



CONCENTRAÇÃO DO MERCADO MUNDIAL DE PELLETS ENTRE 2012 E 2018

HELENA CRISTINA CARVALHO SOARES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA-UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

HELENA CRISTINA CARVALHO SOARES

CONCENTRAÇÃO DO MERCADO MUNDIAL DE PELLETS ENTRE 2012 E 2018

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ORIENTADOR: Dr. ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA

BRASÍLIA – DF, 29 DE JANEIRO DE 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**“CONCENTRAÇÃO DO MERCADO MUNDIAL DE PELLETS
ENTRE 2012 E 2018”**

HELENA CRISTINA CARVALHO SOARES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

APROVADA POR:

Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza (Departamento de Engenharia Florestal – UnB)
(Orientador)

Prof. Dr. Luiz Moreira Coelho Júnior (Departamento de Economia de Energias Renováveis – UFPB) (Examinador Externo ao PPG-CFL)

Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira (Departamento de Engenharia Florestal – UnB)
(Examinador Interno)

BRASÍLIA-DF, 29 DE JANEIRO DE 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.

CS676c

Carvalho Soares, Helena Cristina
CONCENTRAÇÃO DO MERCADO MUNDIAL DE PELLETS ENTRE 2012 E 2018 /

Helena Cristina Carvalho Soares; orientador Álvaro Nogueira de Souza. -- Brasília, 2021.

117 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, 2021.

1. Biomassa florestal. 2. bioenergia. 3. pellets. 4. economia florestal. 5. mercado internacional de pellets. I. Nogueira de Souza, Álvaro, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOARES, H. C. C. (2021). Concentração do mercado mundial de pellets entre 2012 e 2018. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

CESSÃO DE DIREITOS

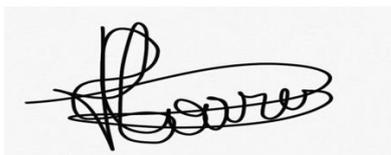
AUTORA: Helena Cristina Carvalho Soares

TÍTULO: Concentração do mercado mundial de pellets (2012-2018)

GRAU: Mestrado

ANO: 2021

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.



Helena Cristina Carvalho Soares

helenacclodi@gmail.com

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

Aos meus amados pais, Milton Dionísio Soares Filho e Josecília Freire de Carvalho Soares, pelos incontáveis bons exemplos de pessoas de bem.

Ao meu querido esposo, Edson Lodi, pelo companheirismo e apoio.

Em especial, ao professor Dr. Álvaro Nogueira de Souza pela orientação atenciosa e amiga.

Aos amigos, colegas, professores e servidores da pós-graduação.

A CAPES, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

RESUMO

A crescente demanda por energia e a preocupação mundial com as questões ambientais tem estimulado o consumo de energias renováveis. Neste sentido, há um aumento da demanda por biomassa florestal para fins energéticos, em especial os pellets de madeira. Por sua eficiência e qualidade energética, os pellets têm se destacado no mercado internacional. Nesta perspectiva o mercado de pellets fomenta estudos para melhor compreender sua estrutura de mercado. Assim, este trabalho analisou a concentração e desigualdade da produção, importação, exportações e consumo mundial de pellets, entre 2012 e 2018. Para tanto, foi utilizado os dados da Food and Agriculture Organization Of The United Nations – FAO e empregado os indicadores: Razão de Concentração[$CR(k)$], Índice de Hirschman-Herfindal (HHI), Índice de Entropia de Theil (E), Coeficiente de desigualdade de Gini (G) e o Índice de Hall-Tideman (HTI). Para a produção, os resultados indicaram concentração muito forte para continentes e moderada para países. Quanto as exportações, importações e consumo, os índices exibiram mercado de concentração alta para o nível continental, de concentração moderada para os subcontinentes e atomizado entre os países. A Europa e América do Norte, pioneiros dessa tecnologia, são as regiões que possuem alto poder de mercado na produção e exportação mundial de pellets. Por sua vez, a Ásia tem se mostrado promissora nesse mercado. Dessa forma, notou-se que a concentração do mercado internacional de pellets está em queda, principalmente, a partir de 2015.

Palavras-chave: Bioenergia; economia florestal; biocombustível.

ABSTRACT

The growing demand for energy and the worldwide concern with environmental issues has stimulated the consumption of renewable energy. In this sense, there is an intense increase in the demand for forest biomass for energy purposes, especially wood pellets. For their energy efficiency and quality, pellets have stood out in the international market. Given this perspective, the pellet market encourages studies to better understand its market structure; thus, this work analyzed the concentration and inequality of the world pellet market, between 2012 and 2018. The concentration was observed for the production, import, exports and consumption of pellets. To check the concentration, the pellet production data from the Food and Agriculture Organization Of The United Nations - FAO was used and the indicators used: Concentration Ratio [CR (k)], Hirschman-Herfindal Index (HHI), Index of Theil entropy (E), Gini inequality coefficient (G) and the Hall-Tideman index (HTI). For production, the results indicated a very strong concentration for continents and moderate for countries. As for exports, imports and consumption, the indices showed a market with a high concentration for the continental level, a moderate concentration for the subcontinents and atomized among the countries. Europe and North America, pioneers of this technology, are the regions that have high market power in the world production and export of pellets. In turn, Asia has shown promise in this market. Thus, it was noted that the concentration of the international pellet market is declining, mainly from 2015.

Keywords: Bioenergy; forest economy; biofuel.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
2 RELEVÂNCIA CIENTÍFICA	15
3 PROBLEMA DE PESQUISA E QUESTÕES DE PESQUISA	16
4 OBJETIVOS GERAIS	16
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
5 HIPÓTESE	17
6 ESCOPO DO TRABALHO	17
7 REFERENCIAL TEÓRICO	17
7.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	17
7.2 ENERGIA	18
7.3 ENERGIAS RENOVÁVEIS	20
7.4 BIOMASSA	21
7.5 BIOCOMBUSTÍVEIS SÓLIDOS	22
7.5.1 <i>Pellets de madeira</i>	24
7.6 PRODUÇÃO E CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	26
7.7 ESTRUTURA DE MERCADO	30
7.8 CONCENTRAÇÃO INDUSTRIAL	31
8 ARTIGO 1 – ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE PELLETS (2012-2018)	33
8.1 INTRODUÇÃO	35
8.2 MATERIAL E MÉTODOS	36
8.2.1 <i>Dados Utilizados</i>	36
8.2.2 <i>Medidas de concentração e desigualdade</i>	37
8.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
8.4 CONCLUSÃO	48
8.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
9 ARTIGO 2 - ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO MUNDIAL DAS EXPORTAÇÕES DE PELLETS (2012-2018)	51
9.1 INTRODUÇÃO	53
9.2 MATERIAL E MÉTODOS	55
9.2.1 <i>Dados Utilizados</i>	55

9.2.2	<i>Medidas de concentração e desigualdade</i>	55
9.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
9.4	CONCLUSÃO	67
9.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICOS	67
10	ARTIGO 3 - ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO MUNDIAL DAS IMPORTAÇÕES DE PELLETS (2012-2018)	71
10.1	INTRODUÇÃO	73
10.2	MATERIAL E MÉTODOS	74
10.2.1	<i>Dados Utilizados</i>	74
10.2.2	<i>Medidas de concentração e desigualdade</i>	75
10.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
10.4	CONCLUSÃO	87
10.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
11	ARTIGO 4 - ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL DE PELLETS (2012-2018)	91
11.1	INTRODUÇÃO	93
11.2	MATERIAL E MÉTODOS	94
11.2.1	<i>Dados Utilizados</i>	94
11.2.2	<i>Medidas de concentração e desigualdade</i>	95
11.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
11.4	CONCLUSÃO	105
11.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
12	CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
13	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1. Participação dos biocombustíveis sólidos na produção total de renováveis em 2016.	23
Figura 6.2. (a) Participação das renováveis na produção total de energia no mundo (%) em 2016; (b) Participação das renováveis na produção total de energia no mundo (%) em 1900.	27
Figura 6.3. (a) Produção de energias renováveis (Mtep) na Alemanha, Brasil e Estados Unidos; (b) participação das renováveis na produção total de energia (%) na Alemanha, Brasil e Estados Unidos.....	28
Figura 6.4. (a) Produção mundial de energias renováveis por fonte para o ano de 2000; (b) Produção mundial de energias renováveis por fonte para o ano de 2018.....	28
Figura 6.5. Produção mundial de energias renováveis (Btu), por fontes, de 1980 a 2018.	29
Figura 6.6. (a) Consumo de energias renováveis, UE-28, em 2005; (b) Consumo de energias renováveis, UE-28, em 2014.	30
Figura 7.1. Evolução da produção mundial de pellets, em milhões de toneladas ($\times 10^6$ t), para os continentes, de 2012 a 2018.....	40
Figura 7.2. Evolução da razão de concentração [$CR(k)$] da produção mundial de pellets, para os (a) países e (b) subcontinentes, de 2012 a 2019.....	43
Figura 7.3. Evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) HHI ajustado, para a produção mundial de pellets, de 2012 a 2018.....	44
Figura 7.4. Evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) E ajustada, para a produção mundial de pellets, de 2012 a 2018.	45
Figura 7.5. (a) Coeficiente de Gini (G) e (b) índice de Hall e Tideman (HTI), para países, subcontinentes e continentes produtores de pellets, de 2012 a 2018.....	47
Figura 8.1. Exportação de pellets (em 10^6 t) distribuída por continentes, entre os anos de 2012 e 2018.....	59
Figura 8.2. Evolução da razão de concentração [$CR(k)$] da exportação mundial de pellets, para os (a) países e (b) subcontinentes, de 2012 a 2019.....	62
Figura 8.3. Evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes e (c) países, e (d) HHI ajustado, para a exportação mundial de pellets, de 2012 a 2018.....	63
Figura 8.4. Evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) E ajustada, para a exportação mundial de pellets, de 2012 a 2018.	64
Figura 8.5. (a) Coeficiente de Gini (G) e (b) índice de Hall e Tideman (HTI), para países, subcontinentes e continentes exportadores de pellets, de 2012 a 2018.....	66
Figura 9.1. Importação de pellets (por milhões toneladas) no mundo, distribuída por continentes, entre os anos de 2012 e 2018.....	79
Figura 9.2. Evolução da razão de concentração [$CR(k)$] da importação mundial de pellets, para os (a) países e (b) subcontinentes, de 2012 a 2019.....	82
Figura 9.3. Evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes e (c) países, e (d) HHI ajustado, para a importação mundial de pellets, de 2012 a 2018.....	83

Figura 9.4. Evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) E ajustada, para a importação mundial de pellets, de 2012 a 2018.	85
Figura 9.5. (a) Coeficiente de Gini (G) e (b) o índice de Hall e Tideman (HTI), para países, subcontinentes e continentes importadores de pellets, de 2012 a 2018.....	86
Figura 10.1. Evolução do consumo mundial de pellets, por continentes, em milhões de toneladas ($\times 10^6$ t), de 2012 a 2018.....	99
Figura 10.2. Evolução da razão de concentração [$CR(k)$] do consumo mundial de pellets, para os (a) países e (b) subcontinentes, de 2012 a 2019.....	101
Figura 10.3. Evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes e (c) países, e (d) HHI ajustado, para o consumo mundial de pellets, de 2012 a 2018.....	102
Figura 10.4. Evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) E ajustada, para o consumo mundial de pellets, de 2012 a 2018.	104
Figura 10.5. (a) Coeficiente de Gini (G) e (b) o índice de Hall e Tideman (HTI), para países, subcontinentes e continentes consumidores de pellets, de 2012 a 2018.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 7.1. Classificação do grau de concentração dos quatro e oito maiores países produtores.	37
Tabela 7.2. Classificação do Índice Herfindahl-Hirschman ajustado.....	38
Tabela 7.3. Classificação do grau de desigualdade para o Coeficiente de Gini.	39
Tabela 7.4. Evolução da produção ($\times 10^3$ toneladas) dos dez maiores países produtores mundiais pellets, o Brasil para o período de 2012 a 2018 e os respectivos Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), com base em 2018.	41
Tabela 8.1. Classificação do grau de concentração dos quatro e oito maiores países exportadores.....	56
Tabela 8.2. Classificação do Índice Herfindahl-Hirschman ajustado.....	57
Tabela 8.3. Classificação do grau de desigualdade para o Coeficiente de Gini.	57
Tabela 8.4. Evolução das exportações anuais (10^3 toneladas) dos dez maiores exportadores de pellets em 2018, do Brasil e do mundo, suas respectivas Taxas de Crescimento Geométrico (TGC), ranking dos dez maiores e o número de países exportadores para os anos entre 2012 e 2018.	60
Tabela 9.1. Classificação do grau de concentração dos quatro e oito maiores países importadores.	76
Tabela 9.2. Classificação do Índice Herfindahl-Hirschman ajustado.....	77
Tabela 9.3. Classificação do grau de desigualdade para o Coeficiente de Gini.	77
Tabela 9.4. Evolução das importações anuais ($\times 10^3$ toneladas) dos dez maiores importadores de pellets em 2018, do Brasil e do mundo, ranking dos dez maiores, posicionamento do Brasil no ranking e o número de países importadores para os anos de 2012 a 2018.	80
Tabela 10.1. Classificação do grau de concentração dos quatro e oito maiores países consumidores.	96
Tabela 10.2. Classificação do Índice Herfindahl-Hirschman ajustado.....	97
Tabela 10.3. Classificação do grau de desigualdade, de acordo com o Coeficiente de Gini, dos maiores consumidores.	97
Tabela 10.4. Taxas de Crescimento Geométrico (TGC), ranking dos dez maiores, posicionamento do Brasil no ranking e o número de países consumidores, de 2012 e 2018.	100

1 INTRODUÇÃO

A energia é um fator vital para o desenvolvimento da humanidade. Ao longo dos séculos, o homem aprendeu a utilizar as fontes energéticas e dela se beneficiou para realizar trabalho, para conforto térmico, cocção de alimentos e outras atividades. Com a descoberta do petróleo e a evolução tecnológica, a produção de bens e serviços aumentou de forma acelerada, o que, por sua vez, tem requerido cada vez mais energia (DA SILVA, 2020). O petróleo é uma fonte fóssil, ou seja, leva milhares de anos para se renovar, podendo ser considerada finita. Além disso, o seu uso demasiado está relacionado diretamente com a alta emissão de gases de efeito estufa – GEE – que tem causados danos ambientais irreversíveis (LOPES et al., 2019).

