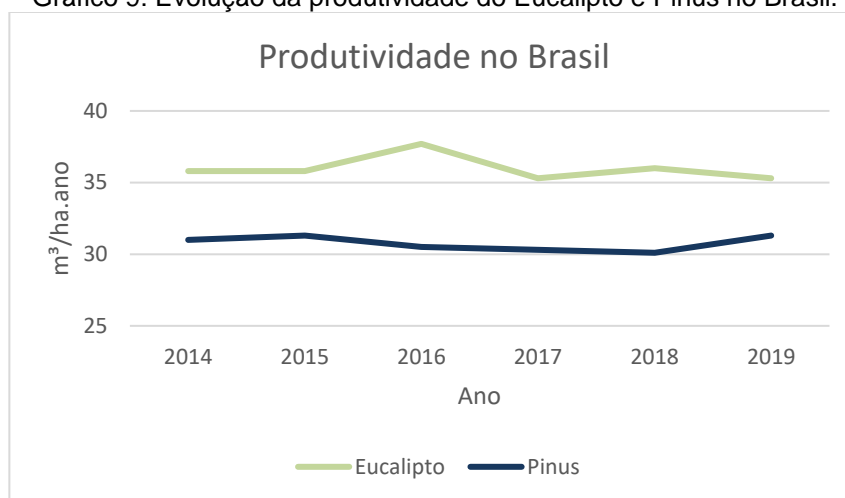
Dentre os aspectos físicos do Eucalipto e do Pinus podemos destacar o solo, a temperatura, o relevo e a precipitação (Iniciativa Para o Uso da Terra, 2015):

- 1) Solo: Argissolos, Nitossolos, Latossolos, Luvisolos são os solos mais propícios para a plantação. Entretanto, outros elementos devem ser analisados, como a drenagem, fertilidade, profundidade etc. Além disso, áreas com possíveis alagamentos devem ser descartadas por dificultar a evolução das plantas.
- 2) Temperatura: esta tem grande importância pois tem grande potencial de risco para com a produção florestal. O Eucalipto tem uma tolerância para o seu desenvolvimento variando entre 18 – 30 °C. Já a variedade do Pinus é de 15 – 25 °C. Em ambas as espécies, a limitação para a evolução é que não toleram grandes variações durante o ano e altas amplitudes, como temperaturas abaixo de 0°C e acima de 30°C.
- 3) Relevo: o melhor relevo para ambas as espécies é o de plano a suave ondulado, pois facilita a infiltração da água e diminui os riscos relacionados a escoamento superficial e erosões. Além disso, favorece a locomoção, permitindo o melhor acesso para maquinários e equipamentos de colheita.
- 4) Precipitação: esta é a quantidade de chuva em determinada área de acordo com um período estabelecido. Estima-se que a precipitação média anual para o Eucalipto varia entre 900mm até 2400mm. Já para o Pinus a variação ocorre entre 700mm até 2500mm.

4.4.2. Aspectos Florestais

Os dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBA) em 2019 apontam que a produtividade de ambas as espécies, Eucalipto e Pinus, foram 35,3m³/ha.ano e 31,3m³/ha.ano, respectivamente. No período entre 2014 até 2019 a produtividade do Eucalipto sempre esteve acima do Pinus, com média aproximadamente de 36m³/ha.ano, enquanto o Pinus com cerca de 31m³/ha.ano, conforme o gráfico 9.

Gráfico 9: Evolução da produtividade do Eucalipto e Pinus no Brasil.



Fonte: IBA [20].

4.4.3. Aspectos Ambientais e Legais

De acordo com os parâmetros federais na legislação, destaca-se a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, (novo Código Florestal), que preconiza normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa, tendo incluso as Áreas de Preservação Permanente (APPs), de Uso Restrito e Reserva Legal (RLs), o controle da procedência dos produtos florestais, prevenção de incêndios, suprimento de matéria-prima entre outros. Conforme:

“Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências” [27].

4.5. Potencial do Brasil para florestas energéticas

O desenvolvimento de florestas plantadas para fins energéticos em grande escala pode ser desafiador, pois para ter esse plantio única e exclusivamente voltado para esse fim, requer incentivos governamentais e principalmente investimentos em tecnologias para a produção e desenvolvimento.

