

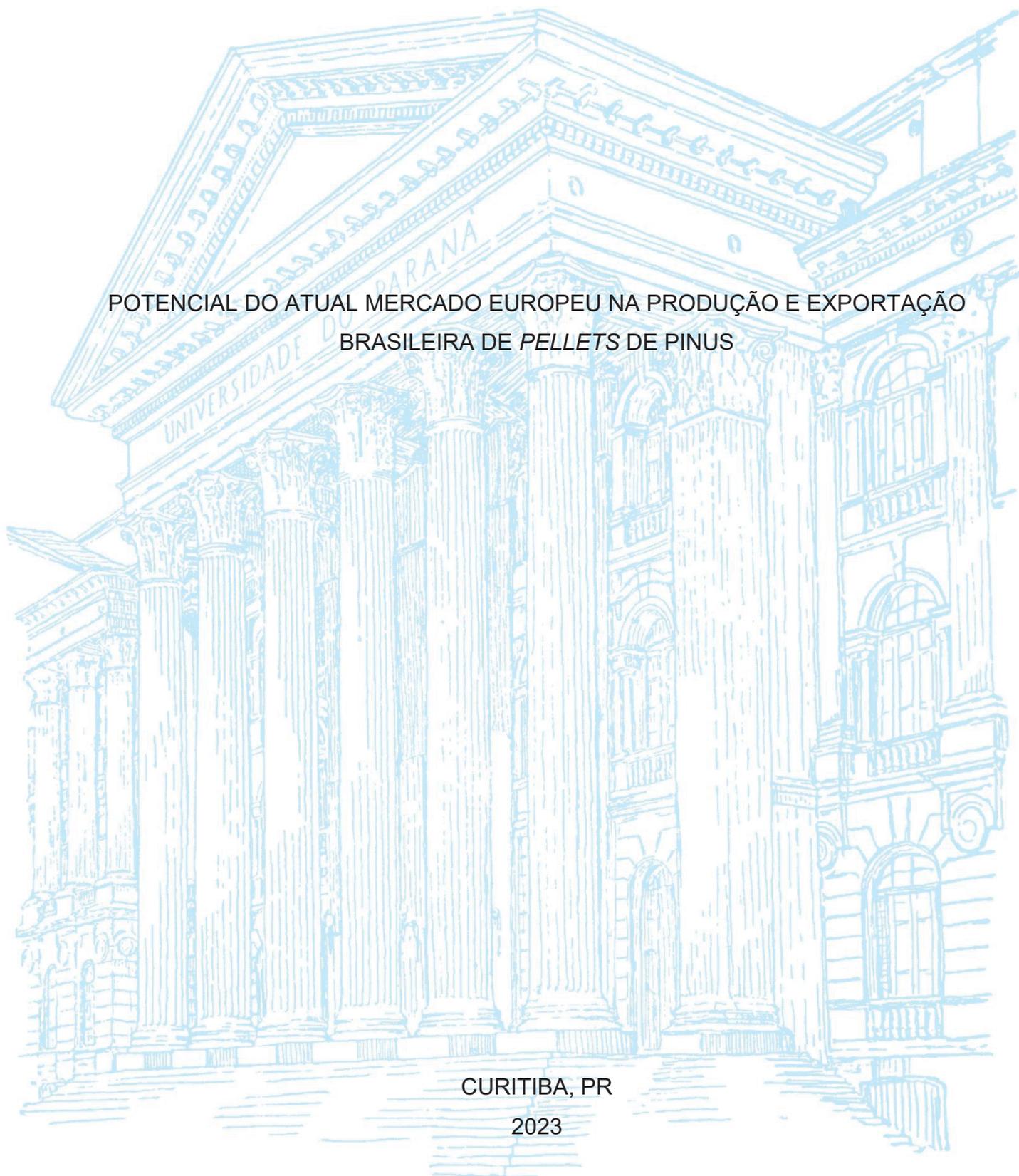
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FÁBIO LUÍS BRUN

POTENCIAL DO ATUAL MERCADO EUROPEU NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO
BRASILEIRA DE *PELLETS* DE PINUS

CURITIBA, PR

2023



FÁBIO LUÍS BRUN

POTENCIAL DO ATUAL MERCADO EUROPEU NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO
BRASILEIRA DE *PELLETS* DE PINUS

Trabalho de Conclusão de Curso (“TCC”) apresentado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em MBA em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis.

Orientadora: Prof^a Dr^a Carla Krulikowski Rodrigues Pelissari

CURITIBA, PR

2023

TERMO DE APROVAÇÃO

FÁBIO LUÍS BRUN

POTENCIAL DO ATUAL MERCADO EUROPEU NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE *PELLETS* DE PINUS

Trabalho de Conclusão de Curso (“TCC”) apresentada ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em MBA de Gestão Estratégica de Energias Naturais Renováveis.

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Orientador(a) – Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Cidade, __ de _____ 202_.

Mantenha essa página em branco para inclusão do termo/folha de aprovação assinado e digitalizado.

À minha esposa Katiany, meus filhos Gabriel e Nicolas e minha filha Heloísa,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus colegas de curso e amigos, Carolina Brandl, Lunara Alves Fonseca Martins e Rafael Melhim Abou Rejaile, que contribuíram substancialmente para a conclusão dessa etapa da minha jornada acadêmica,

Ao Jean Stoll e ao Luís Gustavo Costa, pelas importantes contribuições técnicas,

À Professora Dra. Carla Krulikowski Rodrigues Pelissari, pela orientação prestada e pelas revisões, opiniões e comentários sempre precisos e úteis.

“Não há assuntos pouco interessantes; apenas há pessoas pouco interessadas.”

Gilbert Keith Chesterton (1874-1936)

RESUMO

Este artigo objetiva analisar o potencial atual do mercado europeu consumidor de *pellets* de madeira a fim de atender sua crescente demanda por fontes de energia naturais renováveis, bem como seu reflexo na capacidade brasileira, particularmente instalada no Sul do país, de produzir e exportar esse produto. Para tal análise, foram avaliados dados relativos ao número de produtores de *pellets* no Brasil e sua distribuição geográfica, com ênfase aos que utilizam *Pinus* spp. como matéria prima; à capacidade brasileira de produção e de exportação atuais; à progressão da produção de florestas de *Pinus* spp. no país; aos volumes de *pellets* de madeira produzidos e consumidos pelo mercado Europeu; à evolução recente dos preços do produto na Europa; aos custos de exportação; e aos potenciais produtores que competem diretamente com o Brasil por esse mercado. A partir de acurado levantamento documental e da análise do conjunto de dados coletados, realizados mediante procedimento monográfico, concluiu-se que, apesar de haver uma clara oportunidade apresentada pelo mercado europeu ao produtor brasileiro, há limitações potenciais à maximização dessa oportunidade decorrentes da: i) íntima associação da produção de *pellets* com o aproveitamento de resíduos de outros processos fabris; ii) aparente estagnação da produção de florestas de *Pinus* no Brasil; iii) a forte competição externa; e iv) o ainda limitado e inconsistente mercado doméstico brasileiro de *pellets*.

Palavras-chave: Biomassa, Demanda por Energia, Energia Natural Renovável, Mercado Europeu, *Pellets* de Madeira.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the real potential of the European wood pellet consumer market, in order to meet its growing demand for renewable natural energy sources, as well as its reflection on the Brazilian capacity, particularly installed in the South of the Country, to produce and export this product. For this analysis, data on the number of pellet producers in Brazil and their geographic distribution were evaluated, with emphasis on those using *Pinus* spp. as raw material; Brazil's current production and export capacity; the progression of the production of *Pinus* spp. in the country; the volumes of wood pellets produced and consumed by the European market; the recent evolution of product prices in Europe; export costs; and potential producers that compete directly with Brazil for this market. Based on an accurate documentary survey and analysis of the collected data set, carried out through a monographic procedure, it was concluded that, despite the fact that there is a clear opportunity presented by the European market to the Brazilian producer, there are potential limitations to the maximization of this opportunity arising from: i) the intimate association of pellet production with the use of residues from other manufacturing processes; ii) the apparent stagnation in the production of *Pinus* forests in Brazil; iii) the strong external competition; and iv) the still limited and inconsistent Brazilian domestic pellet market.

Keywords: Biomass, Energy Demand, European Market, Natural Renewable Energy, Wood Pellets.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Aspecto típico de <i>pellets</i> de madeira.	18
FIGURA 2 - Localização geográfica das indústrias de <i>pellets</i> no brasil.	20