Ainda hoje é predominante o uso de combustíveis fósseis, contudo, a elevação do preço do petróleo, bem como a crescente demanda energética e as preocupações de mitigar os impactos ambientais intensificados pelo uso de combustíveis fósseis, tem incitado pesquisa e atenção de representantes governamentais em prol da utilização de energias alternativas e renováveis no cenário mundial. Nesse sentido, acordos globais sobre mudança climáticas, tem sido tratado por muitos países, objetivando o incentivo ao desenvolvimento de tecnologias para geração de energia limpa, com baixo carbono, renovável e sustentável. Desde então, o mercado para energia renovável tem aumentado, sendo os pellets um dos recursos com crescimento progressivo (FERREIRA PIMENTA; NARDELLI, 2016; GUNEY, 2019; JOHANNSDOTTIR; MCINERNEY, 2016; NUNES et al., 2016; THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014).

A biomassa é a energia solar convertida e estocada pelas plantas na forma de carboidratos, por meio dos processos bioquímicos da fotossíntese (NARODOSLAWSKY, 2010). Segundo Souza (2016) a biomassa é definida como toda matéria orgânica, vegetal ou animal, que pode ser empregada na geração de energia. Esse potencial armazenado pode ser convertido em energia térmica, por meio da sua combustão, e posteriormente, transformada em outras formas de energia – mecânica, elétrica, entre outras (LOPES et al., 2019).

A produção de biocombustíveis sólidos, como briquetes, pellets, cavacos, carvão e lenha são alternativas sustentáveis para atender parte considerável da demanda energética mundial. Dentre esses biocombustíveis, os pellets possuem particular relevância devido à sua eficiente capacidade de aproveitar a matéria prima, além de possuir alto poder calorífico, facilidade de armazenamento e transporte. Suas dimensões físicas são de extrema importância para a indústria, uma vez que permite a automação completa do processo, enquanto os outros

combustíveis madeireiros necessitam de um abastecimento manual ou semiautomático, junto ao forno ou queimador (RASGA, 2013).

Fatores de qualidade, principalmente o poder calorífico e o teor de cinzas dos pellets, são importantes para o mercado, podendo ter influência até mesmo no preço. Essa importância se dá pela confiabilidade e a segurança da fonte de suprimento, pois a modernização das usinas de carvão para manejar a biomassa é um gasto de capital inicial significativo, exigindo garantias de qualidade e fornecimento estável (SUN; NIQUIDET, 2017). Somado a isto, a elevada densidade energética dos pellets confere aos sistemas de aquecimento uma autonomia equivalente à dos sistemas a óleo origem fóssil, sendo 3 m³ de pellets de madeira equivalente a 1 m³ de óleo combustível (MAWHOOD et al., 2016).

Os pellets de madeira comercializados internacionalmente são feitos de serragem seca, aparas de madeira ou pó de madeira, sendo a matéria-prima submetida a alta pressão para aumentar a densidade do produto. Ao final do processo, podem ser usados para produção de energia ou diretamente para combustão em aquecimento residencial e comercial. Os pellets e aglomerados são atualmente a forma mais econômica de converter biomassa em combustível e são uma fonte de energia de rápido crescimento no mundo, principalmente na Europa. (HELMINGER; MARTINS; HENDERYCKX, 2016).

Estimulada por políticas públicas que visam implantar e melhorar tecnologias de aproveitamento das fontes renováveis de energia, a demanda europeia por combustíveis de madeira, biomassa sólida, aumentou de forma acentuada e constante nas últimas duas décadas (KRISTÖFEL et al., 2016). Com a acelerada expansão da participação dos pellets no mercado de energia no cenário mundial é de grande importância para potenciais investidores a compreensão do comportamento desse comércio nos últimos anos e sua estrutura de mercado.

A verificação da existência de poder de mercado no segmento energético pode ser feita por meio da avaliação do grau de concentração (LUFT; ZILLI, 2014). Dessa forma, para estipular a estrutura de mercado de pellets, são utilizadas medidas de concentração e classificação. Tem-se como principais medidas de concentração o Índice de Hirschman-Herfindal, Índice de Entropia de Theil e o Índice de Gini e razão de concentração.

A análise de concentração é objeto de estudo de uma corrente da economia florestal, que visa demonstrar a viabilidade da inserção de novos manufaturados no mercado internacional de produtos florestais. Assim, estudos dessa natureza contribuem à tomada de decisão de agentes governamentais, empreendedores e investidores, que buscam participar do mercado internacional dessa biomassa.

Estudos sobre concentração de mercado encontram-se disponíveis na literatura especializada, dentre eles o de Coelho Junior (2017) que analisou o grau de concentração do Valor Bruto da Produção (VBP) do abacaxi no Paraná entre 1995 e 2010; NOCE et al. (2007), para o mercado internacional de compensado; Schettini et al. (2016), para concentração do mercado internacional de pellets. Contudo, há poucos estudos de concentração do mercado de pellets no cenário mundial.

2 RELEVÂNCIA CIENTÍFICA

Por sua eficiência e qualidade energética, os pellets têm se destacado no mercado internacional. A produção mundial de pellets de madeira anual, cresceu de 1,8 milhão de toneladas, em 2000, chegando a cerca de 24,5 milhões de toneladas, ao final de 2013 (KOVACEVIC; CALDERON, 2014). Em pouco mais de uma década a produção mundial cresceu 13,61%, evidenciando o rápido desenvolvimento do mercado de pellets de madeira. Na Europa, o consumo de combustíveis da madeira, em particular os pellets, aumentou, tornando-se um importante combustível na produção de calor e energia (KRISTÖFEL et al., 2016).

Em 2012, a União Europeia foi o maior produtor mundial de pellets, com a produção real variando de 10,5 milhões de toneladas para 11,2 milhões de toneladas, enquanto a mundial foi de 22,4 milhões de toneladas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DE BIOMASSA - ABIB, 2015). O acelerado crescimento do mercado de pellets no cenário mundial com forte tendência à concentração, fomenta estudos para melhor compreender sua estrutura de mercado. A estrutura do mercado pode afetar tanto a sua própria eficiência quanto alterar incentivos à inovação (AGHION et al., 2014).

De forma geral, países com maior extensão territorial tendem a apresentar vantagens comparativas em recursos naturais, como também, maior participação no mercado de produtos primários, o que, normalmente, resulta em grande potencial de concentração industrial (COELHO JUNIOR; REZENDE, 2013). Assim, os pellets de madeira podem se tornar muito atrativos para o mercado de exportação brasileiro, uma vez que o país é referência em florestas plantadas, tem boas condições de clima e extensão territorial que favorece a produção desse biocombustível.

De acordo com o levantamento da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS), em 2017, o Brasil possui 9,85 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 2,03 milhões de hectares plantados de pinus com diversas finalidades como a produção de compensados, celulose, entre outras, com larga produção de resíduos (ASSOCIAÇÃO DE

PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2013; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2018; SERVIÇO NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS, 2015). A produção de pellets dos resíduos de madeiras coníferas é mais fácil e acessível. Tecnicamente, o Brasil apresenta grande potencial parcialmente aproveitado na produção de *pellets* a partir de resíduos das indústrias madeireiras à base de pinus, e, quando bem aproveitado, pode alcançar a produção de 1,6 milhão de toneladas de pellets de qualidade Premium ENplus, somente a partir dos resíduos (QUÉNO, 2015).

3 PROBLEMA DE PESQUISA E QUESTÕES DE PESQUISA

O acelerado crescimento do mercado de pellets no cenário mundial tem forte tendência a concentração, posto que em 2012 a União Europeia foi responsável por 50% da produção mundial de pellets. Este cenário fomenta estudos para melhor compreender sua estrutura de mercado. Sob a perspectiva da economia, adotou-se como problema de pesquisa: a possível permanência da concentração e centralização do mercado de pellets na Europa. Centrado no problema de pesquisa, surge as seguintes perguntas:

- I. Como está distribuída a produção, exportação, importação e consumo internacional de pellets?
- II. De acordo com as medidas de concentração, a produção, exportação, importação e consumo mundial de pellets de madeira é classificado como concentrado ou diversificado? Se concentrado, há sinais de diversificação?

4 OBJETIVOS GERAIS

Verificar, no período de 2012 a 2018, se o mercado mundial de pellets é concentrado ou diversificado.

4.1 Objetivos Específicos

- a) Analisar a concentração mundial da produção de pellets, no período de 2012 a 2018;
- b) Analisar a concentração mundial das importações de pellets, no período de 2012 a 2018;
- c) Analisar a concentração mundial das exportações de pellets, no período de 2012 a 2018;
- d) Analisar a concentração mundial do consumo de pellets, no período de 2012 a 2018.

5 HIPÓTESE

O mercado mundial de pellets está concentrado no continente europeu, porém, com tendência a diversificação.

6 ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho foi estratificado em quatro capítulos no formato de artigo científico. No primeiro capítulo foi verificado o comportamento do mercado quanto à produção mundial de pellets. Nos capítulos seguintes, foram observadas as estruturas de mercado para a exportação, importação e consumo aparente, respectivamente, entre os anos de 2012 e 2018.

7 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico descreve questões básicas que estão relacionadas diretamente com o mercado mundial de pellets de madeira. Dessa forma, é feita uma breve referência ao desenvolvimento sustentável, uma descrição das principais energias renováveis, em especial a biomassa e os pellets de madeira. Descreve ainda a teoria de estrutura de mercado e concentração industrial.

7.1 Desenvolvimento sustentável

O desenvolvimento sustentável pode ser entendido como a utilização dos recursos ofertados na natureza sem comprometer a sua qualidade e quantidade ao longo das gerações humanas. Ou seja, a manutenção dos recursos naturais para atender as demandas atuais de forma e a não comprometer as necessidades das gerações futuras (GÜNEY, 2019). Logo, o desenvolvimento sustentável tem três dimensões, econômica, social e ambiental.

No início da década de 1970, ambientalistas e algumas organizações mundiais iniciaram discussões sobre a preservação do meio ambiente. Em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a 1ª Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, em Estocolmo, o Brasil foi um dos participantes. A Conferência de Estocolmo foi o primeiro passo relevante para assuntos ambientais a nível internacional.

Há mais de três décadas estabeleceu-se o conceito de “Desenvolvimento Sustentável” através da elaboração do relatório Brundland, também conhecido como “Nosso futuro comum”, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD),

realizada em 1987 (WCED, 1987). Cada vez mais estudado por autoridades mundiais, com foco de reduzir o consumismo, otimizar recursos naturais e minimizar os danos ambientais, o desenvolvimento sustentável tem ganhado cada vez mais relevância (FERREIRA PIMENTA; NARDELLI, 2016).

Um grande marco ambiental aconteceu em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida por Eco-92, consolidando o conceito de desenvolvimento sustentável, a qual reuniu 175 países e representantes de organizações não governamentais. Diversos assuntos socioambientais foram discutidos, dentre esses as mudanças climáticas, emissões de gases de efeito estufa e Economia Verde (FERREIRA PIMENTA; NARDELLI, 2016). Apoiados em estudos científicos e socioeconômicos notou-se a urgência das ações de mitigação quanto as mudanças climáticas, cuja principal referência até hoje é o Protocolo de Kyoto, assinado em dezembro de 1997, que define meta de emissões de carbono (VIEIRA, 2012).

Em 2012, no Rio de Janeiro, aconteceu a Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável, a Rio+20, cujo objetivo foi estudar formas de vencer barreiras encontradas para efetivação dos objetivos já acordados anteriormente, renovar os compromissos políticos rumo ao desenvolvimento sustentável e avaliar o progresso ambiental. Desta Conferência resultou o relatório *The Future We Want* (ONU, 2012).

Destacam-se ainda as ações voltadas para a chamada Economia de Baixo Carbono, no contexto da redução de emissões de gases do efeito estufa, investimentos em tecnologias verdes. Entre essas políticas está o incentivo ao desenvolvimento de tecnologias para geração de energia limpa, visando reduzir a emissão de carbono. Nesse sentido, a ONU enfatizou algumas ações para os países até 2030, uma dessas ações é a importância das energias renováveis para o desenvolvimento sustentável, com destaque para a garantia de acesso, preços acessíveis e confiáveis, à energia limpa e sustentável por todos (GÜNEY, 2019).

A adoção de tecnologias de energias renováveis como solar, eólica, geotérmica e biocombustíveis pode reduzir substancialmente as emissões de poluentes, ligados as mudanças climáticas, cerca de 0,4-0,9 bilhões de toneladas de CO₂ entre 2010 e 2020 (APERGIS; JEBLI, 2018).

7.2 Energia

De acordo com o dicionário Michaelis (2016), energia é definido como “capacidade que um corpo, um sistema de corpos ou uma substância têm de realizar trabalho, entende-se por

trabalho a deslocação do ponto de aplicação de uma força”. Já para a termodinâmica, energia pode ser entendida como a capacidade de causar alterações (ÇENGEL; BOLES, 2011). A energia pode ser compreendida, então, como a capacidade de realizar trabalho, que por sua vez, implica numa alteração da condição inicial.

A energia pode estar disponível de diversas formas e origens (fonte de energia), dentre essas formas estão a energia elétrica, mecânica, química, bioquímica, luminosa e térmica. Além disso, por meio de mecanismos específicos, pode-se converter uma forma de energia em outra. Por exemplo na queima de material orgânico ocorre a transformação de energia bioquímica em energia térmica por meio da combustão.

O seu uso para benefício humano é antigo. Na Mesopotâmia, por exemplo, se observa o aproveitamento da energia proveniente da força motriz, energia mecânica, dos animais para transporte e bombeamento de água para agricultura; do fogo para conforto térmico, cozer alimentos, tratar argila para construções, entre outros usos (ROSA, 2016). Porém, foi por volta dos séculos XVIII e XIX que ocorreu um avanço tecnológico acentuado. Nesse período, a sociedade se desenvolveu com mais intensidade. O avanço tecnológico, para uso e obtenção de energia, ocasionou transformações sociais profundas.