Os dados das tabelas 8 e 9, mostram os dados da capacidade instalada e da geração física apurada para o ano de 2019, respectivamente.

Tabela 8: Representa os estados com maior capacidade instalada para a geração de energia térmica a biomassa no Brasil em 2019.

Estado	Capacidade Instalada	Energia Térmica	Biomassa
	MW	MW	MW
São Paulo	21,34	6,32	5,41
Mato Grosso do Sul	2,49	2,13	1,79
Minas Gerais	15,83	1,90	1,34
Goiás	7,48	1,62	1,20
Paraná	24,08	1,34	0,73

Fonte: CCEE (adaptado) [28].

É possível observar que, ainda que os estados acima sejam os com maior capacidade instalada de biomassa, os números da mesma não correspondem a 50% do total para os Estados, com exceção do Mato Grosso do Sul. O Estado de São Paulo tem capacidade instalada total aproximadamente de 21MW, enquanto que apenas 5,41MW é voltado para biomassa. No Paraná, em que a sua capacidade instalada é maior que São Paulo, com total de 24,08MW, porém apenas 0,73MW corresponde a biomassa. No Mato Grosso do Sul, tem-se que de 2,49MW da capacidade instalada, 1,79MW é de energia térmica a biomassa.

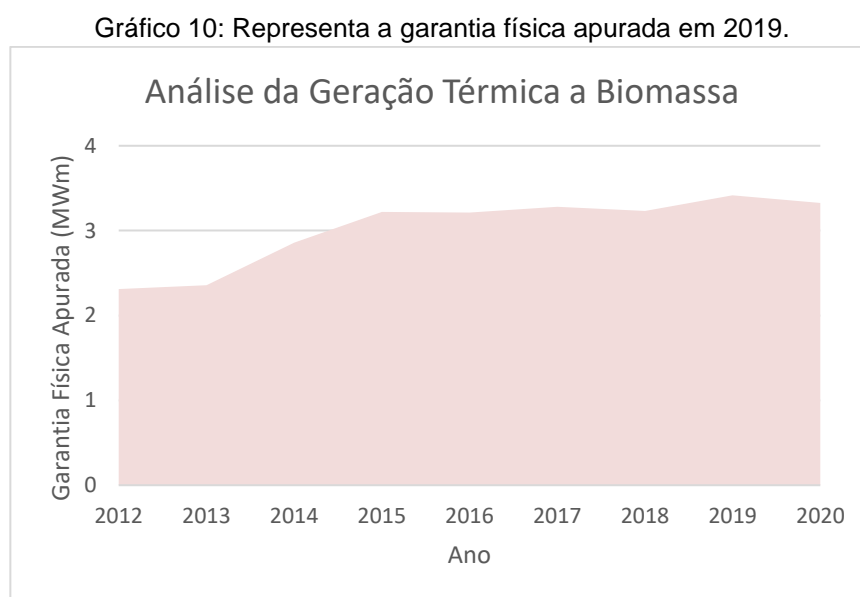
Tabela 9: Representa a garantia física apurada para a geração de energia térmica a biomassa no Brasil em 2019.

Estado	Garantia Física Apurada	Energia Térmica	Biomassa
	MWm	MWm	MWm
São Paulo	8,34	1,36	1,46
Mato Grosso do Sul	1,03	0,78	0,59
Minas Gerais	7,18	0,49	0,41
Goiás	4,14	0,41	0,38
Paraná	11,05	0,14	0,27

Fonte: CCEE (adaptado) [28].

Sobre a garantia física apura tem-se a mesma observação, na maioria dos Estados, o número que corresponde a biomassa é menos que 50% do total, com exceção do Mato Grosso do Sul. Em Minas Gerais foram 7,18MWm apurados e apenas 0,49MWm para biomassa, porém corresponde quase ao total de toda energia térmica apurada no Estado, que foi de 0,41MWm. Da mesma forma ocorreu em Goiás, de um total equivalente a 4,14MWm, apenas 0,41MWm é de energia térmica e desse 0,38MWm corresponde a biomassa.