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Evolução da produção e consumo brasileiro de <i>pellets</i> de madeira, de 2012 a 2021.	21
GRÁFICO 2 - Consumo anual de madeira de pinus em toneladas métricas – todos os sortimentos.	22
GRÁFICO 3 - Variação da área total plantada de pinus no brasil (quatro principais estados produtores).	23
GRÁFICO 4 - Volumes totais exportados de certos produtos derivados de madeira de pinus – compensados, madeira serrada, portas, madeira perfilada e toras.	24
GRÁFICO 5 - Exportação brasileira anual de <i>pellets</i> de madeira.	25
GRÁFICO 6 - Exportação americana (EUA) anual de <i>pellets</i> de madeira.	26
GRÁFICO 7 - Evolução do preço médio do gás natural liquefeito de petróleo na europa (em Euros/MWH).....	27
GRÁFICO 8 - Variação nos preços médios anuais por fonte energética, em Cent/KWH, 2004-2022, Áustria.	32
GRÁFICO 9 - Índice de preços CTS (<i>Container Trade Statistics</i>) para frete marítimo da costa leste da América do Sul para a Europa.	33
GRÁFICO 10 - Índice de preços médios mensais de <i>pellets</i> na áustria, entre janeiro de 2020 e janeiro de 2023 (jan 2006 = 100).....	34
GRÁFICO 11 - Evolução da produção e consumo brasileiro de madeira serrada de coníferas, 2012 a 2021* (*valor para 2021 é estimado).	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Principais países consumidores de <i>pellets</i> na União Europeia, consumo anual em toneladas métricas, de 2015 a 2021 (o Reino Unido não está listado como pertencente à União Europeia).....	31
TABELA 2 - Principais países exportadores de <i>pellets</i> na união europeia, total exportado anual em toneladas métricas, de 2016 a 2021.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa
ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ABIPEL - Associação Brasileira das Indústrias de *Pellets*
CE - Comissão Europeia
CHP - *Combined Heat and Power*
CTS - *Container Trade Statistics*
EPC - *European Pellet Council*
EU - União Europeia
EUA - Estados Unidos da América
EIA - *U.S. Energy Information Administration*
FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FT - *Financial Times*
GJ - Gigajoule
GNL - Gás Natural Liquefeito
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMA - Incremento Médio Anual
KWH - Kilowatt-hora
LULUCF - Uso do Solo, Alteração do Uso do Solo e Silvicultura
mCHP - *Micro Combined Heat and Power*
MMT - Milhão de Toneladas Métricas
MWH - Megawatt-hora
OAPEC - Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo
PCC - Pacote de Energia e Alterações Climáticas
PEVS - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura
RED - Diretiva de Energias Renováveis
UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO	16
3 PRODUÇÃO DE <i>PELLETS</i> DE <i>PINUS</i> SPP. NO BRASIL	17
3.1 <i>PELLETS</i> DE MADEIRA	17
3.2 MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE <i>PELLETS</i> DE <i>PINUS</i>	18
3.3 PRODUTORES DE <i>PELLETS</i> NO BRASIL	19
4 PRODUÇÃO FLORESTAL DE <i>PINUS</i> SPP. NO BRASIL	22
5 EXPORTAÇÃO DE <i>PELLETS</i> NO BRASIL	24
6 CRISE ENERGÉTICA NA EUROPA	27
7 MERCADO EUROPEU DE <i>PELLETS</i>	29
7.1 DEMANDA EUROPEIA POR <i>PELLETS</i>	29
7.2 IMPORTAÇÃO EUROPEIA DE <i>PELLETS</i>	31
7.3 PREÇOS E CUSTOS	32
7.4 ASPECTOS AMBIENTAIS	34
7.4.1 Diretiva Energias Renováveis da UE (RED I e II).....	35
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
8.1 DEPENDÊNCIA DA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DA MADEIRA DE PINUS	37
8.2 ESTAGNAÇÃO NA PRODUÇÃO FLORESTAL DE <i>PINUS</i> NO BRASIL	38
8.3 EUROPA COMO PRINCIPAL DESTINO	38
9 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A crise do petróleo da década de 1970 foi um período de turbulência econômica e política global, causada por uma série de choques de preços. A crise começou em 1973, quando a Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo (OAPEC) impôs um embargo de petróleo a vários países em resposta ao seu apoio a Israel na Guerra do Yom Kippur. Esse embargo levou a um forte aumento nos preços do petróleo, o que resultou em consequências econômicas significativas para os países ao redor do mundo. Segundo a EIA (*U.S. Energy Information Administration*), nos Estados Unidos, por exemplo, o preço do petróleo importado quadruplicou entre 1970 e 1974, levando a uma pronunciada recessão econômica (2023).

Uma das várias causas subjacentes dessa crise foi o rápido aumento no consumo de petróleo que havia ocorrido na era pós-Segunda Guerra Mundial. Essa demanda crescente por petróleo, combinada com a oferta finita de reservas do produto, levou a preocupações sobre a disponibilidade de petróleo a longo prazo. Em resposta à crise do petróleo, países começaram a tomar medidas para reduzir sua dependência do produto. Isso incluiu medidas como desenvolver fontes alternativas de energia, melhorar a eficiência energética e investir na produção nacional de petróleo. Dentre as iniciativas relacionadas com fontes alternativas consideradas à época, iniciou-se na Europa o desenvolvimento da tecnologia de produção de *pellets* combustíveis – especialmente de madeira – para o uso como fonte energética substitutiva ao uso do petróleo e de combustíveis fósseis em geral.

Além de representar essa fonte substitutiva, a queima de *pellets* de madeira originária de florestas plantadas produz significativamente menos emissões de gases de efeito estufa do que a queima de combustíveis fósseis, uma vez que o dióxido de carbono liberado durante a combustão é compensado pelo dióxido de carbono absorvido pelo eventual replantio dessas florestas. Isso torna, portanto, o uso combustível de *pellets* de madeira em uma solução viável para auxiliar o cumprimento de metas climáticas estabelecidas por acordos internacionais de emissão de carbono, particularmente o Acordo de Paris, dentro do escopo do *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC).

Adicionalmente, o uso de *pellets* de madeira pode ajudar a reduzir a quantidade de resíduos gerados pela indústria florestal. Ao usar resíduos de madeira

na manufatura de *pellets*, esses materiais passam a ser usados produtivamente, ao invés de serem descartados em aterros sanitários ou queimados de forma descontrolada.

Em 2022, com o advento do conflito europeu entre os países da Rússia e Ucrânia, uma série de sanções econômicas de países simpáticos à Ucrânia impediu a exportação de bens e serviços russos, como instrumento de pressão política. Sendo a Rússia um importante fornecedor de diferentes fontes de energia para o continente – como por exemplo a principal fonte europeia de gás natural e de derivados de petróleo – precipitou-se o início de uma significativa crise energética na Europa. Concomitantemente, as sanções aplicadas impediram também a importação pela Europa de *pellets* de madeira produzidos na Rússia, que era um dos principais fornecedores daquele combustível ao continente. O resultado mais imediato dessa conjuntura foi o de uma explosão de preços no mercado de *pellets* na região. Como exemplo, segundo Håkan Ekström (2023), o aumento dos preços de *pellets* importados na Europa em um ano, do terceiro trimestre de 2021 ao terceiro trimestre de 2022, chegou a 46% na Bélgica e a 65% na Dinamarca.

2 OBJETIVO

O Brasil é um importante produtor e exportador de *pellets* para a Europa, mas pode ter reduzida a sua capacidade de usufruir desse novo mercado em função de algumas limitações internas tais como a estreita relação de dependência de suprimento de matéria-prima com a indústria de madeira serrada, as circunstâncias de uma possível eventual estagnação na produção de madeira de florestas de pinus no Brasil e o instável e incerto mercado doméstico do produto. O objetivo principal deste trabalho é o de apresentar essa nova realidade mercadológica e demonstrar que os principais entraves ao exercício nacional dessa oportunidade de mercado podem residir na natureza limitada das associações industriais da produção de *pellets* no país, no balanço entre mercados doméstico e externo e da disponibilidade doméstica da matéria-prima derivada da madeira de *Pinus* spp.

3 PRODUÇÃO DE PELLETS DE *Pinus* spp. NO BRASIL

3.1 PELLETS DE MADEIRA

De forma geral, um *pellet* é um pequeno pedaço comprimido de material, tipicamente em forma cilíndrica ou esférica. *Pellets* podem ser feitos a partir de uma ampla variedade de materiais além da madeira, incluindo plástico, metal e produtos alimentícios, como ração animal.

O processo de peletização envolve a compressão da matéria-prima sob alta pressão, podendo resultar em um produto mais compacto e uniforme. *Pellets* são usados em uma variedade de aplicações, incluindo como combustível para aquecimento e geração de eletricidade, em ração animal e em processos de fabricação, como plásticos e trabalhos em metal.

Pellets de madeira são, mais especificamente, um tipo de combustível sólido, de material compactado e denso, com baixa umidade (5-10%), elevada densidade energética (11-14 GJ m⁻³), de fácil manuseio, que ocupam pouco espaço de armazenagem, possuindo geometria cilíndrica regular (diâmetros que normalmente variam de 6-8 mm e comprimentos entre 10-30 mm), bem como ótima fluidez e facilidade para a automatização de queima em processos residenciais, comerciais e industriais, com eficiência térmica nas conversões de energia e baixo custo no transporte a longas distâncias (CHRISTOFOROU & FOKAIDES, 2017; SPANHOL *et al.*, 2015; TAVARES & TAVARES, 2015).

O *pellet* de madeira é uma *commodity* renovável, de baixo risco fitossanitário e produzido a partir de uma ampla variedade de resíduos agroflorestais. No caso particular do Brasil, uma significativa parcela desse produto deriva do uso de resíduos de serraria (pó de serra, serragem e maravalha de madeira) e, mais particularmente, de serrarias que processam a madeira de *Pinus* spp. O uso desses *pellets* pode ter três aplicações distintas: produção de calor; produção de calor e eletricidade (cogeração ou CHP, microcogeração ou mCHP) e produção de eletricidade (através de combustão dedicada ou gaseificação).

Os *pellets* de *Pinus* spp. (“pinus”) podem ser produzidos a partir de madeira em tora, mas são feitos, na sua maioria, a partir de resíduos mais baratos de outras atividades de processamento da madeira. No caso de sua produção a partir de madeira roliça, há a necessidade de mais etapas no seu processamento, como

descascamento, picagem, secagem e moagem. Também, os resíduos requerem menor preparação, porque já estão em dimensões reduzidas, descascados e mais secos (RASGA, 2013). A seguir, o aspecto típico de *pellets* produzidos de pinus:

FIGURA 1 - ASPECTO TÍPICO DE PELLETS DE MADEIRA.



Fonte: GARCIA, Revista Opiniões (2015).

3.2 MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE *PELLETS* DE PINUS

A principal fonte de matéria-prima para a produção de *pellets* de pinus tem, portanto, origem no resíduo produzido pela indústria madeireira. O conjunto de resíduos do beneficiamento industrial mecânico da madeira é relativamente alto e pode chegar a 50% do volume total da madeira consumida na indústria. Esses resíduos são representados, de maneira geral e simplificada, pelos elementos citados a seguir (ABIB, 2014).