Esse processo de inovações tecnológicas modernizou de forma eficiente o trabalho humano. A força motriz humana e animal foram substituídas por máquinas regidas por energia inanimada. A economia, por sua vez, passou de uma economia agrária e artesanal para industrial. A indústria, vista de um certo prisma, é o uso da energia para transformar matéria-prima em produtos acabados (SIMABUKULO et al., 2006). Ao se tratar a primeira Revolução Industrial como a Revolução do Carvão e do Ferro e da Segunda Revolução como Revolução da Eletricidade e do Aço (HENDERSON, 1969) mostra, claramente, a importância a fonte de energia utilizada com o processo social ocorrido. Esse fato evidencia como energia, industrialização, avanço tecnológico e social, estão fortemente relacionadas.

O uso de energia é o pivô para o desenvolvimento humano, logo, o domínio tecnológico para obtenção de energia está ligado com o desenvolvimento da população (CARVALHO et al., 2019). Por exemplo, países desenvolvidos tem maior domínio sobre recursos energéticos do que países pobres. Nos países onde o consumo de energia comercial per capita está abaixo de uma tonelada equivalente de petróleo (TEP) por ano, as taxas de analfabetismo, mortalidade infantil e fertilidade total são altas, enquanto a expectativa de vida é baixa. A medida em que o consumo de energia comercial per capita aumenta para valores acima de 2 TEP (ou mais), como é o caso dos países desenvolvidos, as condições sociais melhoram consideravelmente (GOLDEMBERG, 1998).

As fontes de energias disponíveis na natureza distinguem-se em duas classes, renováveis e não renováveis. As fontes renováveis de energia possuem ciclos contínuos, que se repetem em curtos períodos de tempo. Por outro lado, as fontes não renováveis, em especial as de origem fóssil, possuem ciclos de formação com períodos de milhões de anos e, por isso, são consideradas como fontes finitas (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2015).

Além de serem recursos finitos, a conversão dos combustíveis fósseis em energia disponível ocorre liberação de resíduos na forma de partículas sólidas e gases. Não há como reaproveitar esses rejeitos e, por consequência, são potenciais causadores de diversos danos ambientais. Dessa forma, a expansão das emissões de gases de efeito estufa, causada por essas substâncias, representa um grave perigo para o ambiente e para a saúde humana (APERGIS et al. 2018).

As chamadas fontes convencionais de energia apresentam grau de competitividade bastante alto, podendo ser renovável ou não. No Brasil, a principal fonte de produção de energia elétrica advém de fonte renovável (hidromecânica-elétrica). Porém, no cenário mundial, as fontes convencionais ainda são predominantemente não renováveis (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2019). Em função de discussões relacionadas a sustentabilidade, questões ambientais e a necessidade de segurança energéticas, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas, as chamadas fontes alternativas e renováveis de energia.

Ainda hoje, para atender suas necessidades energéticas, o uso de combustíveis fósseis (por exemplo carvão mineral e gás natural) predomina na maioria dos países, e à medida que o consumo de energia dos países aumenta, a emissão de carbono também aumenta (ELUM; MOMODU, 2017).

O ano de 2018, comparado a última década, teve o maior crescimento anual da demanda mundial de energia, um aumento de 2,3%. No mesmo ano, as emissões globais de CO₂ alcançou um máximo histórico de 33,1 Gt, acréscimo de 1,7% (IEA, 2019). Razões como o acelerado e crescente consumo de energia e os impactos ambientais (crescente emissão de gases de efeito estufa) relacionados diretamente com o uso de combustível fóssil, evidenciam a necessidade de se investir mais no desenvolvimento tecnológico de energias renováveis.

7.3 Energias renováveis

Estimasse que o consumo mundial de energia, especialmente na América, Ásia e Oriente Médio, crescerá 25% até 2040. Por serem mais econômicas, confiáveis e limpas, essa expansão está mais ligada ao aumento do uso de fontes renováveis do que às não renováveis (AL

HAMAMRE et al., 2017; ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2017). As fontes de energias renováveis são assim conhecidas por serem consideradas como fontes inesgotáveis, pois suas reservas se renovam constantemente. Panwar, Kaushik e Kothari (2011) descreve as principais formas como:

- Hídrica – A mais convencional no Brasil deriva do aproveitamento da força das águas dos rios. Nas usinas hidrelétricas há uma conversão da energia potencial das águas em energia mecânica, movimento das turbinas pela passagem da água. Em seguida, por conversores elétricos, essa energia mecânica é transformada em elétrica.
- Solar – fonte inesgotável que pode ser aproveitada na forma de calor (coletores térmicos) ou na forma de luz (painéis fotovoltaicos). Para o aproveitamento do calor, os raios do sol, direto ou refletido, atingem a superfície dos coletores térmicos, aquecendo a água no seu interior. Esta água aquecida pode ser destinada ao uso residencial (chuveiros, piscinas, torneiras, etc.) ou em processos industriais ou na geração de eletricidade, usina heliotérmica. Por outro lado, os painéis fotovoltaicos, a produção de eletricidade é diretamente a partir da radiação solar (luz) que chega à superfície dos painéis e interage com um material semiconductor (geralmente, o silício), gerando eletricidade.
- Eólica – obtida através da força do vento, deslocamento das massas de ar. O vento, em quantidade suficiente, chocasse com as hélices dos aerogeradores, ocasionando o movimento das turbinas, que por sua vez, converte energia mecânica em energia elétrica.
- Biomassa – Energia de material orgânico, seja ele de origem vegetal ou animal. Pode ser aproveitada de maneira direta (queima da madeira) ou indireta, material processado (carvão vegetal, álcool, gás natural).

7.4 Biomassa

A biomassa é energia resultante da conversão da energia solar em carboidratos, por meio da fotossíntese, a qual é estocada pelos seres autótrofos (NARODOSLAWSKY, 2010). Do ponto de vista energético, Souza (2015) define biomassa como toda matéria orgânica que pode ser empregada na geração de energia é biomassa. Assim, biomassa é toda fonte originária de matéria orgânica que pode ser utilizado para produção de energia elétrica, térmica ou motriz. Essa pode ser de origem florestal, agrícola, animal e rejeitos industriais e urbanos orgânicos (MBANZE et al., 2018; PAHLA et al., 2017).

Mesmo classificada como renovável, a biomassa, nem sempre é usada de forma limpa e sustentável. Como é o caso da biomassa tradicional que tem sua exploração sem o manejo

seguro que garanta a sua renovação e conservação ambiental; resultando em balanço energético negativo para as emissões de CO₂, ou seja, emite mais gás carbônico do que absorve e converte. A biomassa tradicional, sendo meramente extrativista e intensa, ocasiona uma sobreposição da demanda em relação a oferta, tornando-se insustentável. Por outro lado, as biomassas modernas são obtidas de forma legal, certificada e sustentável, com uso de técnicas de exploração e manejo seguro, garantindo o suprimento contínuo dos insumos. Ela também pode ser classificadas como primárias (produtos de reflorestamentos e resíduos agrícolas) e as secundárias, obtidas por processamentos (químicos, físicos e mecânicos) e estão disponível no estado gasoso (biogás), líquido (biodiesel, álcool) e sólido (pellets, briquetes) (GUARDABASSI, 2006; TAVARES; TAVARES, 2015).

No cenário brasileiro, a utilização de energias proveniente da biomassa, apresenta vantagens significativas, entre essas, a redução da emissão de gases com efeito estufa, o aumento da diversidade da matriz energética diminuindo a dependência de fontes convencionais – inclusive importações de energia convencional, a manutenção da produção de energia sustentável a longo prazo, aumento de oportunidades de emprego e desenvolvimento econômico local (OLIVEIRA, 2011). De acordo com Grauer (2001), a biomassa deverá ser uma das principais alternativas, no país, para a substituição dos combustíveis fósseis, com especial atenção à biomassa florestal. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2017), em 2017, o Brasil possuiu 523 usinas, a base de biomassa, em operação para produção energética, que totalizam 14.019.781 kW de potência registrada, representando 8,86% da matriz nacional.

7.5 Biocombustíveis sólidos

O fornecimento de energia térmica sempre foi um dos principais usos da madeira. A queima direta da lenha é uma forma bastante rústica de conversão de energia, utilizada, geralmente, em locais com maiores índices de pobreza, para cocção e aquecimento de ambientes. Por essa larga utilização da lenha nativa pelos países subdesenvolvidos, ainda hoje, se tem uma imagem que a biomassa é uma fonte de energia predominante de países pobres (TAVARES; TAVARES, 2015).

Contudo, o desenvolvimento de tecnologias mais adequadas para explorar o potencial das matérias-primas; o reconhecimento dos benefícios sociais e ambientais e a ascendente utilização de biocombustíveis sólidos sustentáveis pelos países industrializados tem modificado essa imagem. Na Figura 6.1, pode ser observado a significativa participação dos

biocombustíveis sólidos na produção de energia renováveis em todo o mundo, especialmente em países desenvolvidos como Estados Unidos e países europeus, que em sua maioria possui participação superior a 30%.

Pouco mais de 20% da produção de madeira em tora da União Europeia (EU-28), em 2014, foi utilizado como combustível; enquanto o restante foi destinado a uso industrial, tanto para serrarias, como para celulose e produção de papel. A UE-28 foi o maior produtor mundial de aglomerados de madeira, atingindo uma produção estimada de 13,1 milhões de toneladas em 2014, tendo sua produção aumentada 97% em relação a 2009. O grupo econômico também tornou-se um grande importador líquido desses insumos energéticos; nesse mesmo período, houve um aumento de 364% nas importações, chegando ao montante de 8 milhões de toneladas em 2014, seus principais fornecedores foram os Estados Unidos e o Canadá (HELMINGER; MARTINS; HENDERYCKX, 2016).

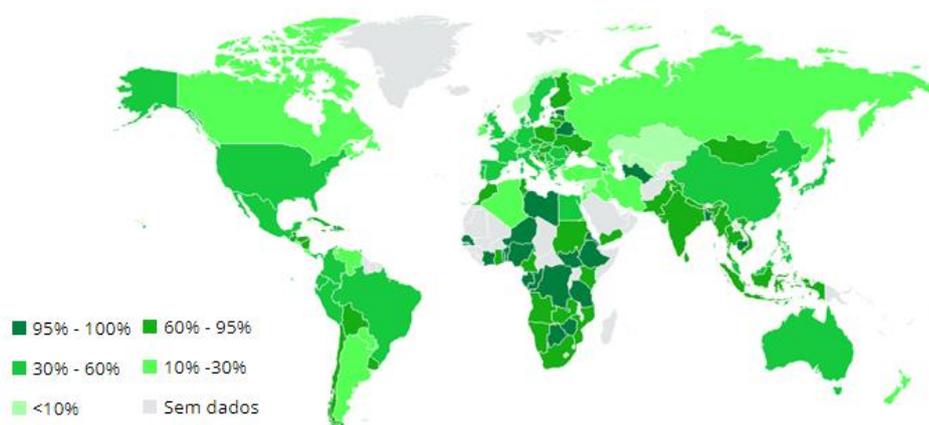


Figura 7.1. Participação dos biocombustíveis sólidos na produção total de renováveis em 2016.
Fonte: Adaptado do IEA (2019).

Os biocombustíveis sólidos densificados, pellets e briquetes, atualmente, são a forma mais econômica de conversão da energia da biomassa. Por serem menores do que os briquetes, os pellets, acumulam vantagens, uma vez que possibilitam um melhor aproveitamento, a partir de: sua queima uniforme, que favorece a manutenção da pressão desejada e rápida elevação da temperatura; sua alta eficiência energética; alto poder calorífico e facilidade de transporte e automação das câmaras dos alimentadores. Assim, os pellets tornam-se atrativos para o mercado internacional, o que justifica o baixo interesse em comercializar briquetes, ao passo que o comércio externo de pellets tem aumentado expressivamente (CARASCHI; GARCIA, 2012; PINEL, 2013).

Os pellets podem ser usados para produção de energia (termelétricas) ou para o aquecimento residencial e comercial (SUN; NIQUIDET, 2017). São feitos de biomassa moída, com ou sem aditivos, possuem forma cilíndrica, com comprimento típico entre 5 e 40 mm. A madeira é a principal matéria-prima dos pellets no Brasil e no mundo. Contudo, no Brasil alguns resíduos agroflorestais são utilizados como insumos para a produção de pellets, como serragem de pinus e eucalipto bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, capim-elefante e acácia negra, alguns ainda em fase de estudo (JAKOB; STECKEL, 2014).

Resíduo florestal é todo material resultado da extração madeireira descartado nas florestas, tocos altos, galhos grossos das copas, ponteiros de fuste, árvores finas descartadas, toras perdidas no campo, serragem gerada no abate de árvores e seccionamento das toras (FOELKEL, 2007; SOUZA, 2010). No Brasil, são 1,6 milhões de hectares plantados de pinus. Existem, aproximadamente, 27,5 milhões de m³ de madeira de pinus em tora que são utilizadas por indústrias madeireiras que não produzem celulose, nem papel e nem painéis reconstituídos, ou seja, produzem resíduos que poderia representar 1,6 milhões de toneladas de pellets de melhor qualidade produzidos somente a partir desses resíduos (ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2013; SERVIÇO NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS, 2015; QUÉNO, 2015).

7.5.1 Pellets de madeira

Os pellets de madeira são produzidos a partir de biomassa vegetal moída e compactada em alta pressão, possuindo alto poder calorífico e boa resistência mecânica. Segundo Nogueira e Lara (2002), o grande potencial energético da biomassa florestal é justificado pelo baixo teor de umidade e pela celulose e lignina contida na matéria prima. Na Europa e nos Estados Unidos, esse biocombustível existe desde o final da década de 1970, mas só foi introduzido no mercado de energia em meados da década de 1990 e, desde então, tem sido um importante combustível na produção de calor e energia. É um mercado de rápido crescimento, de 2000 a 2013 a produção mundial anual passou de 1,8 milhão para cerca de 24,5 milhões. Sendo usados como fonte de energia em equipamentos para aquecimento doméstico, comercial e industrial (CALDERON et al., 2014; ARRANZ et al., 2015). Os preços dos pellets de origem florestal, em geral, são mais estáveis do que os dos combustíveis fósseis, o que torna essa biomassa muito atrativa por países que possuem matriz energética mais diversificada e sustentável (QUÉNO, 2019).