No período de 2012 até 2020 os valores para a garantia física apurada na análise da geração de energia térmica a biomassa não ultrapassaram 4MWm. De 2013 a 2015 os valores foram crescentes, porém quanto passou da marca dos 3MWm, teve seu pico máximo em 2019 com cerca de 3,41MWm como mostra o gráfico 10.



Fonte: CCEE (adaptado) [28].

Nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento os agricultores têm como prioridade não somente a produção de madeira para energia, mas também a composição de vários produtos florestais e agropecuários presentes na cultura local e, sobretudo, com potencial de comercialização. Destacam também que, apesar da maior parte da lenha seja voltada para o consumo da família rural, deveriam ter mais incentivos para que os agricultores passassem a produzir para

além das suas necessidades, como por exemplo, para a comercialização (Gregerson, H et al, 1989; Nair, P. K. R., 1993; Munslow, B., 2000)

Estudos apontam também que a condição básica para que o sistema de produção da madeira para fins energético prospere e tenha sucesso é a presença de comércio local para lenha, carvão vegetal, resíduos etc., e a competitividade que existe aos vários usos da madeira nas regiões e área rural (Kurstén, E, 2000).

Além disso, ainda que a energia de biomassa florestal no Brasil seja produzida em pequena escala em comparação com as outras fontes, o país é considerado um grande produtor mundial de madeira para fins energéticos. Por outro lado, essa produção possui alguns desafios uma vez que a ocupação que exige para o monocultivo florestal pode competir o uso e ocupação do solo com as florestas nativas e com a produção de alimentos (Dobie, P et al, 2015)

A tabela 10 dispõe de aspectos que influenciam na demanda de biomassa florestal para fins energéticos.

Tabela 10: Fatores que influenciam na disponibilidade de biomassa.

Disponibilidade de biomassa florestal por sistema de uso da terra	
Potencial ambiental/ecológico	Clima Solo Topografia
Práticas de uso da terra	Mercado (construção civil, serrarias, indústrias) Intensidade e forma de manejo das espécies arbóreas.
Competição por outros usos	
Diversos usos da comunidade local	Construção Cultura Alimentos Proteção ambiental e quebra ventos Forragem
Demanda comercial externa	Mercado urbano/industrial por biomassa Demanda por madeira (não energética) Polos de construção civil
Acesso aos recursos de biomassa florestal	
Acesso físico	Distância/Logística Topografia Tipo de biomassa

	Densidade do povoamento florestal
Acesso social	Distribuição da terra Competição com a agropecuária Diferenciação social e cultural Acesso ao mercado Políticas governamentais (florestais e energéticas)

Fonte: Munslow et al. (2012) (adaptado).

Berndes et al. (2003) apontam que: a) florestas energéticas em larga escala e com rotação curta geram possível degradação ambiental por conta da alta exportação de nutrientes do solo; b) se os projetos de regeneração e recuperação das áreas forem bem feitos, por meio de procedimentos agroflorestais podem recuperar as áreas; c) existe grande reconhecimento da precisão em relacionar a produção de energia florestal com o desenvolvimento rural (Berndes, G et al, 2003).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise realizada feita por meio do levantamento dos dados da eficiência energética de florestas energéticas pode-se considerar que há muitas limitações para que esta seja uma fonte de alternativa de energia no Brasil.

Para que esta faça parte efetivamente da matriz energética é necessário investimentos e incentivos por parte dos governantes para que a produção de florestas plantadas seja impulsionada atrelada ao desenvolvimento tecnológico. Outro ponto importante é a competitividade que existe entre os vários fins onde a madeira pode ser utilizada.

No Brasil, a região que apresenta a maior quantidade de área plantada de eucalipto é a Sudeste e as espécies mais comuns são *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla* entre outras, porém, apesar da extensão territorial e o clima serem condições favoráveis para a produção da madeira, muitos agricultores não têm como prioridade a produção de energia, mas sim a comercialização, produção de lenha e carvão. Nesse sentido, seria viável para o país a produção de florestas para fins energéticos se todos os aspectos: incentivos, investimentos e competitividade, fossem oportunos e vantajosos e não existissem como obstáculos para os produtores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas). **Anuário Estatístico da ABRAF: Ano base 2005**. Disponível em: < Biblioteca Florestal - Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2005 (ufv.br) >. Acessado em: 5 de abril de 2022.