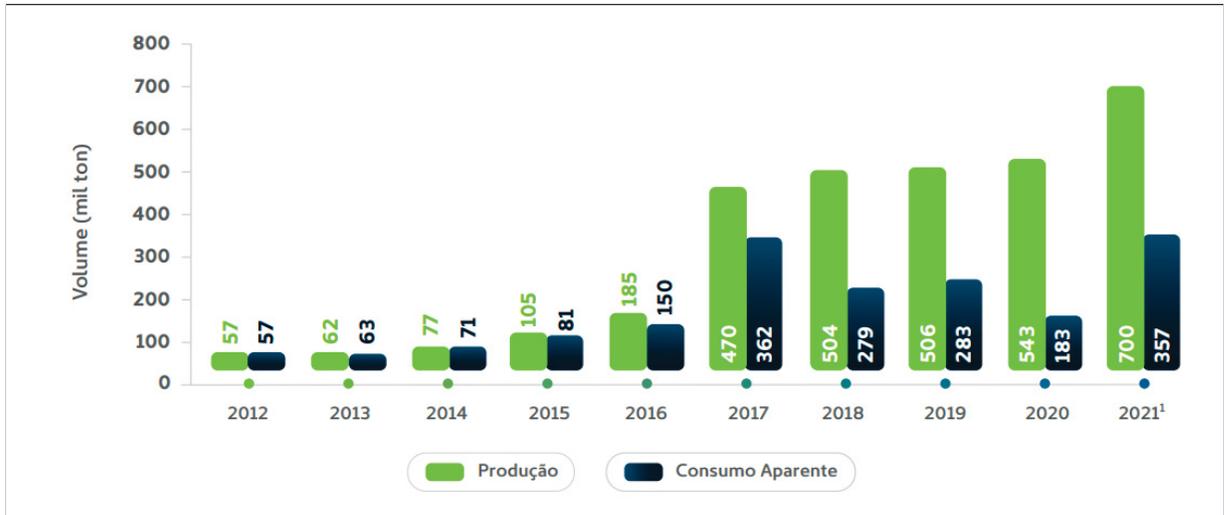
- Cascas: revestimento externo das toras e produzidas através do descascamento mecânico ou manual;
- Serragem: produto da passagem da lâmina de serra de redução na tora, formada por pequenas partículas de madeira cujo volume é significativo – podendo chegar a 12% do volume total da matéria-prima consumida pela serraria. É a principal matéria-prima para a produção de *pellets*;
- Costaneiras: peças externas obtidas quando do processamento primário das toras de madeira e utilizadas como, por exemplo, para a produção de energia de forma similar aos cavacos;
- Maravalha ou Cepilhos: resíduos do aplainamento das peças de madeira após seu desdobro, mais resíduos de serras, gerados pelas plainas e que podem chegar a 20% do volume total da matéria-prima. É um dos resíduos mais comuns nas indústrias de beneficiamento da madeira e, em geral, realizado somente com a madeira seca;
- Cavacos, Aparas, Refilos e Destopos: biomassa residual originária da padronização do comprimento e da largura das peças (destopos e refilos), ou aparas das pontas e laterais das tábuas, pranchas ou outras peças de seções quadradas e retangulares.

A farta disponibilidade desses resíduos pelas indústrias de beneficiamento da madeira permite e é a razão da integração de indústrias de processamento de *pellets*, contígua ou internamente, àquelas. Se a produção de *pellet* também se beneficia pelo baixo custo de transporte desse material, a distância maior em relação à indústria beneficiadora pode também tornar o processo economicamente inviável devido ao custo limitante de transporte para uma matéria-prima com nenhum valor agregado.

3.3 PRODUTORES DE *PELLETS* NO BRASIL

GARCIA *et al.* (2018) demonstraram que, em um levantamento de um total de 18 produtores de *pellets* instalados no Brasil, 15 (quinze) ou 83,3% utilizavam como matéria-prima resíduos derivados do processamento da madeira de *Pinus* spp. O volume produzido por essas instalações representava aproximadamente 53% do volume total de *pellets* produzidos no país, na época, estimado em 470 mil toneladas. Porém, em 2021, essa lista já havia sido atualizada para 44 produtores (ABIPEL,

GRÁFICO 1 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E CONSUMO BRASILEIRO DE *PELLETS* DE MADEIRA, DE 2012 A 2021.



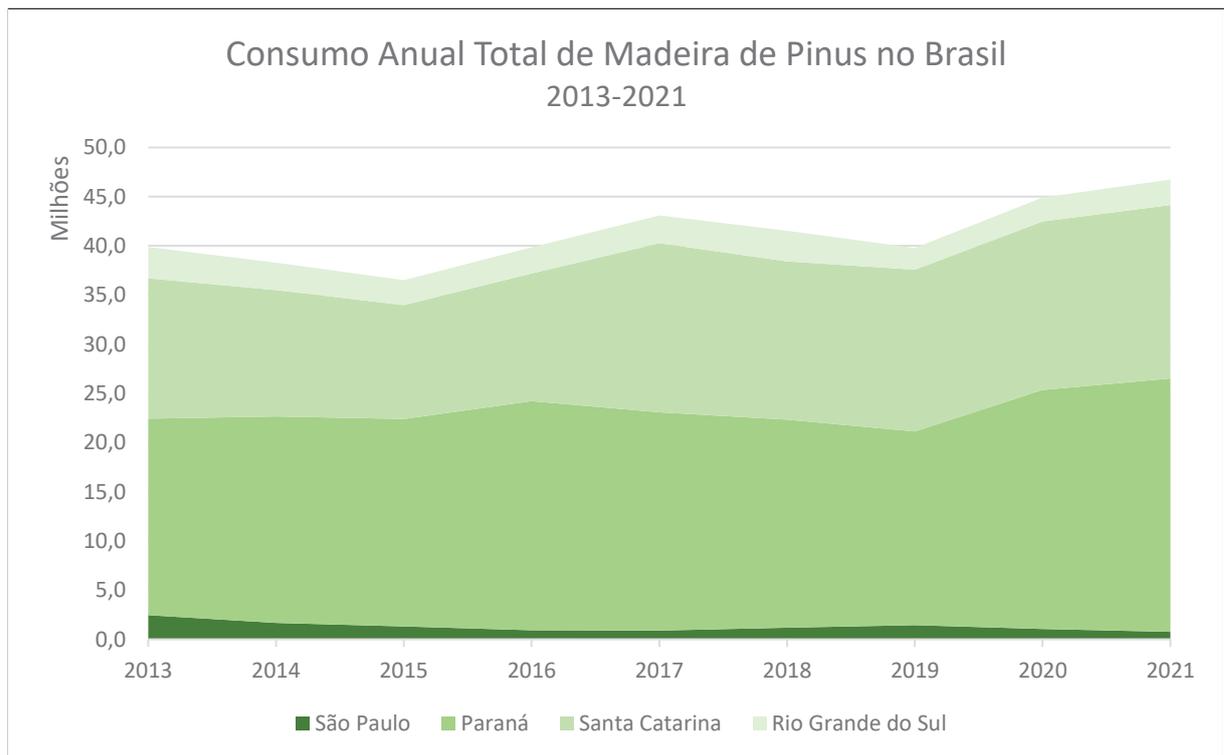
Fonte: ABIMCI (2022).

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) em 2020, o Brasil representou 6% da produção mundial de *pellets* de madeira no ano, ficando na sexta posição global de maior produtor, atrás apenas de Estados Unidos (17%), Canadá (8%), Alemanha (8%), Rússia (7%) e Vietnã (7%) (FAO, 2020).

4 PRODUÇÃO FLORESTAL DE *Pinus* spp. NO BRASIL

A produção brasileira de produtos beneficiados de madeira de pinus está evidente e intrinsecamente relacionada à disponibilidade de florestas plantadas do gênero no país, uma vez que não há registro relevante de importação líquida de toras no Brasil. O consumo total de madeira de pinus nos quatro maiores estados produtores atingiu o seu volume máximo em 2021, segundo dados do IBGE (2022). O incremento no consumo entre os anos de 2013, no qual o total consumido combinado chegou a 39,9 milhões de toneladas, e 2021, quando esse volume atingiu o recorde histórico de 46,7 milhões de toneladas, foi de aproximadamente 17% e está demonstrado no Gráfico 2 a seguir.

GRÁFICO 2 - CONSUMO ANUAL DE MADEIRA DE PINUS EM TONELADAS MÉTRICAS – TODOS OS SORTIMENTOS.

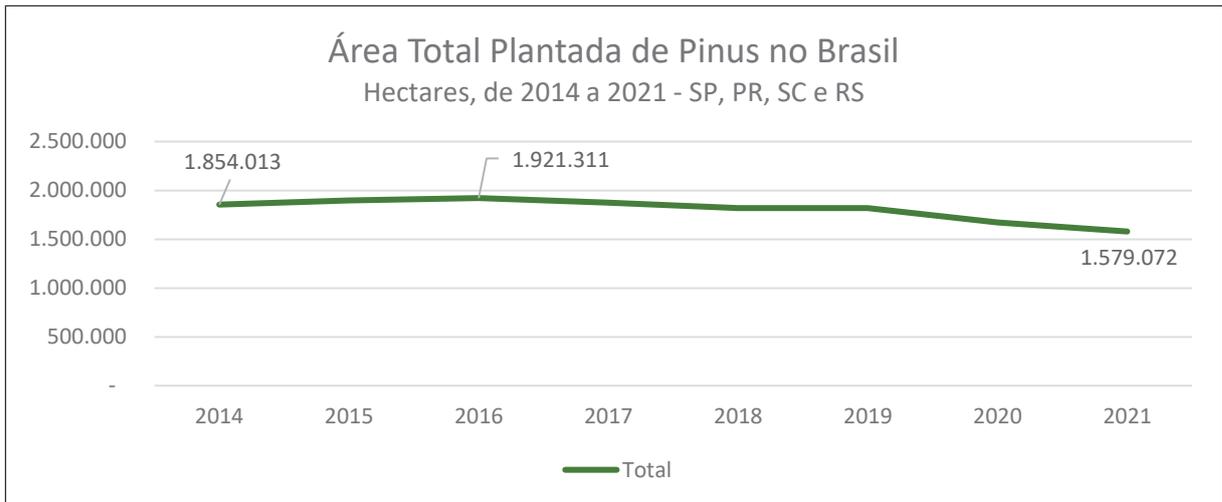


Fonte: Adaptado de IBGE - PEVS (2022).

É interessante observar que, inversamente ao aumento do consumo da madeira de pinus no Brasil, observou-se redução significativa nas áreas plantadas desse gênero florestal nos mesmos Estados, dentro de um intervalo de tempo similar (Gráfico 3).

Enquanto houve um discreto aumento em área plantada entre os anos de 2014 e 2016, em 2021, a área total plantada chegou ao seu menor valor da série histórica recente, atingindo aproximadamente 1,58 milhões de hectares plantados – ou quase 340 mil hectares a menos que no pico histórico de 2016.

GRÁFICO 3 - VARIAÇÃO DA ÁREA TOTAL PLANTADA DE PINUS NO BRASIL (QUATRO PRINCIPAIS ESTADOS PRODUTORES).