Em 2010, na América do Norte e na Europa, havia cerca de 623 plantas industriais que produziam pellets. Quando comparado ao ano de 2002, houve um acréscimo de 890% de pelletizadoras instaladas. (REMADE, 2012). No Brasil, por sua vez em 2015, possui 16 plantas industriais. Todas concentradas nas regiões Sul e Sudeste. Essa concentração pode ser explicada devido a 73% dos resíduos das indústrias de madeira processada, bem como os maiores percentuais de áreas com reflorestamento de pinus do Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PELLETS - ABIPEL, 2015).

No Brasil, os pellets de madeira surgiram depois de 2001, sua utilização no mercado interno ainda é tímida, se concentra, principalmente em pizzarias, academias, hotéis, residências e em pequenas e médias indústrias. Esse baixo consumo pode estar relacionado com a consolidada matriz energética brasileira, mais renovável do que a mundial, devido à sua privilegiada bacia hidrográfica que permite a obtenção de energia por hidrelétricas. Logo, grande parte do que é produzido no Brasil é destinado a exportação (REMADE, 2012). Além disso, o país é o maior produtor de carvão vegetal no mundo (FAO, 2020) e também muita lenha disponível, biomassas economicamente com menores preços.

Dessa forma, os fatores mais importantes de qualidade, dos pellets, são o poder calorífico e o teor de cinzas. Porém, outros fatores, não relacionados diretamente a preços, como a confiabilidade e a segurança da fonte de suprimento, também são de suma importância. Pois, para uma empresa adotar a produção de pellets, uma vez que já se produz carvão vegetal, a partir de usinas de carvão é preciso uma modernização dos maquinários, conseqüentemente, é um gasto de capital inicial significativo, exigindo garantias de fornecimento estável. (SUN; NIQUIDET, 2017).

Nesse sentido, vários países exigem que os pellets comercializados obedeçam às normas vigentes, a fim de garantir ao consumidor um padrão de qualidade e de segurança no uso de pellets para o aquecimento residencial. Com o crescimento do comércio internacional de pellets de madeira, principalmente na Europa, surgiu a necessidade de uma norma europeia unificada que seja aceita por todos os participantes da cadeia de produção e do comércio de todos os países europeus (QUÉNO, 2019). As normas regularizam, principalmente, fatores diretamente ligados à qualidade da combustão dos pellets como, por exemplo: dimensões (mm); teor de umidade (%); teor de cinzas (%); resistência mecânica (% da massa); teor de finos (% da massa); poder calorífico inferior (PCI); densidade (kg/m^3); teores de enxofre (S), cloro (Cl) e nitrogênio (N) (% do produto seco); temperatura de deformação das cinzas ($^{\circ}\text{C}$) (ALAKANGAS, 2009).

Além da norma EN 14961, composta em seis partes, a EM 14961-2 específica para os pellets de madeira, que define um conjunto de exigências de qualidade, existe também o sistema de certificação *ENplus*. Dos pellets comercializados na Europa, 65% possuem o certificado *ENplus* (RAKOS, 2015). Para que os pellets possam ser vendidos com este selo, cada agente da cadeia de produção (produtores, comerciantes e varejistas) deve possuir certificado individualmente. A *ENplus* abrange critérios de qualidade físico-química dos pellets, sustentabilidade e segurança de abastecimento (EUROPEAN PELLETCOUNCIL, 2013).

7.6 Produção e consumo mundial de energias renováveis

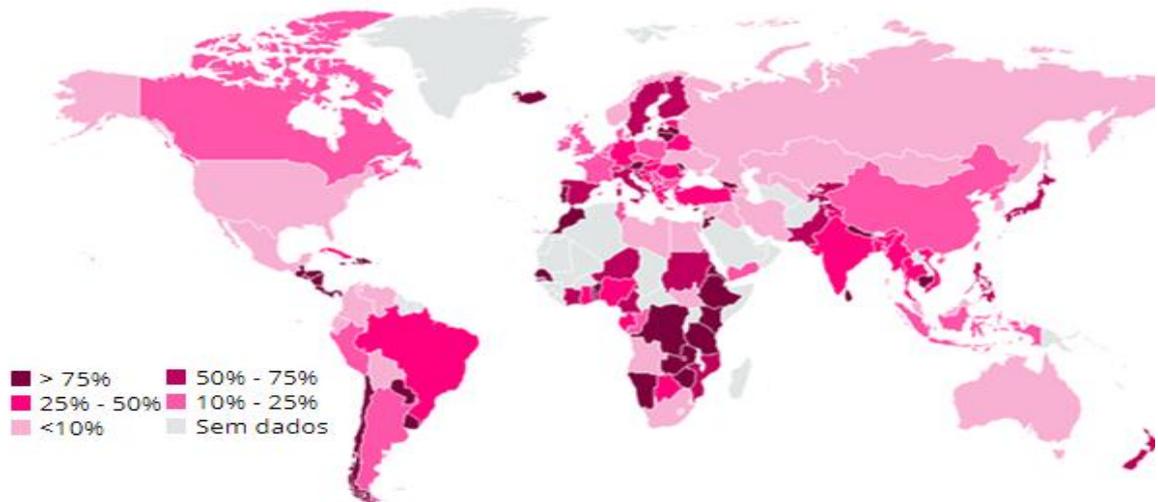
A produção de energia por fonte renovável cresce em todo o mundo. A Figura 6.2 apresenta o comparativo da participação das renováveis na produção total de energia no cenário mundial entre os anos de 1900 e 2016. É notório o desenvolvimento do uso de fontes limpas de energia em todo o mundo principalmente nos países do hemisfério norte, chamados países de primeiro mundo.

Na Alemanha, em 1900, a porcentagem da produção de renováveis em relação a energia total era 3%, enquanto na Lituânia era de 6%. Por sua vez, em 2016, a Alemanha passou para 34% e a Lituânia para 81%. No Japão também teve significativo aumento, passou de 20% para 60%, no mesmo período. Os Estados Unidos tiveram um pequeno aumento relativo de 6% em 1900 para 8%, em 2016, porém sua produção real passou de 96,2 para 156,3 Mtep (mil tonelada equivalente de petróleo). O Brasil, em termos relativos diminuiu, passou de 62% para 43%, contudo a sua produção real quase dobrou, crescendo de 65 para 122 Mtep (IEA, 2019). Este crescimento pode ser observado na Figura 6.3.

Em 2016, as fontes renováveis foram a segunda maior contribuinte para a geração de energia elétrica mundial, ficando atrás somente do carvão. Nas últimas décadas a produção de eletricidade por fontes renováveis teve crescimento superior a produção de energia elétrica. Desde a década de 90 a geração de eletricidade total cresceu 2,9% enquanto a eletricidade renovável cresceu 3,7%. Passando de 19,4% da produção global em 1990 para 23,8% em 2016 (IEA, 2019).

Com a evolução da tecnologia houve uma maior diversificação das fontes de energia renováveis. A Figura 6.4 apresenta a produção mundial de energias renováveis, por fonte, entre os anos 2000 e 2018. Em 2000, a soma da energia produzida por hidrelétrica e madeira (e seus derivados) somava 83% de toda energia renovável produzida no mundo, já em 2018, a soma das duas fontes foi igual a 44% do total das renováveis.

a)



b)

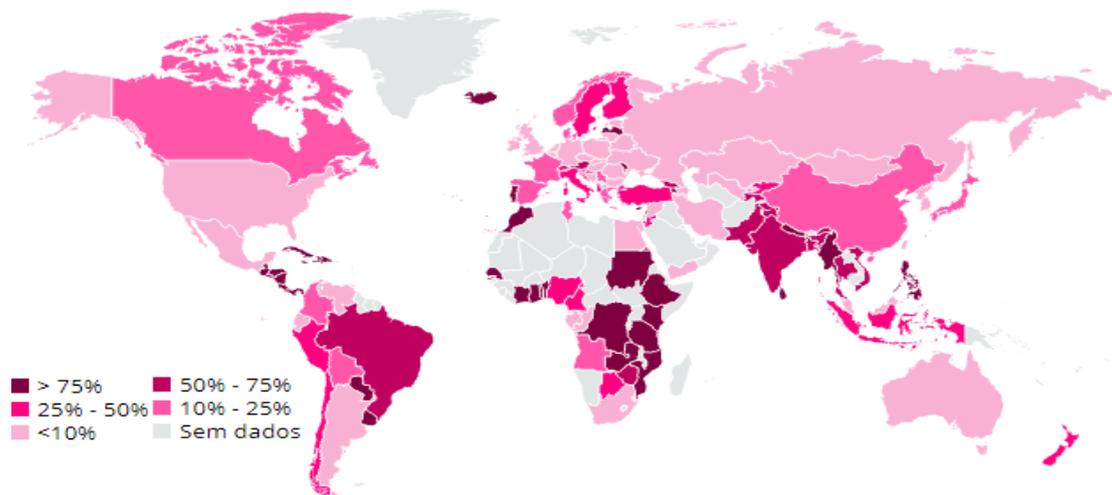


Figura 7.2. (a) Participação das renováveis na produção total de energia no mundo (%) em 2016; (b) Participação das renováveis na produção total de energia no mundo (%) em 1900.

Fonte: Adaptado do IEA (2019).

A Figura 6.5 é apresentada a evolução da produção do total de energias renováveis, dos biocombustíveis (etanol e biodiesel), resíduo (resíduos sólidos urbanos de fontes biogênicas), hidroelétrica, eólica, solar, total biomassa e madeira e derivados. A eólica foi a que mais cresceu efetivamente neste período, aumentou mais de quarenta vezes a sua produção de 2000 a 2018. Por outro lado, a hidrelétrica diminuiu a produção real em mais de 4%. A produção real de biomassa cresceu mais de 70% no período. Madeiras e derivados mesmo tendo uma queda relativa, quando comparado a participação entre todas as renováveis, a sua produção real cresceu pouco mais de 4% de 2000 a 2018. Madeira e derivados, até 2015, era dominado por

lenha e carvão vegetal. Contudo, a partir de 2016 a produção é acrescido de biomassa densificada, principalmente os pellets (IEA, 2019).

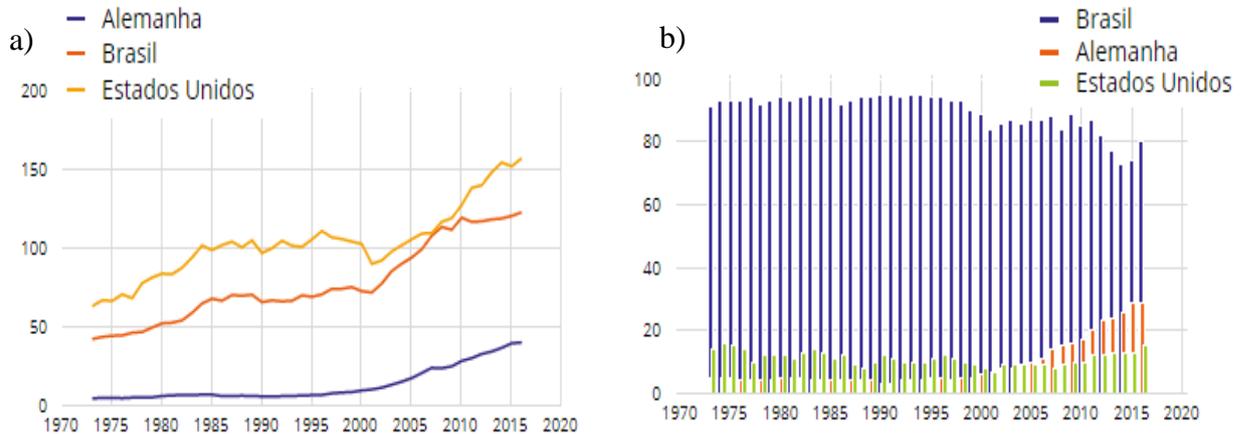


Figura 7.3. (a) Produção de energias renováveis (Mtep) na Alemanha, Brasil e Estados Unidos; (b) participação das renováveis na produção total de energia (%) na Alemanha, Brasil e Estados Unidos.

Fonte: Adaptado do IEA (2019).

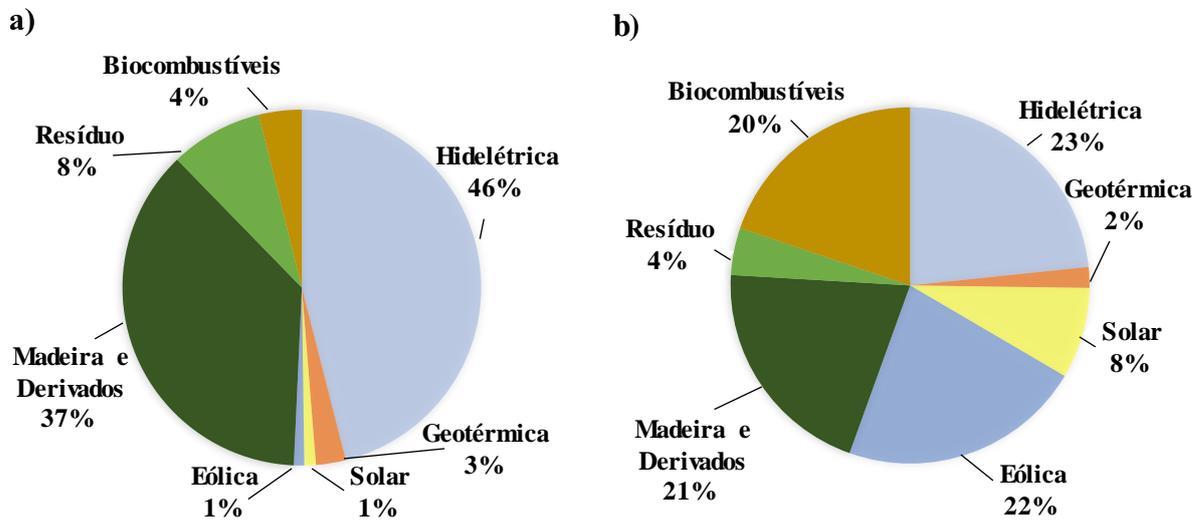


Figura 7.4. (a) Produção mundial de energias renováveis por fonte para o ano de 2000; (b) Produção mundial de energias renováveis por fonte para o ano de 2018.