ANDRADE. **Qualidade da Madeira, Celulose e Papel em Pinus Taeda L.: Influência da Idade e Classe de Produtividade**. Alan Sulato de Andrade. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

BARROS. **Fator de Cubicação para Madeira Empilhada de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden, com Toretes de Dois Comprimentos, e sua Variação com o Tempo de Exposição ao Ambiente**. Marcos Vinícius Barros. Santa Maria, RS, Brasil, 2006.

BERNDES, G. et al. **The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies**. Biomass and Bioenergy. v. 25, n. 1, p. 1-28, 2003. DOI: 10.1016/S0961-9534(02)00185-X.

BRITO & BARRICHELO. **Usos Diretos e Propriedades da Madeira para Geração de Energia**. José Otávio Brito, Luiz Ernesto G. Barrichelo. IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais). Circular Técnica Nº 52. Junho/1979.

CARVALHO, J. J. L. (2017). "**Acetatos Eficiência Energética**" (Ano Letivo 17/18), FCT-UNL.

CASTILLO et. al. (2000). **Índices de Calidad de Madera en Pinus taeda de Rivera para la optimización en el uso final**. Alvaro Pérez del Castillo, Raúl de Castro, Sadaaki Ohta. Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales LATU-JICA (1998-2003). Informe de Investigación Nº 2. Setiembre 2000.

CATTANEO & METHOL. **Desarrollo de una Raza Local de Pinus taeda: Avances en Investigación**. Mariana Cattaneo, Ricardo Methol. Serie Técnica N° 146. INIA. Montevideo – Uruguay. 2004.

CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica). Disponível em: < <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/consumo> >. Acessado em: 6 de abril de 2022.

COUTO, Laércio; MÜLLER, Marcelo Dias. **Florestas Energéticas do Brasil**. (Org.), CORTEZ, Luís Augusto Barbosa et al. Biomassa para energia. Campinas, SP. Editora da UNICAMP, 2008.

DOBIE, P. et al. **Strategy on tree-based energy: clean and sustainable energy for improving the livelihoods of poor people**. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre, 2015. 36 p. Disponível em: <<http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/RP15690.pdf>>. Acessado em: 9 de abril de 2022.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Balço Energético Nacional 2021**. Disponível em: < [BEN2021.pdf \(epe.gov.br\)](#) >. Acessado: 31 de março de 2022.

ESTÉS, Clarissa P. **Mulheres que correm com os lobos: Mitos e histórias do arquétipo da Mulher Selvagem**. 1ª Edição. Ballantine Books, 1992. 228 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Global Forest Resources Assessments, 2020**. Disponível em: < <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/en/> >. Acessado em: 5 de abril de 2022.

FERNANDES & SOARES. **Varição Estacional do Teor de Umidade em Folhagem de Pinus elliottii, Pinus taeda e Araucaria angustifolia**. Regina Rosa Fernandes, Ronaldo Viana Soares. Revista Floresta, 1980.

FONTES. **Autossuficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos**. Paulo José Prudente de Fontes. Curitiba, 1994.

GOMES; A. Almeida; C.W.C. WANDERLEY; R.E. HAKAMADA. **Caracterização físico-química de tocos de eucalipto para produção de energia**. F.. XVII Seminário de Atualização em Colheita de Madeira e Transporte Florestal. 12 pp. (2014).

GREGERSON, H. et al. **People and trees: the role of social forestry in sustainable development**. Washington, D.C.: World Bank, 1989. 273 p.

HORST. **Avaliação da Produção Energética a Partir de Ligninas Contidas em Biomassas**. Diogo José Horst. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, Paraná, 2013.

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). **Relatório Anual 2020**. Disponível em: < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf> >. Acessado em: 5 de abril de 2022.

IEA (International Energy Agency). **Electricity final consumption per capita**. Disponível em: < <https://www.iea.org/world> >. Acessado em: 27 de março de 2022.