Fonte: Adaptado de IBGE - PEVS (2022).

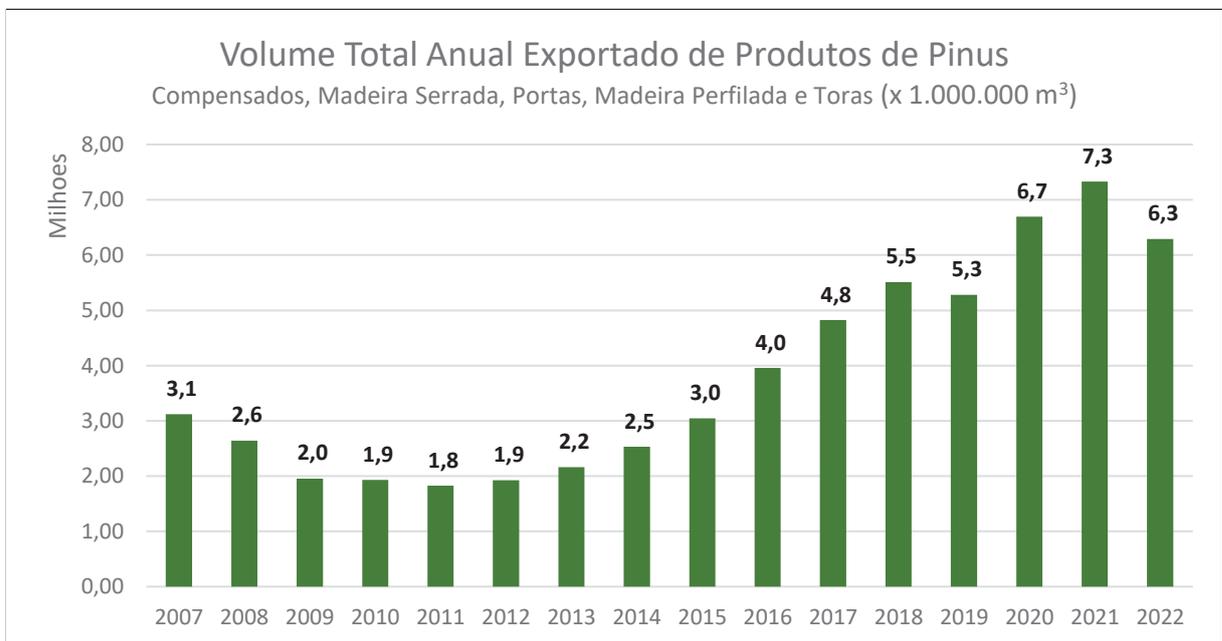
Por intermédio de uma abordagem simplista para referência, e estipulando um Incremento Médio Anual (IMA) de 30 toneladas por hectare por ano para florestas de pinus na região, pode-se estimar que a remoção desses 340 mil hectares redundaria em uma teórica redução futura da oferta de madeira de pinus no mercado brasileiro de até 10,2 milhões de toneladas anuais. Há de se considerar, no entanto, que apesar de parte desses hectares produtivos terem sido convertidos para propósitos diversos da produção florestal, algumas dessas áreas poderiam passar a ser cultivadas com eucaliptos – o que representaria algum tipo de compensação no volume total disponível, pelo menos em biomassa produzida. No entanto, o próprio IBGE-PEVS indica uma variação negativa também na área total plantada de eucalipto no conjunto dos mesmos Estados, ainda que discreta, de 72,5 mil hectares (ou 3,8%) entre 2014 e 2021.

De forma geral, não há clara indicação de que um contínuo aumento da demanda de madeira de pinus no Brasil possa ser plenamente suprido pelas florestas disponíveis atualmente. Essa hipótese pode significar um obstáculo real ao incremento da capacidade nacional instalada de produção.

5 EXPORTAÇÃO DE *PELLETS* NO BRASIL

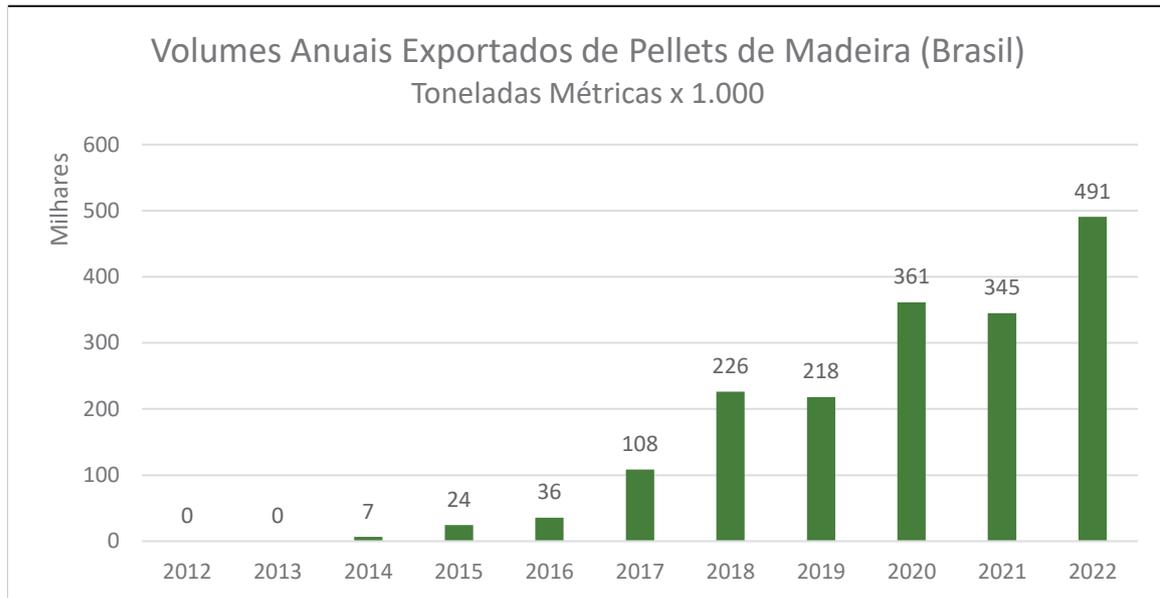
Uma significativa parte da produção brasileira de produtos manufaturados, ou semimanufaturados, de madeira de pinus destina-se a suprir o mercado de exportações. O aumento do consumo de madeira citado anteriormente reflete-se também no aumento proporcional dos volumes exportados dos principais produtos derivados de pinus. Esse progresso é demonstrado no Gráfico 4.

GRÁFICO 4 - VOLUMES TOTAIS EXPORTADOS DE CERTOS PRODUTOS DERIVADOS DE MADEIRA DE PINUS – COMPENSADOS, MADEIRA SERRADA, PORTAS, MADEIRA PERFILADA E TORAS.



Fonte: Adaptado de ABIMCI (2022).

O aumento do total exportado de produtos cuja manufatura produz os resíduos utilizados pelo processo de produção de *pellets* de pinus, associado com uma realidade favorável de mercado externo, em hipótese, refletiu num aumento proporcional da capacidade produtiva de *pellets* no Brasil e, conseqüentemente, em um significativo aumento nas exportações no período, como pode ser demonstrado no Gráfico 5:

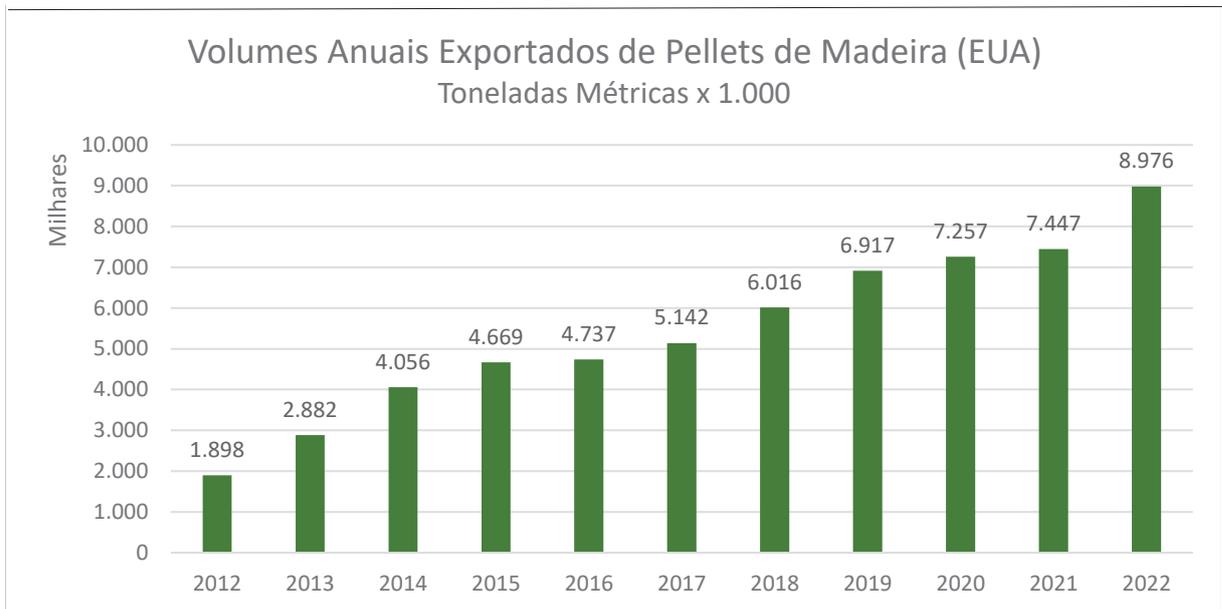
GRÁFICO 5 - EXPORTAÇÃO BRASILEIRA ANUAL DE *PELLETS* DE MADEIRA.

Fonte: Adaptado de ABIMCI (2022).

Segundo a ABIMCI, o destino principal das exportações Brasileiras, que representava em 2021 aproximadamente 50% do total produzido no país, é o mercado europeu e neste, particularmente, a Itália (representando 55% do volume total exportado em 2021 e 43% do volume exportado em 2022), o Reino Unido (44% e 42%, respectivamente) e os Países Baixos (nenhum volume em 2021, mas 10% do total em 2022).