Fonte: IEA (2019).

No Brasil, por sua vez, a oferta interna de energia (total de energia disponibilizada) atingiu 292,1 Mtep, registrando um acréscimo de 1,3% em relação ao ano anterior. Parte deste aumento foi influenciada pelo comportamento das ofertas internas de gás natural e energia eólica, que subiram 6,7% e 26,5% no período, respectivamente. A energia elétrica também

aumentou a oferta interna de 4,6 TWh (0,7%) em relação a 2016. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA-EPE, 2018).

Em 2017 a participação de renováveis na matriz elétrica brasileira atingiu 80,4%. Neste período houve redução de 3,4% da energia hidráulica, contudo, ocorreu expressivo avanço da geração eólica, crescendo de 26,5%, atingiu 42,4 TWh, em potência atingiu 12.283 MW, expansão de 21,3%. A micro e minigeração distribuída, atingiu 359,1 GWh com uma potência instalada de 246,1 MW. Destaque para a fonte solar fotovoltaica, com 165,9 GWh e 174,5 MW de geração e potência instalada respectivamente (EPE, 2018).

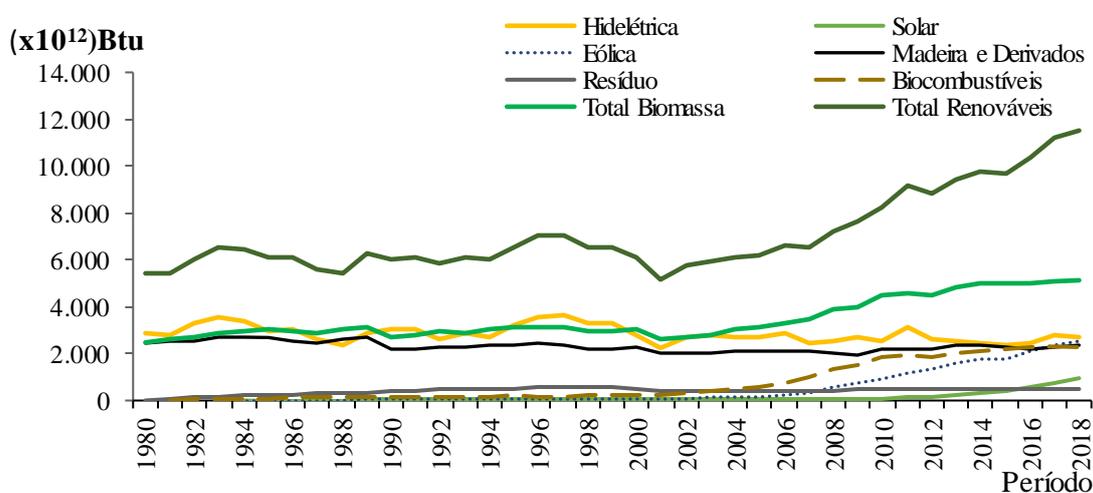


Figura 7.5. Produção mundial de energias renováveis (Btu), por fontes, de 1980 a 2018.
Fonte: IEA (2019).

Na Figura 6.6, é mostrado o consumo das energias renováveis pelos países membros da EU-28. De 2005 a 2014, houve crescimento expressivo no consumo de energia eólica, biogás e biocombustíveis líquidos. O consumo biocombustíveis sólido passou por uma queda relativa no cenário das renováveis, contudo, ainda continua sendo a maior fonte de energia renovável consumida na Europa (EUROSTAT, 2019).

Com estímulos de agentes governamentais somados as condições climáticas de alguns países e a necessidade de aquecimento para conforto térmico, a Europa é o principal continente consumidor de pellets. (ARRANZ et al., 2015; SERRANO, 2009; TAVARES; TAVARES, 2015; TRØMBORG et al., 2013). A Europa importou, em 2018, 17,3 milhões de toneladas de pellets de madeira, o que representa 78,23% do que foi importado no mundo. A Ásia também ganha destaque no mercado importador de pellets, pelo seu crescimento excepcional na última década, o continente, passou de 204, 71 mil toneladas de pellets importado, em 2012, para 4,56 milhões de toneladas em 2018 (FAO, 2020).

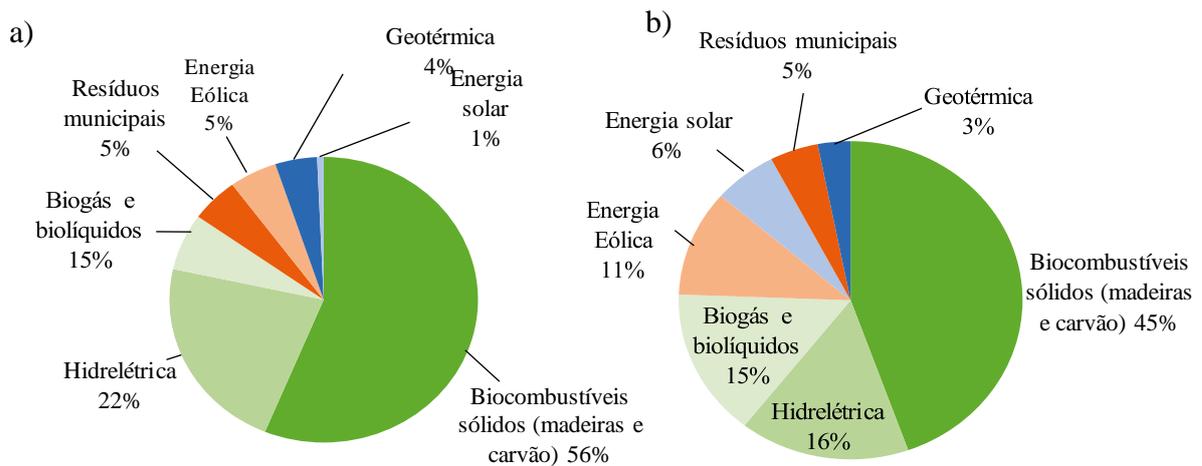


Figura 7.6. (a) Consumo de energias renováveis, UE-28, em 2005; (b) Consumo de energias renováveis, UE-28, em 2014.

Fonte: Eurostat (2019).

Globalmente, em 2050, a biomassa pode fornecer 3.000 TWh de eletricidade, ou cerca de 7,5% da geração mundial, e pode criar 1,3 bilhão de toneladas de redução de emissões de CO₂ equivalente por ano. Além disso, a biomassa poderia fornecer 22 EJ de consumo final de calor na indústria e 24 EJ no setor de construção no referido ano. Satisfazer a demanda exigirá cerca de 5 a 7 bilhões de toneladas secas de biomassa até 2050 para a produção de eletricidade e calor (KOVALYSHYN et al., 2019).

7.7 Estrutura de mercado

O crescimento acentuado do comércio internacional de pellets de madeira, impulsiona estudos do mercado de pellets para melhor compreender a dinâmica de comercialização desse produto. Uma vez que, a estrutura do mercado pode afetar a sua própria eficiência, alterar incentivos à inovação, decisões de preço, investimento e níveis de produção (AGHION et al, 2014). O conhecimento da estrutura de mercado de um segmento industrial, ou mesmo, de uma região geográfica é indispensável para a organização de estratégias e investimentos no setor, tendo em vista que estes serão refletidos em seus desempenhos (ALMEIDA, 2013).

Pode-se definir a estrutura de mercado com o número de concorrentes e a heterogeneidade dos produtos. Para Varum et al. (2016), a estrutura de um mercado está associada a dessimetria entre concorrentes e o equilíbrio de seu *market share* (participação de mercado). Com base nessas duas dimensões, pode identificar a existência de concorrência

perfeita, concorrência monopolista, oligopólio ou monopólio (BESANKO; BRAEUTIGAM, 2004).

Sendo a concorrência perfeita, modelo ideal de igualdade entre as firmas; mesmo que existam casos com boa aproximação na realidade, essa construção de mercado é puramente teórica. A concorrência monopolista, possui características intermediárias de mercado, pois contém elementos da concorrência perfeita e do monopólio. No oligopólio, um pequeno número de empresas domina a oferta de determinado produto ou serviço. No monopólio, por sua vez, existe apenas um ofertante, sem substituto próximo. Quando há monopólio, o preço do produto é determinado pelo ofertante único (NOGAMI; POSSAS, 2016).

Num determinado setor pode haver vantagens competitivas estáticas ou dinâmicas em relação as concorrentes. A vantagem estática relaciona-se com alta disponibilidade matéria-prima de baixo custo e condições climáticas propícias a atividade, enquanto a vantagem dinâmica está associada ao domínio tecnológico dos processos industriais. Estas vantagens podem culminar na existência de concentração industrial (LEITE, 1998). Em estudos de organizações industriais, torna-se mais comum estudar a concentração para melhor determinar a estrutura de mercado (RESENDE, 1994).

7.8 Concentração industrial

Pode-se compreender a concentração como o acúmulo de atributos econômicos (tais como renda, produção, etc.) por correspondentes unidades de controle (indivíduos, firmas entre outros). A concentração industrial é um conceito extremamente útil para o estudo da estrutura industrial, por ser um dos itens mais importantes em estruturas de mercados (BRAGA; MASCOLO, 1982; SOARES et al., 2006). Assim, a concentração industrial torna-se um dos principais determinantes estruturais da competição, uma vez que há uma relação inversa entre concentração e concorrência. À medida que se eleva a concentração, ocorre uma redução no grau de concorrência entre os participantes, o que amplia o poder de mercado (POSSAS, 1999).

As teorias neoclássicas sugerem que uma indústria concentrada, ou seja, com um número pequeno de grandes empresas, são prejudiciais à competição, pelo fato de estas agirem de forma interdependente uma da outra, tanto quanto a preço como produção. O mesmo autor aborda o fato de que essa concentração de mercado pode ser analisada de uma forma estática, em um determinado ponto no tempo, ou na forma dinâmica, observando o crescimento ou decréscimo no tempo (KON, 1999). Em um setor industrial onde se verifica uma elevada concentração, verifica-se também uma maior desigualdade relativa ao tamanho dos integrantes

(empresas ou regiões comerciais). No entanto, uma maior desigualdade não implica necessariamente em uma maior concentração (RESENDE; BOFF, 2002). O aumento do número de participantes num determinado setor pode aumentar a desigualdade. Porém, se os novos integrantes possuem baixa participação no total produzido ou vendido, o poder de mercado das demais empresas não será afetado (KON, 1999).

A verificação da existência de poder de mercado no segmento energético pode ser feita por meio da avaliação do grau de concentração (LUFT; ZILLI, 2014). Para tanto, existem as medidas de concentração, parciais ou sumárias. Os índices parciais consideram apenas a parte dos países que atua em certa indústria. Já os índices sumários utilizam dados de todos os países que atuam no mercado (COELHO JUNIOR, 2017). As razões de concentração são consideradas os exemplos mais importantes de índices parciais. Já os índices de *Hirschman-Herfindal* e *Entropia de Theil* são os que melhor representam os índices sumários. Além desses índices de concentração, existe ainda o *índice de Gini* que é utilizado para medir a desigualdade. Originalmente era destinado a classificar a desigualdade de renda, todavia pode ser usado para medir a desigualdade entre as participações, e o poder econômico, entre firmas ou mesmo países.

Segundo Leite (1998), a concorrência de uma estrutura de mercado se modificada com alterações nos níveis de concentração dos participantes. A análise da concentração industrial com base em índices como a razão de concentração, índice de Herfindahl-Hirschman e Entropia de Theil apresentam relevância tanto para estudos acadêmicos, quanto para o estabelecimento de políticas de incentivo (VARUM et al., 2016). Por sua vez, Kon (1999) descreve várias medidas para verificar o grau de concentração em indústrias, entre elas: a razão de concentração, o índice de Herfindahl-Hirschman e o coeficiente de desigualdade de Gini, afirmando que são necessárias na avaliação do estágio da competição, permitindo examinar a dinâmica do mercado.

8 ARTIGO 1 – ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE PELLETS (2012-2018)

RESUMO

Os biocombustíveis sólidos densificados, em especial os pellets, são formas de conversão de energia da biomassa de alta eficiência energética, os quais tem apresentado crescimento acelerado na produção mundial. Diante esta perspectiva o mercado de pellets fomenta estudos para melhor compreender sua estrutura de mercado; assim, este trabalho analisou a concentração e desigualdade da produção mundial de pellets, entre 2012 e 2018. Para verificar a concentração utilizou-se os dados de produção de pellets da Food and Agriculture Organization Of The United Nations – FAO e empregou os indicadores: Razão de Concentração[$CR(k)$], Índice de Hirschman-Herfindal (HHI), Índice de Entropia de Theil (E), Coeficiente de desigualdade de Gini (G) e o Índice de Hall-Tideman (HTI). Os principais resultados apontaram que houve aumento na produção mundial de pellets, resultado do avanço tecnológico e da busca por soluções energéticas ambientalmente viáveis. A produção cresceu de $18,05 \times 10^6$ t (2012) para $37,31 \times 10^6$ t (2018). Dentre os indicadores, o $CR(k)$ apontou decréscimo na concentração, sendo o nível de países o de menor grau de concentração (concentração moderadamente baixa). Do HHI, da E e do HTI observou-se decréscimo na concentração para todos os níveis, a concorrência entre os países mostrou-se a mais competitiva. O G avaliou a produção como desigualdade forte a muito forte, todavia o índice acompanhou a queda na desigualdade, assim como os demais indicadores. Este estudo possibilitou o entendimento da distribuição e organização no mercado da produção mundial de pellets de madeira. Todos os métodos utilizados apontaram para o processo de desconcentração na produção mundial de pellets. As vantagens comparativas quanto a incentivos governamentais, bem como o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologia de produção, por parte dos países desenvolvidos (alto IDH) pode ter sido a causa para a maior concentração nos anos iniciais de estudo.