INPUT (Iniciativa Para o Uso da Terra). **Relatório oportunidades para florestas energéticas na geração de energia no Brasil**. Disponível em: < [Oportunidades-Para-Florestas-Energéticas-Na-Geração-De-Energia-No-Brasil-1.pdf](#) (inputbrasil.org) >. Acessado em: 31 de março de 2022.

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). **Sixth Assessment Report**. Disponível em: < [Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability | Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability \(ipcc.ch\)](#) >. Acessado em: 27 de março de 2022.

KURSTEN, E. **Fuelwood production in agroforestry systems for sustainable land use and CO₂ - mitigation.** Ecological Engineering, v. 16, n. supl. 1, p. 69-72, 2000. DOI: 10.1016/S0925-8574(00)00054-9.

LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20prote%C3%A7%C3%A3o%20da,agosto%20de%202001%3B%20e%20d%C3%A1 >. Acessado em 5 de abril de 2022.

MARQUES, G. **Estudo teórico de um dispositivo de captação de energia das ondas.** Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Guilherme-Mouta-Liz/publication/323153791_Guilherme_Marques_Mouta_Liz_Estudo_Teorico_de_um_Dispositivo_de_Captacao_de_Energia_das_Ondas_Monografia_em_EFICIENCIA_ENERGETICA/links/5a8371daaca272d6501eb86a/Guilherme-Marques-Mouta-Liz-Estudo-Teorico-de-um-Dispositivo-de-Captacao-de-Energia-das-Ondas-Monografia-em-EFICIENCIA-ENERGETICA.pdf >. Acessado em: 22 de março de 2022.

MOURAO et. al. (1979). **Densidade Básica de Madeira de Eucalyptus grandis Hill Ex Maiden, aos 3 Anos de Idade.** Maria Aparecida Mourão Brasil, Ricardo Antonio de Arruda Veiga, Helládio do Amaral Mello. IPEF n.19, p.63-76, dez.1979.

MUNSLOW, B. et al. **The Fuelwood trap: a study of the SADCC Region.** Londres: SADCC Energy Secretariat, 2012. 160 p.

MÜLLER, Marcelo Dias. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG.** Viçosa/MG, 2005.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry.** Dordrecht: Kluwer, 1993. 499 p.

OLIVEIRA et. al. **Variação do Teor de Umidade e da Densidade Básica na Madeira de Sete Espécies de Eucalipto**. José Tarcísio da Silva Oliveira; João Cesar Hellmeister; Mário Tomazello Filho. Rev. Árvore vol.29 no.1 Viçosa Jan./Feb. 2005.

RESQUIN et. al. **Caracterización de la Celulosa de Especies del Género Eucalyptus Plantadas en Uruguay**. Fernando Resquin, José de Mello, Ismael Fariña, Juan Mieres, Laura Assandri. Serie Técnica N° 152. INIA. Montevideo – Uruguay. 2005.

SAMPAIO, F.S; MAZZOCHIN, M.S. **Espacialidade da economia: inovação e estratégias espaciais no setor de base florestal brasileiro**. R. RA´E GA, Curitiba, n. 20, p. 53-65, 2010. Editora UFPF

SANTANA. **Crescimento, Produção e Propriedades da Madeira de um Clone de Eucalyptus grandis e E. urophylla com Enfoque Energético**. Wilma Michele Santos Santana. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais – Brasil. 2009.

SETTE et. al. **Quantificação de Biomassa do Tronco de Pinus taeda em Plantios com Diferentes Idades na Região de Rio Negrinho-SC**. Carlos Roberto Sette Jr., Márcio Penteado Geromini, Nelson Yoshihiro Nakajima. Biomassa & Energia, v. 1, n. 4, p. 343-346, 2004.

SNIF (Sistema Nacional de Informações Florestais). **IBGE, 2019**. Disponível em: < <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/florestas-plantadas> >. Acessado em: 5 de abril de 2022.

VALVERDE S.R. et al. **Silvicultura brasileira - oportunidade e desafios da economia verde. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS**. Rio de Janeiro, 2012.

VIDAL, André Carvalho Foster; HORA, André Barros da. **Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia**. BNDES Setorial 33, p261-314, 2011.