Como mencionado anteriormente, esse aumento da demanda europeia por *pellets* advém principalmente da sua necessidade de substituir fontes de energia originárias da Rússia, que cessaram ou reduziram significativamente a capacidade de suprir os mercados locais em 2021. O aumento do volume importado pela Europa está refletido também nos dados de exportação de *pellets* dos Estados Unidos da América (EUA), que é o maior produtor e exportador mundial do produto.

O incremento do volume exportado de *pellets* dos Estados Unidos da América para a Europa é demonstrado pelo Gráfico 6.

GRÁFICO 6 - EXPORTAÇÃO AMERICANA (EUA) ANUAL DE *PELLETS* DE MADEIRA.

Fonte: Adaptado de *USDA - United States Department of Agriculture* (2022).

A indústria de *pellets* de madeira dos EUA está concentrada na região sudeste do país, onde há recursos florestais abundantes e uma longa história de silvicultura e processamento de madeira. A indústria desenvolveu uma cadeia de abastecimento verticalmente integrada que inclui exploração madeireira, processamento de madeira e fabricação de *pellets*.

A matéria-prima para *pellets* de madeira produzido nos EUA também geralmente é derivada de resíduos de serraria, desbaste de florestas e outros produtos de resíduos de madeira e concentra-se principalmente na exportação de para a Europa.

Além dos mercados de exportação, os *pellets* de madeira também são usados domesticamente nos EUA para aquecimento residencial e comercial, bem como em algumas usinas de energia. No entanto, a demanda doméstica norte-americana por *pellets* de madeira é relativamente pequena em comparação com o mercado de exportação, o que se percebe também similarmente na realidade de mercado brasileira.

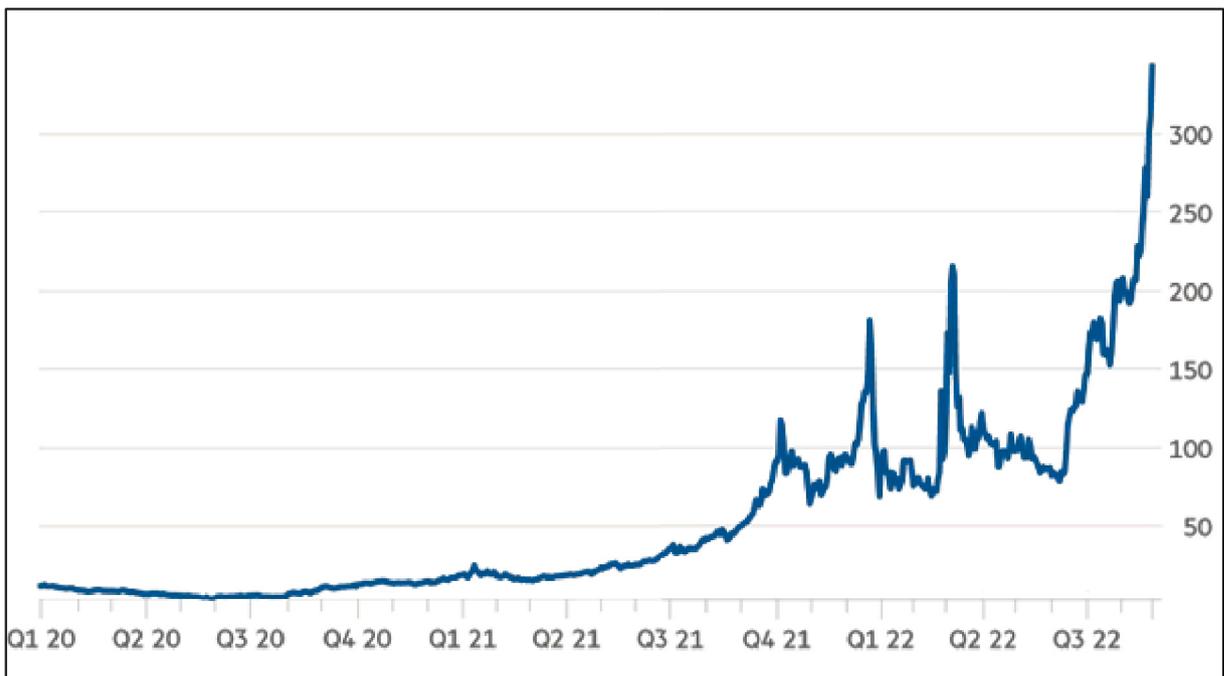
6 CRISE ENERGÉTICA NA EUROPA

A pandemia COVID-19 teve um impacto significativo no mercado global de energia, levando a uma redução geral na demanda e uma consequente queda nos preços de energia. À medida que os países começaram a retomar o consumo, houve um aumento generalizado na demanda por energia, levando a um respectivo aumento nos seus preços.

A recente crise energética na Europa começou a se evidenciar mais claramente no quarto trimestre de 2021, devido principalmente a uma combinação de fatores tais como a já mencionada crescente demanda global por energia, a escassez de suprimentos de gás natural liquefeito (GNL) e níveis abaixo da média de geração de energia renovável.

O GNL é uma fonte de energia vital para muitos países europeus e a sua escassez resultou em notável aumento nos seus preços (Gráfico 7). Essa escassez tem sido impulsionada por vários fatores, incluindo suprimentos limitados de GNL da Rússia, queda na produção de gás na Europa e aumento na demanda da Ásia.

GRÁFICO 7 - EVOLUÇÃO DO PREÇO MÉDIO DO GÁS NATURAL LIQUEFEITO DE PETRÓLEO NA EUROPA (EM EUROS/MWH).



Fonte: *Financial Times* (2022).

Além disso, as atuais tensões geopolíticas entre Rússia e Ucrânia também contribuíram para a crise energética, com impactos no trânsito de gás, reduções de volumes entregues e interrupções generalizadas no fornecimento.

A situação foi ainda agravada por níveis abaixo da média de geração de energia renovável devido às condições climáticas menos favoráveis. Diversos artigos sugerem que baixas velocidades do vento reduziram a produção de energia eólica no período, enquanto níveis abaixo da média de luz solar afetaram a geração de energia solar.

Todos esses fatores resultaram em um aumento significativo nos preços da energia na Europa, com alguns países registrando máximas históricas. Isso levou a preocupações sobre o impacto nas famílias e empresas, bem como a possibilidade real de escassez de energia.

7 MERCADO EUROPEU DE PELLETS

As estatísticas da FAO sobre *pellets* iniciaram-se somente a partir de 2012, enquanto para muitos outros produtos florestais e madeireiros os registros somam mais de 30 anos. Isso mostra que o interesse pela indústria de *pellets* é recente.

O relatório anual de biocombustíveis (*The Outlook for Wood Pellets* da FAO) revela que, enquanto a UE foi responsável por quase 50% da produção mundial de 29,1 milhões de toneladas de *pellets* de madeira em 2018, os 28 países que a integravam consumiram 75% da produção global do combustível naquele ano. De maneira geral, o uso residencial (abaixo de 50 kW) e comercial de pequena a média escala (mais de 50 kW) representa aproximadamente 70% do consumo de *pellets* da UE, deixando 30% para o uso industrial em larga escala, com uma capacidade de geralmente mais de 5 MW, de acordo com a *Bioenergy Europe* (2021). Em mercados como Holanda, Dinamarca e Bélgica, o uso residencial é relativamente pequeno e a demanda por *pellets* de madeira é dominada por usinas de energia em grande escala. Esses países optaram por cumprir suas obrigações para o uso de energia renovável usando biomassa para a geração de eletricidade. No caso da procura de *pellets*, dependem em grande parte das importações, uma vez que carecem de produção interna suficiente. Um grande mercado potencial para fornecedores estrangeiros é a Alemanha, mas o país atualmente não apoia o uso de madeira ou *pellets* de madeira para geração de eletricidade. A inclusão de *pellets* de madeira no programa de apoio à transição energética para longe do carvão está sendo discutida, mas não foi finalizada.

7.1 DEMANDA EUROPEIA POR PELLETS

Enfim, com um consumo estimado em 23,1 milhões de toneladas métricas (MMT) de *pellets* em 2021, a União Europeia (UE) se consolidou como o maior mercado de *pellets* de madeira do mundo. Com o *Brexit*, o maior mercado industrial de *pellets* na Europa - o Reino Unido - deixou formalmente a UE, mas não alterou o *status* da Europa como principal destino das exportações do produto.

Em 2021, o consumo da UE aumentou principalmente devido ao aumento do uso residencial na Alemanha e à coqueima (coqueima é a combustão de dois ou mais tipos diferentes de materiais ao mesmo tempo, que apresenta como uma das suas

vantagens uma planta existente poder ser usada para queimar um novo combustível mais barato ou mais ecológico) de *pellets* de madeira com carvão nos Países Baixos.

Em 2022, a expectativa era que a demanda da UE se expandisse para 24,3 MMT, impulsionada pela expansão dos mercados residenciais, principalmente na Alemanha e na França. Na França, isso é principalmente resultado dos altos preços dos combustíveis fósseis. Na Alemanha, o mercado se beneficia de programas governamentais que apoiam indiretamente o consumo de *pellets* de madeira para edifícios recém-erguidos e adaptam sistemas de aquecimento com caldeiras de biomassa em edifícios existentes. Previa-se também que a procura industrial de *pellets* aumentaria apenas ligeiramente em 2022, uma vez que a Holanda (o principal mercado) quase atingiu o nível pretendido estabelecido pelo governo holandês. Na tabela a seguir, estão listados os maiores países consumidores de *pellets* na União Europeia entre 2015 e 2021.

Entre 2012 e 2021, a procura de *pellets* na UE ultrapassou significativamente a produção interna. Isso resultou no aumento das importações, principalmente da Rússia, Estados Unidos, Bielorrússia e Ucrânia. Em 2021, as importações de *pellets* de madeira da UE totalizaram 5,4 MMT, com um valor de US\$ 924 milhões. Com a invasão da Ucrânia pela Rússia, as importações de *pellets* de madeira da Rússia, Bielorrússia e Ucrânia foram significativamente afetadas. Em 8 de abril de 2022, a UE concordou com um quinto pacote de medidas restritivas contra a Rússia. Como parte desse pacote, a UE adotou proibições de importação através do Regulamento (UE) 2022/576 do Conselho, o que significa que os *pellets* de madeira da Rússia estariam proibidos de entrar no mercado da UE. Essa proibição criou uma oportunidade para o comércio transatlântico de *pellets* de madeira. Segundo o autor Håkan Ekström (2023), no último trimestre de 2022, 70% do volume total de importações de *pellets* de madeira industrial europeus foi expedido para apenas quatro países: Reino Unido, Países Baixos, Dinamarca e Bélgica.