Palavras-chave: Bioenergia; biomassa densificada; economia florestal; estrutura de mercado.

ANALYSIS OF THE WORLD CONCENTRATION OF PELLET PRODUCTION (2012-2018)

ABSTRACT

Densified solid biofuels, especially pellets, are forms of energy conversion from highly energy efficient biomass, which has shown accelerated growth in world production. Given this perspective, the pellet market encourages studies to better understand its market structure; thus, this work analyzed the concentration and inequality of world pellet production, between 2012 and 2018. To verify the concentration, we used the pellet production data from the Food and Agriculture Organization Of The United Nations - FAO and used the indicators: Reason Concentration [CR (k)], Hirschman-Herfindal Index (HHI), Theil Entropy Index (E), Gini inequality coefficient (G) and the Hall-Tideman Index (HTI). The main results showed that there was an increase in the world production of pellets, as a result of technological advances and the search for environmentally viable energy solutions. Production grew from 18.05 x106t (2012) to 37.31 x106t (2018). Among the indicators, the CR (k) pointed to a decrease in concentration, with the level of countries having the lowest degree of concentration (moderately low concentration). From HHI, E and HTI there was a decrease in concentration for all levels, competition between countries proved to be the most competitive. The G evaluated production as strong to very strong inequality, however the index followed the fall in inequality, as well as the other indicators. This study made it possible to understand the distribution and organization in the world market for the production of wood pellets. All the methods used pointed to the process of deconcentration in the world production of pellets. The comparative advantages regarding government incentives, as well as the development and improvement of production technology, on the part of developed countries (high HDI) may have been the cause for the greatest concentration in the initial years of study.

Keywords: Bioenergy; densified biomass; forest economy; market structure.

8.1 INTRODUÇÃO

Dentre os usos da biomassa, uma das formas mais eficácia de conversão da energia são os biocombustíveis sólidos densificados (pellets e briquetes). Os pellets são constituídos de biomassa moída, com ou sem aditivos, e possui forma cilíndrica, com comprimento típico entre 5 e 40 mm. A principal matéria prima vem dos recursos florestais, contudo também podem derivar de resíduos agroindustriais, como bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, capim-elefante, etc (JAKOB; STECKEL, 2014).

Os pellets, gradativamente, vêm se inserindo no mercado mundial de energia, uma vez que se destacam em virtude da alta eficiência energética, do alto poder calorífico, da facilidade de transporte e da possível automação dos alimentadores. Na Europa, nas últimas duas décadas, investiu em políticas públicas que estimularam a implantação de tecnologias de energia renovável, incrementando a demanda de combustíveis de origem florestal. Em particular, os pellets se tornou uma forte alternativa na produção de calor e eletricidade, sendo utilizados nas termelétricas, para o aquecimento residencial e comercial (KRISTÖFEL et al., 2016; SUN; NIQUIDET, 2017).

Em 2000, a produção mundial de pellets de madeira anual foi de 1,8 milhões de toneladas e em 2013 chegou a 24,5 milhões de toneladas, evidenciando o rápido desenvolvimento do mercado, com uma taxa geométrica de crescimento de 22,40% a.a. (KOVACEVIC; CALDERON, 2014). A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimento (FAO) (2020), a partir de 2012 passou a registrar na sua base de dados a produção de pellets, registrando 37,3 milhões de toneladas de pellets foram produzidas mundialmente, em 2018; mais da metade desse valor se concentrou na Europa, contudo os Estados Unidos é o maior produtor, com 20,00% do total produzido.

Países com grandes extensões territoriais tendem a apresentar vantagens comparativas em recursos naturais, como também, maior participação no mercado de produtos primários. Todavia, há regiões, países, que mesmo tendo grandes extensões territoriais enfrentam dificuldades diversas para gerir seus recursos de forma eficiente, seja ela de natureza institucional, jurídica ou econômica (COELHO JUNIOR; REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Para mensurar e analisar essa estrutura de mercado são utilizadas medidas de concentração. A verificação da existência de poder de mercado no segmento energético pode ser feita por meio da avaliação do grau de concentração (LUFT; ZILLI, 2014). A estrutura do mercado pode afetar tanto a sua própria eficiência quanto alterar incentivos à inovação (AGHION et al., 2005).

O estudo de concentração industrial tem como base a necessidade de compreender as estruturas de mercado. Uma alta concentração implica numa menor concorrência, por consequência, eleva o poder de mercado industrial (POSSAS, 1999). Dentre os estudos de concentração industrial, destacaram-se o setor bancário, no qual Smaniotto e Alves (2016) estudaram a concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro. No setor hospitalar, Raymond et al. (2019) usaram o Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) para calcular a concorrência no mercado hospitalar. Por sua vez, a concentração de mercado florestal encontra-se, entre outros, Noce et al. (2007), para o mercado internacional de compensado. Contudo, não há estudos de concentração de mercado da produção de pellets no cenário mundial.

Somado a isto, o acelerado crescimento do mercado de pellets no cenário mundial fomenta estudos para melhor compreender sua estrutura de mercado. Para compreender a distribuição da produção de pellets e sua dinâmica de mercado, este trabalho analisou a concentração da produção mundial de pellets, entre 2012 e 2018.

8.2 MATERIAL E MÉTODOS

8.2.1 Dados Utilizados

Os dados utilizados para mensurar a concentração mundial da produção de pellets foram obtidos da Food and Agriculture Organization Of The United Nations – FAO, referente aos anos de 2012 a 2018, período onde se encontram os dados disponíveis. O software utilizado para processamento dos dados e execução da metodologia foi o Microsoft Excel. Para análise de conjuntura utilizou a produção de pellets dos continentes, a evolução dos dez países maiores produtores de pellets, do Brasil e do mundo, com base em 2018. Bem como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos dez maiores produtores de pellets e dos dez países maiores produtores de carvão vegetal, com base no ano de 2018. Para estimar os ganhos e perdas da produção mundial de pellets calculou a Taxa de Crescimento Geométrica (TGC), Equação 1, expressa em percentual anual (% a.a.). (CUENCA; DOMPIERI, 2016; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD, 2019).

$$TGC = \left[\left(n \sqrt{\frac{V_n}{V_0}} \right) - 1 \right] * 100 \quad (1)$$

Em que: V_n = valor referente a produção de pellets no ano final em toneladas (t); V_0 = valor referente a produção de pellets (t) no ano inicial; n = variação temporal (expressa em anos).

8.2.2 Medidas de concentração e desigualdade

Os indicadores de concentração utilizados neste estudo, foram: Razão de Concentração, Índice de Hirschman-Herfindal, Índice de Entropia de Theil, Coeficiente de Gini e Índice de Hall-Tideman, descritos a seguir.

A Razão de Concentração [$CR(k)$], equação 2, considera a participação das k maiores regiões (países e subcontinentes) produtoras de pellets no cenário internacional, em ordem decrescente.

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (2)$$

Em que: $CR(k)$ = Razão de Concentração de k maiores produtores (países e subcontinentes) de pellets; S_i = *market share*, produção do participante em relação ao total produzido, em porcentagem, do produtor i (países e subcontinentes) na produção mundial de pellets.

Foram calculadas a razão de concentração dos quatro [$CR(4)$] e oito [$CR(8)$] maiores (países e subcontinentes) produtores e classificadas conforme a Tabela 7.1. Também foi mensurado a razão de concentração dos vinte [$CR(20)$] maiores países e os dois [$CR(2)$] maiores subcontinentes.

Tabela 8.1. Classificação do grau de concentração dos quatro e oito maiores países produtores.

Grau de Concentração	CR(4)	CR(8)
Muito Alto	75% ou mais	90% ou mais
Alto	65% - 75%	85% - 90%
Moderadamente Alto	50% - 65%	70% - 85%
Moderadamente Baixo	35% - 50%	45% - 70%
Baixo	35% ou menos	45% ou menos

Fonte: Bain (1959).

O Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) mede a concentração industrial utilizando o somatório da participação ao quadrado da produção de todos produtores (países, subcontinentes e continentes) de pellets, por meio da equação 3.

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (2)$$

Em que: n = número de regiões (país, subcontinente, continente) produtoras de pellets no mundo; S_i = *market share*, em porcentagem, da região (país, subcontinente, continente) i para o valor da produção de pellets.

O *HHI* evidencia os pesos relativos dos produtores, pois quando se elevar ao quadrado atribui-se maior peso aos que têm maior participação. O índice varia de $1/n$ (situação em que todos os países têm o mesmo tamanho, em produção) a 1 (quando há uma concentração máxima, monopólio). Quando ocorre variação no número de produtores ao longo do tempo o limite inferior ($1/n$) do *HHI* também varia, dificultando a comparação. Para solucionar essa limitação Resende (1994) propõe o Índice Herfindahl-Hirschman ajustado (*HHI'*), equação 4, em que os limites do *HHI'* são fixos entre 0 e 1 e classificado de acordo com a Tabela 7.2.

$$HHI' = \frac{1}{n-1} (nHHI - 1); \quad n > 1 \quad (3)$$

Tabela 8.2. Classificação do Índice Herfindahl-Hirschman ajustado.

Classificação	Intervalo
Mercado competitivo	$HHI' < 0,10$
Mercado não concentrado	$0,10 \leq HHI' < 0,15$
Concentração moderada	$0,15 \leq HHI' \leq 0,25$
Concentração alta	$HHI' > 0,25$

Fonte: Resende (1994)

O Coeficiente de Gini (G) foi inicialmente desenvolvido para medir a desigualdade de renda populacional (GINI, 1912). Contudo, pode ser usado para medir o grau de desigualdade existente na produção de pellets no mundo, uma vez que quanto maior a concentração mais elevada é a desigualdade. O coeficiente é calculado conforme a equação 5.

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i)}{n} \quad (4)$$

Em que: n = número de participantes (país, subcontinente, continente) produtoras de pellets; S_{ij} = participação cumulativa (país, subcontinente, continente) da produção de pellets em ordem crescente; S_i = *market share* (em porcentagem) de regiões i (país, subcontinente, continente) na produção mundial. O índice varia entre 0 e 1 e adotou a classificação da Tabela 7.3.

O Índice de Entropia de Theil (E), equação 6, pode ser aplicado à economia industrial para medir a concentração de qualquer setor, neste caso da produção mundial de pellets.

$$E = - \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (5)$$

Em que: n = número de participantes em termos de país, subcontinente, continente; S_i = *market share* do participante i (país, subcontinente, continente) para o valor da produção mundial de pellets; \ln = logaritmo neperiano. Resende e Boff (2002) indicaram o uso do Índice de Entropia de Theil nas análises de concentração industrial. O índice de Entropia mede o inverso da concentração. Quanto menor o valor do índice mais concentrada é a produção mundial de pellets.

Tabela 8.3. Classificação do grau de desigualdade para o Coeficiente de Gini.

Classificação	Intervalo
Desigualdade nula a fraca	0,101 – 0,250
Desigualdade fraca a média	0,251 – 0,500
Desigualdade média a forte	0,501 – 0,700
Desigualdade forte a muito forte	0,701 – 0,900
Desigualdade muito forte a absoluta.	0,900 – 1,000

Fonte: Coelho Junior et al. (2010).

Resende (1994) indicou o índice de entropia ajustado (E'), equação 7, para análises intertemporais e E' varia entre 0, monopólio (concentração máxima), e 1, concorrência perfeita (concentração mínima).

$$E' = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (6)$$

O Índice de Hall-Tideman (HTI) é um indicador de desigualdade que considera todos produtores de pellets envolvidos na atividade, incorporando o número do ranking à participação de cada um (equação 8) (BIKKER; HAAF, 2001).

$$HTI = \frac{1}{2 \sum_{i=1}^n (i \cdot S_i) - 1} \quad (7)$$

Em que: n = número de participantes; i = a posição no ranking do participante; S_i = *market share*, em porcentagem, do participante em relação a produção mundial de pellets. O HTI varia entre $1/n$, condição de perfeita igualdade, e 1, condição de monopólio ou desigualdade absoluta.

8.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 7.1 apresenta a evolução da produção mundial de pellets, em milhões de toneladas ($\times 10^6$ t), para os continentes, de 2012 a 2018. Em todo o período observou-se participação de todos os continentes para produção de pellets. Para 2012, o principal produtor

foi a Europa ($12,5 \times 10^6$ t), seguido da América ($5,1 \times 10^6$ t), Ásia ($0,3 \times 10^6$ t), Oceania ($0,03 \times 10^6$ t) e África ($0,09 \times 10^6$ t). Em 2018, a produção mundial alcançou $37,3 \times 10^6$ t, divididos entre a Europa ($20,6 \times 10^6$ t), América ($11,2 \times 10^6$ t), Ásia ($5,3 \times 10^6$ t), Oceania ($0,2 \times 10^6$ t) e África ($0,07 \times 10^6$ t).