TABELA 1 - PRINCIPAIS PAÍSES CONSUMIDORES DE *PELLETS* NA UNIÃO EUROPEIA, CONSUMO ANUAL EM TONELADAS MÉTRICAS, DE 2015 A 2021 (O REINO UNIDO NÃO ESTÁ LISTADO COMO PERTENCENTE À UNIÃO EUROPEIA).

Principais Consumidores de <i>Pellets</i> de Madeira, UE							
x 1.000 toneladas							
País	2015	2016	2017	2018	2019	2020^e	2021^e
Itália	3.300	3.200	3.400	3.300	3.400	3.400	3.400
Países Baixos	120	190	360	610	1.240	2.560	2.900
Alemanha	1.760	2.000	2.085	2.195	2.190	2.240	2.900
Dinamarca	2.500	2.570	3.160	3.075	3.000	2.800	2.750
França	908	1.207	1.335	1.430	1.800	1.900	2.100
Suécia	1.650	1.605	1.530	1.785	1.730	1.500	1.600
Bélgica	1.600	1.340	1.375	1.490	1.550	1.500	1.200
Áustria	850	895	960	950	930	1.015	1.190
Total	15.487	15.441	17.190	18.513	21.728	22.469	23.128

Fonte: USDA - United States Department of Agriculture (2022).

7.2 IMPORTAÇÃO EUROPEIA DE *PELLETS*

Na Tabela 2, estão listados os principais fornecedores de *pellets* de madeira da UE entre 2016 e 2021. O Brasil em 2021 ocupava a sexta posição como exportador para a região. A discrepância entre os valores demonstrados na Tabela 1 e no Gráfico 5 explica-se pelo fato de, embora o Reino Unido se localize no continente europeu, ele não é formalmente integrante da União Europeia.

TABELA 2 - PRINCIPAIS PAÍSES EXPORTADORES DE *PELLETS* NA UNIÃO EUROPEIA, TOTAL EXPORTADO ANUAL EM TONELADAS MÉTRICAS, DE 2016 A 2021.

Principais Exportadores de <i>Pellets</i> de Madeira para a UE						
x1.000 toneladas						
País	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Rússia	773	1,148	1,186	1,475	1,510	1,914
EUA	774	940	1,259	1,295	1,247	1,853
Bielorrússia	145	212	262	375	524	594
Ucrânia	165	213	380	431	441	412
Canadá	300	222	330	80	517	292
Brasil	33	50	77	147	174	196
Noruega	11	23	39	13	42	54
Total	2,523	3,012	3,906	4,192	4,681	5,428

Fonte: USDA - United States Department of Agriculture (2022).

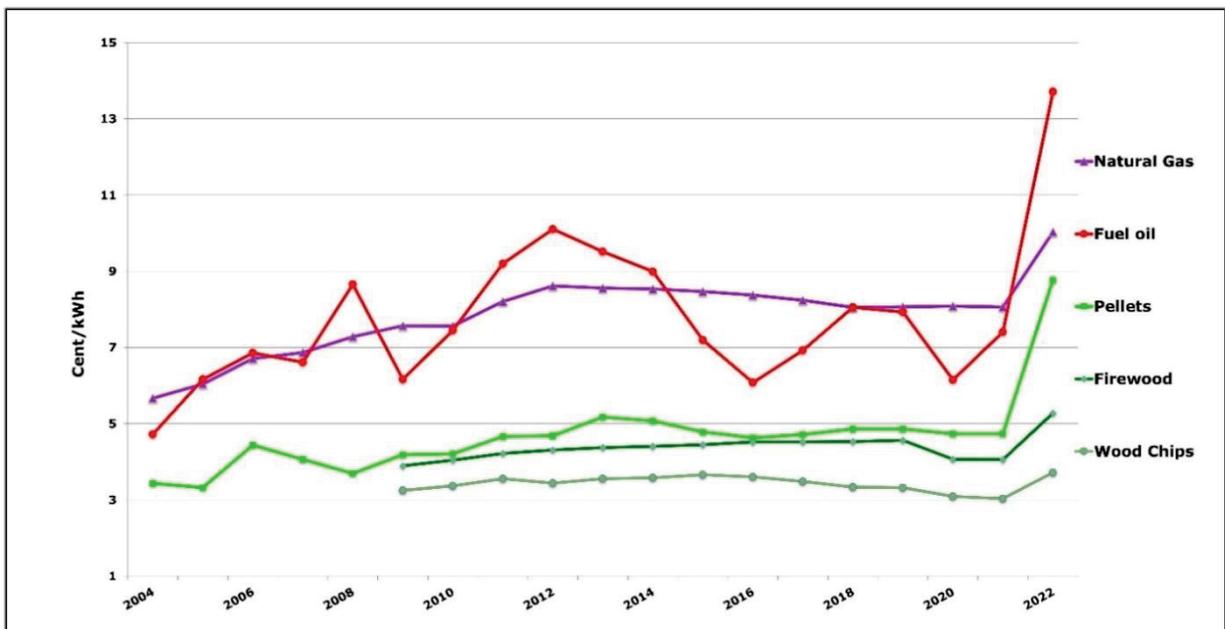
Pela Tabela 2, percebe-se que aproximadamente 54% de todo o volume exportado para o mercado europeu, estimado para 2021, era proveniente de três

países envolvidos (a Bielorrússia, indiretamente) no conflito entre Ucrânia e Rússia. A interdição das importações de *pellets* desses três países, associada à diminuição da oferta de outras fontes energéticas originárias na Rússia, produziu significativo impacto nos preços dos *pellets* comercializados na UE.

Também, segundo o autor Håkan Ekström (2023), a Rússia historicamente produzia os *pellets* de menor preço que abasteciam as nações europeias. O boicote originário do conflito reduziu a participação de mercado russa de 74% da oferta total de importações no terceiro trimestre de 2021 para 0% um ano depois, no terceiro trimestre de 2022.

Como exemplo do impacto do conflito europeu na evolução dos preços das commodities energéticas, o Gráfico 8 mostra a variação dos preços médios anuais (nominais) observados na Áustria, entre 2004 e 2022.

GRÁFICO 8 - VARIAÇÃO NOS PREÇOS MÉDIOS ANUAIS POR FONTE ENERGÉTICA, EM CENT/KWH, 2004-2022, ÁUSTRIA.



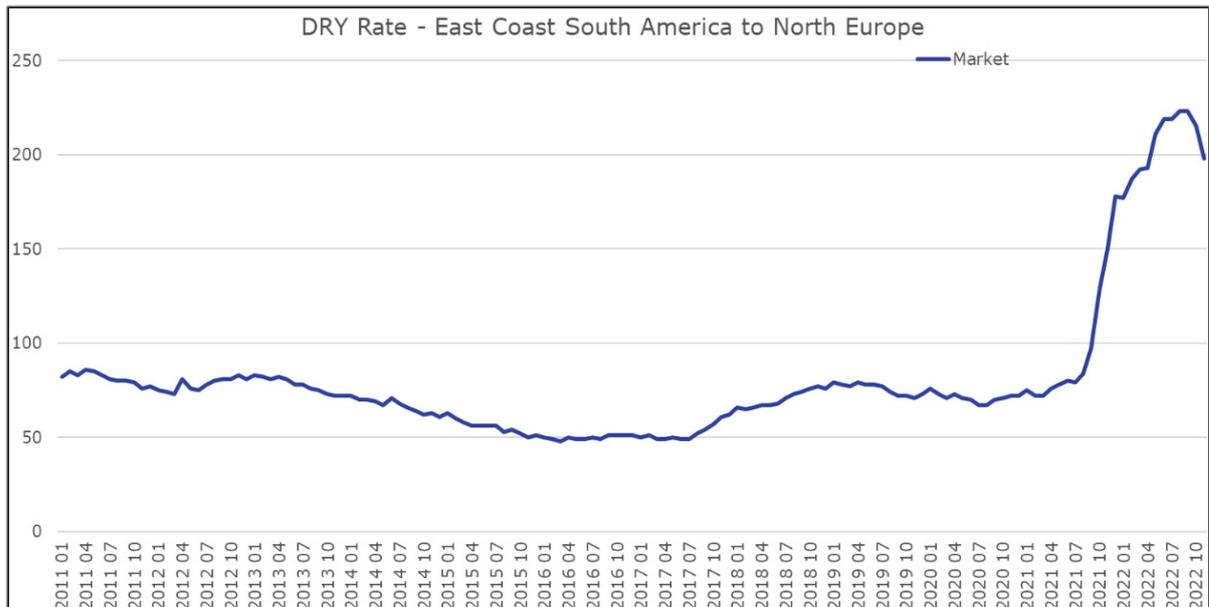
Fonte: RAKOS, *Nordic Pellet Conference* (2022).

7.3 PREÇOS E CUSTOS

Ressalta-se que a notável estabilidade temporal do preço da energia produzida por *pellets* foi drasticamente afetada pelas consequências do conflito, resultado da combinação da escassez do produto e do custo maior relacionado à

cadeia logística de suprimento. O Gráfico 9 ilustra a mudança recente nos custos de frete marítimo do Brasil para a Europa, que atingiu máxima histórica em um horizonte de 11 anos, adicionando granularidade às várias razões causais do aumento do custo da energia derivada do uso de *pellets* no continente Europeu.

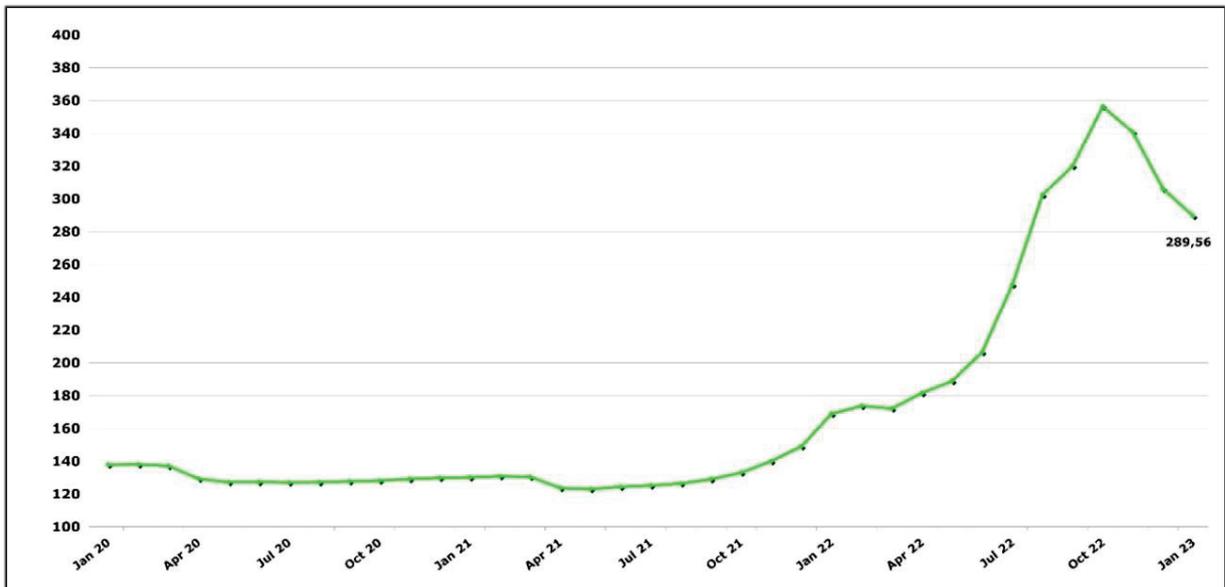
GRÁFICO 9 - ÍNDICE DE PREÇOS CTS (CONTAINER TRADE STATISTICS) PARA FRETE MARÍTIMO DA COSTA LESTE DA AMÉRICA DO SUL PARA A EUROPA.



Fonte: CTS - Container Trade Statistics (2022).

Um exemplo adicional da alta correlação entre custos de frete e os preços médios mensais de *pellets* é exemplificado pelo Gráfico 10, no qual a variação do índice do preço de *pellets* na Áustria apresenta notável semelhança com a flutuação de custos de frete apontado no gráfico anterior.

GRÁFICO 10 - ÍNDICE DE PREÇOS MÉDIOS MENSAIS DE *PELLETS* NA ÁUSTRIA, ENTRE JANEIRO DE 2020 E JANEIRO DE 2023 (JAN 2006 = 100).



Fonte: *Propellets Austria* (2023).

7.4 ASPECTOS AMBIENTAIS

Esse mercado europeu de *pellets*, apesar de especialmente importante no aspecto mundial do consumo, não é exatamente simples de se operar do ponto de vista legal. Havia, em 2021, diversas condições que deveriam ser observadas para habilitar o exportador a operar regularmente e, a longo prazo, o comércio de países terceiros poderá também ser afetado pela aplicação dos requisitos de sustentabilidade pela Comissão Europeia (CE) e pelos governos individuais dos Estados-membros da UE.

As principais preocupações prendem-se com a documentação de um âmbito mais alargado dos critérios de sustentabilidade, impedindo que a biomassa lenhosa primária conte para os objetivos da UE em matéria de energias renováveis.

Segundo o Relatório “*EU Wood Pellet Annual*”, publicado em 2022 pelo *United States Department of Agriculture* (USDA), em 2018, a União Europeia (UE) adotou a Diretiva de Energias Renováveis II (REDII). A maioria das disposições do REDII entrou em vigor em 1º de janeiro de 2021 e os Estados-membros da UE (MS) foram obrigados a transpor o REDII para a legislação nacional até 30 de junho de 2021. Essa Diretiva estabeleceu uma nova meta global de energia renovável de 32% até 2030 (EUROPEAN COMMISSION, 2023). Com o REDII, a UE expandiu os critérios de

sustentabilidade para cobrir a biomassa florestal. Em 2019, a CE apresentou a sua Comunicação sobre o Pacto Ecológico Europeu, que visa tornar a UE neutra em carbono até 2050. Como parte do Green Deal, a CE propôs uma revisão do REDII e um novo regulamento sobre os requisitos da cadeia de suprimentos livres de desmatamento que poderiam afetar o mercado de *pellets* de madeira.

7.4.1 Diretiva Energias Renováveis da UE (REDI e II)

O Pacote de Energia e Alterações Climáticas (PCC) da UE decorreu de 2010 a 2020. A RED, que fazia parte do pacote PCC, entrou em vigor em 25 de junho de 2009 e expirou em 31 de dezembro de 2020. O PCC exigiu que a UE atingisse um objetivo vinculativo segundo o qual 20% da sua utilização global de energia seria alimentada a partir de fontes renováveis até 2020.

O RED foi revogado em 1º de julho de 2021. A UE adotou a nova RED para o período 2021-2030 (a REDII), em 2018. A maioria das disposições da Diretiva 2018/2001 entrou em vigor em 1º de janeiro de 2021. Os Estados-membros da UE (EM) foram obrigados a transpor o REDII até 30 de junho de 2021 para a legislação nacional (EUR-Lex, 2018). Até julho de 2022, esse trabalho estava em grande parte irrealizado.

Para se qualificar para a contagem para as metas da REDII, a biomassa consumida na UE deve cumprir os rigorosos critérios de sustentabilidade previstos no artigo 29º da REDII. O país em que a biomassa florestal foi colhida deve ter leis aplicáveis na área de colheita, bem como sistemas de monitoramento e fiscalização em vigor. A biomassa florestal terá também de seguir os critérios relativos ao “Uso do Solo, à Alteração do Uso do Solo e à Silvicultura” (LULUCF) - nomeadamente no que diz respeito à existência de sistemas de gestão para garantir que as reservas de carbono e os níveis de sumidouros na floresta sejam mantidos ou reforçados a longo prazo (UNITED NATIONS, 2023). A sustentabilidade será avaliada a nível nacional ou a nível da área de abastecimento. Em 31 de março de 2021, a CE publicou um projeto de regulamento de execução que estabelece orientações operacionais sobre as evidências necessárias para demonstrar a conformidade com os critérios de sustentabilidade para a biomassa florestal do Artigo 29 da REDII. Em julho de 2022, o texto final do regulamento ainda estava pendente.

A CE pretende incluir *pellets* de madeira no âmbito da REDII que proibiria a utilização de matérias-primas provenientes de florestas primárias, florestas altamente biodiversas, campos altamente biodiversos, zonas úmidas e áreas continuamente florestadas. A CE propõe igualmente alargar o âmbito dos critérios de sustentabilidade a mais instalações de produção de eletricidade, aquecimento e arrefecimento. A CE propõe a aplicação dos critérios a todas as instalações com uma potência térmica nominal total igual ou superior a 5 MW, no caso dos combustíveis biomássicos sólidos, e igual ou superior a 2 MW para aquecimento e arrefecimento. A revisão da REDII está a decorrer no processo legislativo da UE e ainda pode ser alterada.

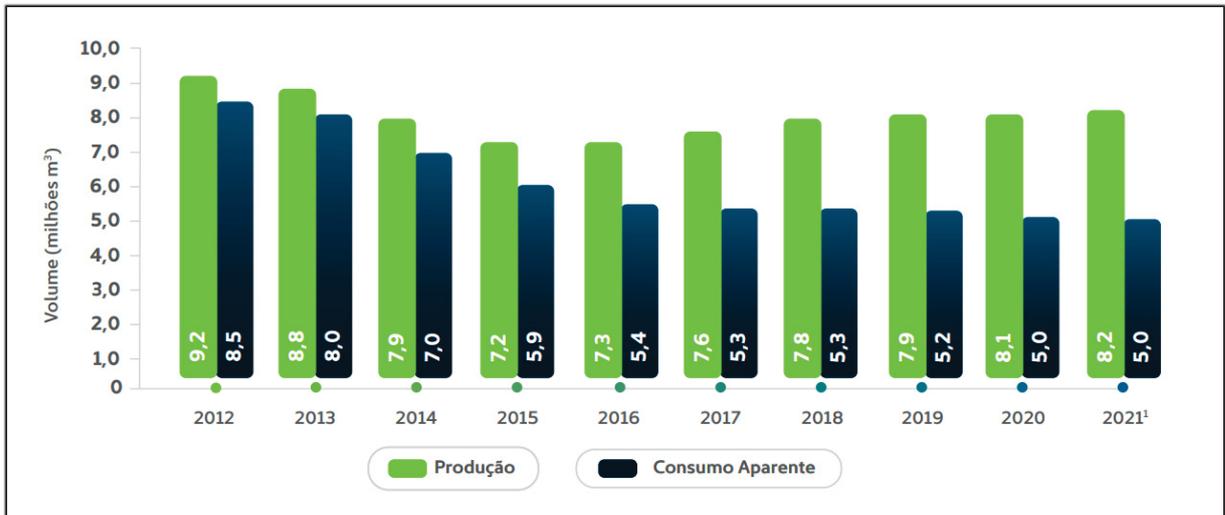
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do apresentado, pode-se inferir algumas características que aparentemente predominam no negócio de *pellets* de pinus no Brasil, determinando não só as condições presentes de seu funcionamento, mas também os caminhos que podem ditar ou remodelar o seu futuro. De forma objetiva, lista-se abaixo algumas dessas principais características observadas neste estudo - muito embora compreenda-se que o comércio de *pellets* não se limita a elas e que mesmo seu grau de importância pode mudar com o progresso dos mercados e da indústria.

8.1 DEPENDÊNCIA DA indústria de beneficiamento da madeira de pinus

Essa é uma realidade aparentemente comum à produção dos *pellets* de madeira em outros países, notadamente na Europa, onde o maior percentual da matéria-prima disponível deriva do resíduo da produção de madeira serrada. Se isso apresenta-se como uma das principais vantagens ao acesso à matéria-prima residual de qualidade satisfatória, ao custo de aquisição e transporte baixos, ou não existentes, e a diluição do custo de produção industrial no conjunto do parque manufatureiro, no caso de empresas integradas, também expõe diretamente a capacidade de sua produção às flutuações da produção manufatureira dedicada a atender um mercado que é distinto ao de *pellets*. Conforme o Gráfico 11, percebe-se que a produção de madeira serrada de pinus no Brasil manteve-se particularmente estável no intervalo de 2018 a 2021, o que, se por um lado, indica espaço para crescimento da indústria integrada de *pellets*, uma vez que há teoricamente ainda bastante matéria-prima residual a ser aproveitada – ao considerar-se que 12% do volume consumido de matéria-prima para madeira serrada é convertida em serragem e que 50% do volume de toras é convertido em madeira serrada, haveria aproximadamente, pelo número de 2021, dois milhões de toneladas de serragem produzida por ano – por outro, já demonstra sua eventual e potencial limitação, uma vez que permaneceria vinculada ao crescimento da capacidade instalada de madeira serrada.