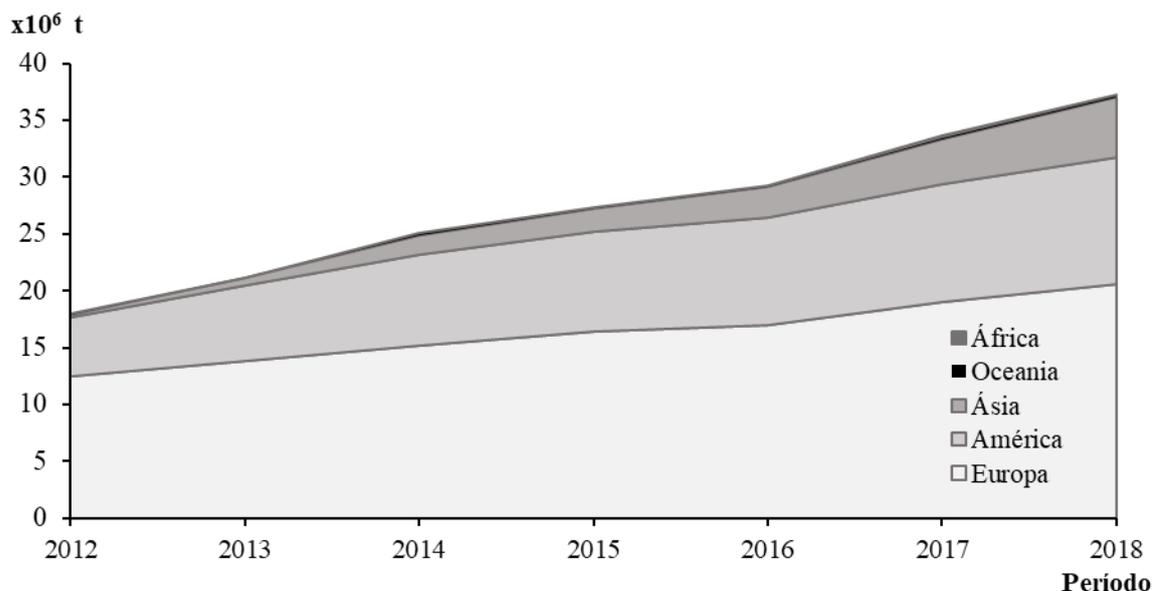


Figura 8.1. Evolução da produção mundial de pellets, em milhões de toneladas ($\times 10^6$ t), para os continentes, de 2012 a 2018.

Fonte: FAO (2020).

O crescimento médio da produção de pellets mundial foi de 12,86% a.a. (2012 a 2018). A Europa, mesmo com aumento significativo da produção bruta, observou decréscimo na participação relativa entre os continentes, com 69,40% do produzido, em 2012, e 55,10%, em 2018. Este fenômeno ocorreu pela expansão da participação asiática, que saltou de 1,70% (2012) para 14,20% (2018). A África e Oceania somadas não passaram de 1,00% da produção anual de pellets no mundo.

A Tabela 7.4 apresenta a evolução da produção ($\times 10^3$ toneladas) dos dez países maiores produtores mundiais de pellets e do Brasil, para o período de 2012 a 2018 e os respectivos Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), com base em 2018. Em 2018, os dez principais produtores, a nível mundial, de pellets foram os Estados Unidos seguido do Canadá, Vietnã, Suécia, Rússia, Letônia, França, Áustria e Estônia. No período estudado, a maioria desses países apenas alternaram posições entre si.

Tabela 8.4. Evolução da produção (x10³ toneladas) dos dez maiores países produtores mundiais pellets e do Brasil para o período de 2012 a 2018 e os respectivos Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), com base em 2018.

Países	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TGC(%)	IDH
1° Estados Unidos	3.474	4.704	5.947	6.517	6.393	6.900	7.468	13,61	0,92
2° Canadá	1.500	1.800	1.900	2.100	2.889	2.906	3.048	12,55	0,922
3° Vietnã	50	170	800	1.000	1.350	1.647	2.500	91,94	0,693
4° Alemanha	2.246	2.208	2.078	1.998	1.932	2.250	2.415	1,22	0,939
5° Suécia	1.196	1.512	1.577	1.660	1.738	1.741	1.835	7,4	0,937
6° Rússia	791	684	913	974	1.290	1.680	1.800	14,69	0,824
7° Letônia	979	1.093	1.280	1.600	1.513	1.517	1.577	8,27	0,854
8° França	682	890	1.050	950	1.150	1.350	1.450	13,4	0,891
9° Áustria	893	962	948	1.000	1.071	1.225	1.345	7,06	0,914
10° Estônia	500	610	769	1.077	1.212	1.250	1.290	17,12	0,882
20° Brasil	57	62	49	75	135	471	506	43,9	0,761
Resto do Mundo	5.686	6.504	7.783	8.450	8.622	10.686	12.078	13,38	
Mundo	18.054	21.199	25.094	27.401	29.295	33.623	37.313	12,86	
Q ^{de} de Países	56	56	57	56	59	60	59	0,87	

Legenda: TGC = Taxa Geométrica de Crescimento; IDH = Índice de Desenvolvimento Humano; Q^{de}= Quantidade.

Fonte: FAO (2020); PNUD (2019).

O Top 10 dos países apresentou crescimento médio de 18,73% a.a. para a produção de pellets, assim, notou-se que o crescimento superior ao mundial (12,86% a.a.). Dentre os países, os Estados Unidos apresentou hegemonia da produção com TGC de 13,61% a.a. e o Vietnã observou o maior crescimento, com TGC de 91,94% a.a., saltando da 35^a (2012) para 3^a colocação (2018) no ranking de produção mundial de pellets. Por sua vez, a Alemanha manteve-se estagnada, com decréscimo entre 2012 e 2016, e aumento a partir de 2017.

Apesar do Brasil ainda apresentar baixa produção de pellets de madeira, esteve na na 20^a posição no cenário mundial, em 2018; o país apresentou um crescimento elevado, com a TGC de 43,90% a.a., muito superior a média mundial e dos Top 10 países. Este comportamento destaca uma possível evolução do setor nacionalmente, evidenciando que a produção pode ser ampliada com o desenvolvimento tecnológico, incentivos governamentais e melhor destinação dos recursos madeireiros no país.

Em 2018, os participantes do Top 10 produtores de pellets detiveram 66,27% da produção mundial, sendo 31,38% de países europeus, 28,19% da América do Norte e 6,70% da Ásia. Nove desses países possuem IDH 2018 muito alto (maior que 0,8) e o Vietnã possui IDH médio (0,693), sugerindo que produção de pellets de madeira é uma tecnologia, predominante, de países desenvolvidos. Porém é um equívoco afirmar que a produção de biomassa sólida

florestal é prevaiente de países industrializados. Pois, observando o IDH dos Top 10 produtores de carvão vegetal, verifica-se o domínio de países pobres ou em desenvolvimento.

De acordo com a FAO (2020), em 2018, os dez maiores produtores de carvão vegetal do mundo foram: Brasil, Nigéria, Etiópia, Índia, Congo, Gana, Tanzânia, China, Madagascar e Tailândia. Destes países, sete possuíam IDH médio ou baixo, dois (Brasil e Tailândia) IDH alto e apenas um (China) muito alto. Em 2018, o somatório da produção de carvão vegetal dos Top 10 países correspondem a 56,00% do que foi produzido no mundo.

Ainda segundo a FAO (2020), o carvão vegetal continua como um dos produtos mais relevantes do mercado de energia da biomassa no mundo. A produção mundial cresceu 49,17 x10⁶ t (2012) para 53,23 x10⁶ t (2018), com taxa de crescimento de 1,33% a.a., aumento pequeno comparado a produção dos pellets. O Brasil foi o principal produtor de carvão vegetal de 2012 a 2018, com TGC de 0,33% a.a., o país respondeu por 12,02% da produção mundial, em 2018. Esses números mostram que a produção de pellets de madeira apresenta maior crescimento em comparação com o carvão vegetal. Enquanto a produção de pellets mais que dobrou, o carvão vegetal cresceu pouco mais de 8,00%.

A acentuada produção de pellets em países desenvolvidos, quando comparado a ao carvão vegetal, pode estar associada a infraestrutura industrial necessária para manufatura dos pellets, como os maquinários mais elaborados do que requeridos para o carvão vegetal, cujo a tecnologia para a fabricação é muitas vezes arcaica e artesanal e, sua adaptação para a produção de pellets requer um capital intensivo (SUN; NIQUIDET, 2017).

A Figura 7.2 apresenta a evolução dos indicadores de concentração da produção mundial de pellets, de 2012 a 2019. A Figura 2.a mostra os CR(k) dos países [CR(k)_p] e a Figura 2.b mostra os CR(k) dos subcontinentes [CR(k)_s]. Observou-se tendências de desconcentração da produção deste biocombustível. Para o nível de países, o CR(2)_p apresentou média de 30,96%, participaram: Estados Unidos (2012 a 2018), Alemanha (2012 a 2014) e Canadá (2015 a 2018). Para o CR(4)_p a média foi de 44,58%, o que representou concentração moderadamente baixa (BAIN, 1959). O ano com maior concentração foi 2013 [CR(4)_p= 48,23%] e o menor registro, em 2017 [CR(4)_p= 41,03%], o desvio padrão para série foi de 2,65. O CR(8)_p com média de 62,48%, também apresentou uma concentração moderadamente baixa; partindo de 65,19% (2012) para 59,21% (2018) e desvio padrão de 2,57. Participaram do CR(8)_p: Estados Unidos, Alemanha, Canadá, Áustria, Estônia, França, Latvia, Portugal, Rússia, Suécia e Vietnã.

Já os vinte principais países produtores de pellets [CR(20)_p] responderam por 89,31% da produção global, em 2012, e 84,84%, em 2018. A média do [CR(20)_p] foi de 87,27%, com desvio padrão de 1,69, evidenciando um mercado oligopolista. Essa tendência de queda na

concentração mostrou que o mercado de pellets está em expansão e a difusão tecnológica vem sendo adotada no mundo.

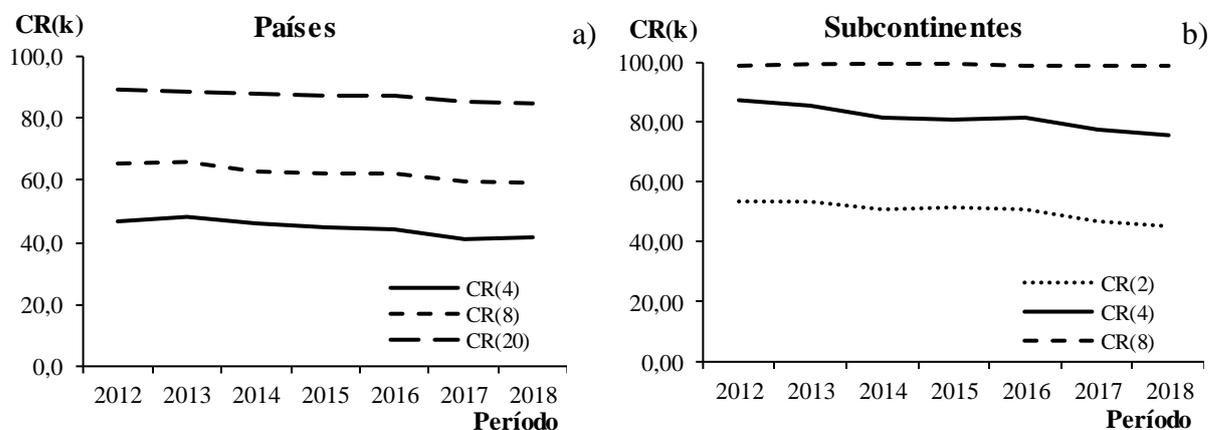


Figura 8.2. Evolução da razão de concentração [$CR(k)$] da produção mundial de pellets, para os (a) países e (b) subcontinentes, de 2012 a 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Entre os subcontinentes registrou-se 13 participantes, período de 2012 a 2016, com aumento para 14 participantes, em 2017 e 2018. O $CR(2)_s$ apresentou média de 50,27% (2012 – 2018), com decréscimo de 53,30% (2012) para 45,30% (2018). Os subcontinentes da América do Norte e Europa Ocidental compuseram o $CR(2)_s$ durante todo o período observado. O $CR(4)_s$ apresentou média de 81,45%, o que caracterizou um mercado de concentração muito alta (BAIN, 1959). O índice decresceu de 87,45% (em 2012) até 75,75% (2018), o que demonstrou aumento na competitividade entre os subcontinentes produtores. Fizeram parte do $CR(4)_s$ as regiões da América do Norte, Europa Ocidental, Norte da Europa e Europa Oriental. Para o $CR(8)_s$ observou média de 99,24%, que inferiu concentração absoluta, entre os principais participantes, entretanto deve-se notar o baixo número de subcontinentes participantes.

A Figura 7.3 apresenta a evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para a produção mundial de pellets, de 2012 a 2018, a Figura 7.3.a do HHI dos Continentes (HHI_c), a Figura 7.3.b do HHI dos Subcontinentes (HHI_s), a Figura 7.3.c do HHI dos países (HHI_p) e a Figura 7.3.d apresenta o Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI') da produção de pellets dos países, subcontinentes e continentes. Observou-se que, de forma geral, houve diminuição da concentração entre os participantes, a partir da aproximação do HHI com seus respectivos Limites Inferior (LI), conforme apontada anteriormente pelo $CR(k)_p$ e $CR(k)_s$.

Uma vez que o LI depende do número de participantes, no decorrer do período analisado, o LI foi constante para os continentes e apresentou pequena variação para os

subcontinentes e países. Para o HHI_c notou-se decréscimo na concentração, a média da diferença entre o HHI e seu LI foi de 0,2744. Em 2012, registrou-se a diferença máxima entre o HHI e o LI , com 0,3618 e valor mínimo em 2018, com 0,2138. Para os subcontinentes a diferença média entre o HHI_s e LI foi de 0,1202. Observou diferença máxima com 0,1355, em 2013 e mínima de 0,1020, em 2018. Entre os países a diferença média do HHI_p e LI foi de 0,0629, com valor máximo observado de 0,0681 (2013) e o mínimo de 0,0539 (2018).