GRÁFICO 11 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E CONSUMO BRASILEIRO DE MADEIRA SERRADA DE CONÍFERAS, 2012 A 2021* (*VALOR PARA 2021 É ESTIMADO).



Fonte: ABIMCI (2022).

8.2 ESTAGNAÇÃO NA PRODUÇÃO FLORESTAL DE PINUS NO BRASIL

Como demonstrado anteriormente e segundo os dados mais recentes da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS (IBGE, 2023), a área plantada de pinus nos principais Estados produtores da espécie no Brasil atingiu em 2021 o seu menor valor histórico desde 2014 e uma significativa redução de 22% em relação ao pico histórico atingido em 2016. Esse decréscimo da área plantada indica potencial déficit futuro da oferta da madeira de pinus no país, supondo que a produtividade média da produção florestal se mantenha nos níveis atuais. Embora esse déficit não se traduza necessária e/ou imediatamente em impedimento à produção de madeira serrada – uma vez que há diversas indústrias além desta que consomem pinus e que podem ser mais ou menos impactadas por ele, também há o fato de que algumas dessas indústrias possam utilizar eucalipto ou outras espécies alternativamente – o potencial déficit pode significar, além da indisponibilidade da matéria-prima básica, um impacto no preço da madeira de pinus e, eventualmente, no conjunto de valores e dos resultados econômicos da cadeia derivada dessa matéria prima.

8.3 EUROPA COMO PRINCIPAL DESTINO

Pelo que foi sugerido a partir da análise do Gráfico 1, a demanda doméstica pelo *pellet* de pinus brasileiro se demonstra ainda volátil e limitada, enquanto que a

demanda pelo produto exportado – especialmente à Europa – é historicamente crescente. A dependência de mercado de exportação pode implicar na incapacidade de destinar internamente o produto, no caso do surgimento de algum obstáculo direto tal como a apreciação do Real, redução do preço real do *pellet*, problemas com a logística de exportação, dentre outros.

Também, o mercado europeu é altamente regulado e fortemente orientado por diretivas ambientais, geralmente de cumprimento complexo e continuamente atualizadas para modelos ainda mais restritivos.

Finalmente, se o mercado de exportação é estável e crescente, ele pode ser amplamente dominado por produtores que possuem escala e capacidade maiores que a nacional e que podem ocupar os espaços disponíveis, como no exemplo dos EUA que, em 2021, exportou quase vinte vezes o volume exportado pelo Brasil.

9 CONCLUSÕES

O consumo futuro europeu de *pellets* dependerá significativamente de uma série de fatores que influenciam o mercado como a resolução do conflito entre Rússia e Ucrânia, as condições meteorológicas e o nível de preços do carvão, do óleo de aquecimento e do gás natural, e, a longo prazo, dos incentivos e condições dos Estados-membros da UE para apoiar a utilização de *pellets* de madeira enquanto fonte de energia renovável.

Houve clara oportunidade para a indústria de transformação de *pellets* brasileira criada pelas circunstâncias recentes produzidas pelo conflito na Europa e pelas normas de sustentabilidade instituídas pela União Europeia, com o objetivo de adequar o continente à nova realidade da economia de baixo carbono.

Uma possibilidade real de preencher a lacuna na oferta mais imediata de *pellets* seria criada por intermédio do aumento da própria produção doméstica europeia. Conforme apontado pelo presente estudo, assim como acontece no Brasil, as matérias-primas secundárias, como serragem, resíduos da indústria da madeira e aparas, representam grande parte das matérias-primas utilizadas na produção de *pellets* na Europa e seu eventual crescimento está também limitado por essa associação. Como principal destino dos *pellets* produzidos no Brasil, quaisquer variações conjunturais no mercado europeu de energia podem produzir impactos diretos na capacidade de produtores brasileiros, seja por alterações na demanda, seja por alterações nos preços.

Muito embora a oportunidade surgida em 2021, em função do conflito na Europa, tenha sido de certa forma capturada pela indústria brasileira de *pellets*, há clara necessidade de que a capacidade produtiva cresça de forma a melhor responder a demanda do mercado europeu, sem detrimento do atendimento estável e seguro ao consumo doméstico que, se ainda incipiente, é de toda forma existente.

Adicionalmente, a conjuntura atual da produção florestal de pinus no Brasil pode representar um novo obstáculo futuro ao crescimento pleno do mercado de produção de *pellets* nacional. Políticas que habilitem o pleno desenvolvimento da indústria florestal de pinus brasileira certamente têm o potencial para impactar direta e positivamente o negócio nacional de *pellets*.

REFERÊNCIAS

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa. **ABIB Brasil Biomassa e Energia Renovável: Industrial Woodpellets Brasil, Desenvolvimento da Maior Planta Industrial no Brasil.** 2014. Disponível em:

<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/12947/ABIB%20BRASIL%20BIOMASSA%20E%20ENERGIA%20RENOV%C3%81VEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 mar. 2023.

ABIMCI, Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente.

Estudo Setorial 2022: Ano Base 2021. Curitiba, PR, 2022. Disponível em:

<https://abimci.com.br/abimci-lanca-estudo-setorial-2022/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ABIPEL - Associação Brasileira das Indústrias de Pellets. **Mapa: produtores de pellets Brasil 2023.** [Updated 09/04/2023]. Disponível em:

https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=14YzGlicywFgl9SC6CF579JX-J34&hl=en_US&ll=-29.21472722120234%2C-54.91353260732116&z=7. Acesso em: 20 fev. 2023.

BIOENERGY EUROPE. **Pellet Statistics.** European Pellet Council. Disponível em:

<https://epc.bioenergyeurope.org/about-pellets/pellets-statistics/>. Acesso em: 30 jan. 2023.

CHRISTOFOROU, E. A.; FOKAIDES, P. A. **Thermochemical properties of pellets derived from agro-residues and the wood industry.** Waste and Biomass

Valorization, v. 8 (4): 1325-1330, 2017. Acesso em: 01 abr. 2023.

CTS - Container Trade Statistics. **The CTS Advantage.** Container Trades Statistics

Ltd, 2022. Disponível em: <https://www.containerstatistics.com/>. Acesso em: 14 mar. 2023.

EIA - U.S. Energy Information Administration. **Petroleum and Others Liquids:**

According to the EIA, the average price of imported crude oil increased from \$2.87 per barrel in 1970 to \$11.58 per barrel in 1974. US, 2023. Disponível em:

<https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=mcrfps2&f=m>. Acesso em: 04 abr. 2023.

EKSTRÖM, HÅKAN. **US Wood Pellets Gain Market Share in Europe as Russian Presence Drops.** Resource Wise, Global Forest Industry, 2023. Disponível em:

<https://www.resourcewise.com/forest-products-blog/us-wood-pellets-gain-market-share-in-europe-as-russian-presence-drops>. Acesso em: 20 jan. 2023.

EUR-LEX. Directive (Eu) 2018/2001 Of the European Parliament and Of the Council.

Official Journal of the European Union, 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>. Acesso em: 14 mar. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **Renewable energy directive.** 2023. Disponível em:

https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en. Acesso em: 12 fev. 2023.

EUROSTAT. **Archive: Estatísticas sobre os preços do gás natural**. Statistics Explained. December 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Estat%C3%ADsticas_sobre_os_pre%C3%A7os_do_g%C3%A1s_natural. Acesso em: 18 jan. 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Yearbook**: Word Food and Agriculture 2020. Rome, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb1329en/CB1329EN.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FINANCIAL TIMES. **Europe gas prices hit record as crisis threatens to trigger recession**. 2022. Disponível em: <https://www.ft.com/content/ef02dd38-7cc6-4c13-914e-e2b6b2b8ee9d>. Acesso em: 05 fev. 2023.

GARCIA, Dorival Pereira. A energia da Biomassa. **Revista Opiniões**. 2015. Disponível em: <https://issuu.com/opinioesbr/docs/opcp38>. Acesso em: 12 jan. 2023.

GARCIA *et al.* Mapa dos Produtores Brasileiros de Biocombustíveis *Pellets*. In: **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. Vol. 12(4): 333-339, 2018. Disponível: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/718/388>. Acesso em: 22 mar. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PEVS - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>. Acesso em: 12 fev. 2023.

PROPELLES - AUSTRIA. **Pelletpreise Stark Gesunken**. Pelletpreise in Cent/kg, märz, 2023. Disponível em: <https://www.propellets.at/pelletpreise-stark-gesunken>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SPANHOL, A. *et al.* **Qualidade dos Pellets de biomassa florestal produzidos em Santa Catarina para a geração de energia**. Floresta, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 833-844, out./dez. 2015. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/17802>. Acesso em: 05 abr. 2023.

RAKOS, Christian. **Expansion of pellet production in Austria**. Nordic Pellet Conference, May 11, 2022. Disponível em: https://www.svebio.se/wp-content/uploads/2022/05/Rakos_Christian-NPC22.pdf. Acesso em: 28 jan. 2023.

RASGA, R.O.S. **Pellets de madeira e sua viabilidade econômico-financeira na substituição do óleo BPF-A1 em pequenos e médios consumidores no Estado de São Paulo**. Fundação Getúlio Vargas – Escola de Economia de São Paulo – EESP. 2013. Acesso em: 28 fev. 2023.

TAVARES, M. A. M. E.; TAVARES, S. R. L. **Perspectivas para a Participação do Brasil No Mercado Internacional De Pellets**. Holos, vol. 5, 2015, pp. 292-306. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481547288025.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023.

UNITED NATIONS, Climate Change. **Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF)**, 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulucf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

USDA - United States Department of Agriculture. **European Union: EU Wood Pellet Annual**. Foreign Agricultural Service. July 13, 2022. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/european-union-eu-wood-pellet-annual>. Acesso em: 22 fev. 2023.