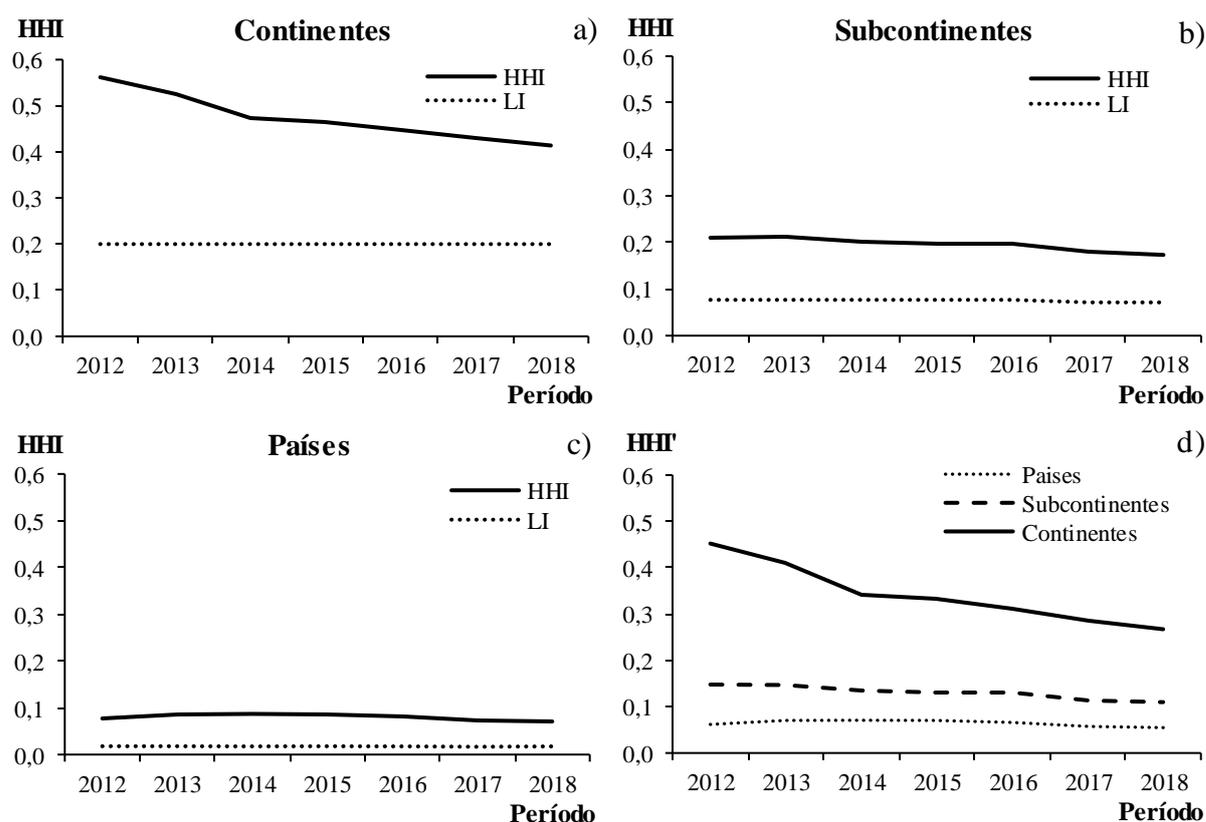


Figura 8.3. Evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) HHI ajustado, para a produção mundial de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O HHI_c da produção de pellets apresentou média de 0,3430 e variou de 0,4522 (2012) para 0,2672 (2018), que classificou o mercado como de concentração alta (REZENDE, 1994). O HHI_s , por sua vez, apresentou média de 0,1300, com valor máximo de 0,1461 (2012) e mínimo de 0,1098(2018), assim, observou-se mercado não concentrado. O HHI_p apresentou média de 0,0640, que classificou o cenário como competitivo ou atomizado. O índice teve valor máximo de 0,0706 (2014) e decresceu para 0,0548 (2018), esta diminuição apontou que a

entrada de novos participantes, colabora para o aumento da competição na produção mundial de pellets.

A Figura 7.4 apresenta a evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para a produção mundial de pellets, de 2012 a 2018. A Figura 7.4.a do E dos Continentes (E_c), a Figura 7.4.b do E dos Subcontinentes (E_s), a Figura 7.4.c do E dos países (E_p) e a Figura 7.4.d mostra o índice de Entropia de Theil ajustado (E') dos países, subcontinentes e continentes. Para todos os níveis observou-se tendência de desconcentração da produção de pellets.

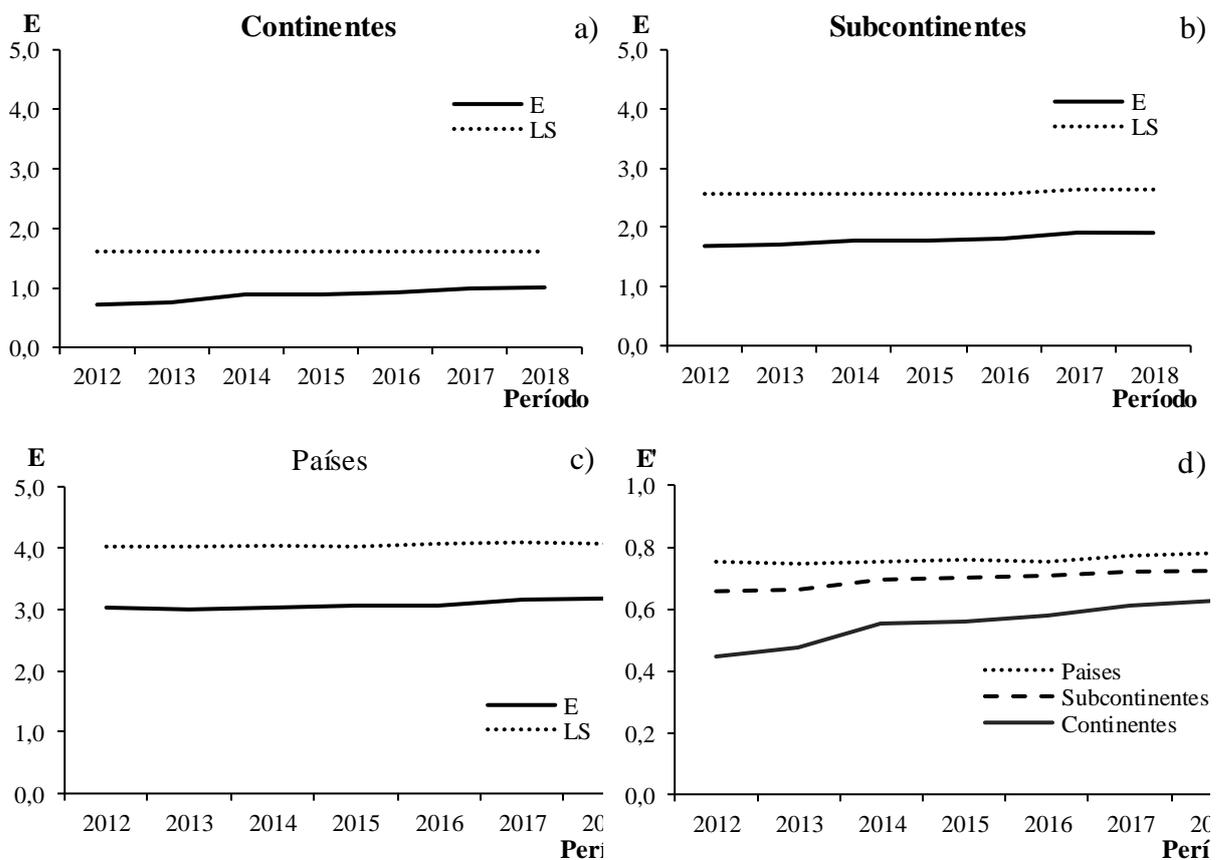


Figura 8.4. Evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) E ajustada, para a produção mundial de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Assim como para o limite inferior do HHI , o limite superior (LS) foi constante para o nível continental (LS_c) e com pouca variação para os subcontinentes (LS_s) e países (LS_p). Quanto maior a diferença entre o LS e o E , no mesmo intervalo de tempo, maior concentração. Para o nível continental, a média da E_c foi de 0,8853 e de 1,6094 para o LS_c . Em 2012, registrou-

se a maior diferença entre o E_c e o LS_c (0,8925), e em 2018 a menor (0,6029), indicando decréscimo na concentração.

Entre os subcontinentes registrou-se E_s média de 1,7937 e de 2,5861 para o LS_s . Em 2012, observou-se diferença de 0,8812 entre a E_s e LS_s , sendo o ano com maior concentração; a menor concentração ocorreu em 2018, com diferença de 0,7325 entre os índices. O nível de países apresentou o menor nível de concentração de acordo com a Entropia; a média para E_p foi de 3,0759 e do LS_p foi de 4,0526. A maior concentração ocorreu em 2013, com diferença de 1,0248 entre os índices, enquanto a menor diferença esteve em 2018 (0,8990). Assim, pode-se constatar, segundo a E , no período estudado ocorreu uma desconcentração da produção de pellets no mundo.

Da Entropia de Theil ajustada (E') nota-se menor concentração para valores próximos a 1. Para os continentes, a E'_c média foi de 0,5501, com valor mínimo de 0,4454 (2012) e máximo de 0,6254 (2018), indicando queda na concentração. Para os subcontinentes, a E'_s média foi de 0,6934, com concentração máxima, em 2012, ($E' = 0,6564$) e mínima, em 2018, ($E' = 0,7224$). Por fim, para países, a E'_p média foi de 0,7589, sendo nível com menor concentração na produção, confirmando o resultado observado pelos índices $CR(k)$, HHI e E .

A desigualdade na produção mundial de pellets é apontada na Figura 7.5.a, segundo o Coeficiente de Gini (G) para os continentes, subcontinentes e países, de 2012 a 2018. O índice inferiu tendência de diminuição na desigualdade da produção de pellets entre todos os níveis. Os maiores valores do coeficiente foram referentes aos países, seguidos dos subcontinentes e continentes. Na Figura 7.5.b é mostrado o comportamento da concentração de acordo com o Índice de Hall e Tideman (HTI). Em todos os níveis houve diminuição dos valores do índice ao longo do tempo, indicando tendência de redução na concentração da produção mundial de pellets.

O índice de G apresentou média de 0,5031 para o nível continental (desigualdade média a forte), com maior desigualdade (0,5324), em 2012, e menor índice (0,4856), em 2017. Observou tendência de decréscimo na desigualdade da produção de pellets; entre 2016 a 2018, o G médio foi de 0,4864 (desigualdade fraca a média). Para os subcontinentes, o G médio foi de 0,7097 (desigualdade forte a muito forte), com máximo de 0,7192 (2013) e mínimo de 0,7036 (2016).

Entre os países, observou-se desigualdade forte a muito forte (0,8256), com valor máximo de 0,8327 (2013) e mínimo de 0,8152 (2018). O discreto aumento do número de países produtores não garantiu redução significativa da desigualdade, pois muitos países ainda não apresentavam uma competitividade forte na produção de pellets. A análise com segregação

territorial (países) inferiu aumento na concentração, tendo em vista que os países com maior produção estiveram divididos entre os continentes da América e Europa.

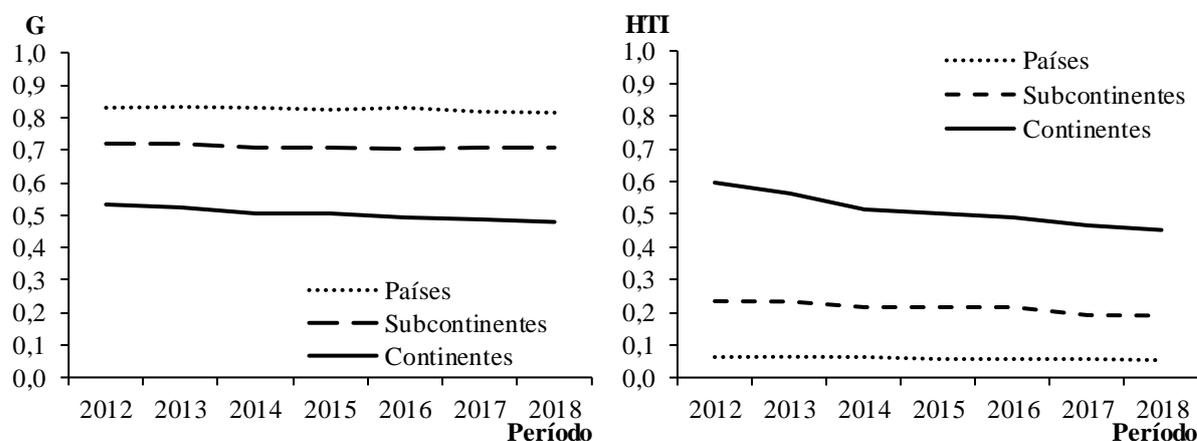


Figura 8.5. (a) Coeficiente de Gini (G) e (b) índice de Hall e Tideman (HTI), para países, subcontinentes e continentes produtores de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O *HTI* quando igual a um é classificado como condição de monopólio. Por sua vez, como condição de perfeita igualdade, quando o índice tem valor igual a $1/n$, onde n é o número total de participantes no ano em análise. Essa redução da concentração pode ser verificada pela crescente aproximação entre os valores do *HTI* e os valores nas suas condições de perfeita igualdade ao longo do tempo. O valor de perfeita igualdade para os continentes foi de 0,20, para os subcontinentes ficou em torno de 0,08 e para os países foi de 0,02, para todos os anos. O *HTI* em 2012 teve seu valor máximo para os continentes (0,5966), e em 2013, para os subcontinentes (0,2325) e países (0,0635). Em 2018, observou-se valores mínimos para o índice, com $HTI_c = 0,4517$, $HTI_s = 0,1896$ e $HTI_p = 0,0532$.

Mesmo sendo uma vertente de energia ainda recente no mercado internacional, a produção de pellets passa por um rápido crescimento a nível mundial, principalmente a partir de 2015, como pode ser visto na Figura 7.1. Esse acentuado crescimento pode ser consequência do acordo global sobre mudança climática assinado por 195 países, em 2015, na Conferência sobre Mudança Climática de Paris (COP21). Este tem a preocupação de diminuir os gases de efeito estufa, logo, enfatizando a necessidade de transição da produção energética tradicional para o uso de fontes de baixo carbono, nesse sentido, a biomassa agroflorestal é impulsionada por ser uma energia mais limpa, renovável e sustentável (JOHANNSDOTTIR; MCINERNEY, 2016).

A produção de pellets se iniciou no final da década de 70 na Europa e América do Norte, como resposta a crise do petróleo (NUNES et al., 2016; OBERNBERGER; THEK, 2004). O atraso no desenvolvimento da tecnologia em outras regiões, como no Brasil, por exemplo, resultou no significativo poder de mercado da Europa e da América do Norte na produção de pellets a nível mundial por todo o período analisado, conforme apontado pelos indicadores.

O Brasil ocupa, atualmente, a décima nona posição na produção de pellets de madeira no mundo e apresenta condições de expandir sua produção nos próximos anos, pois possui taxa de crescimento geométrico significativo entre os anos de 2012 e 2018. Além disso, possui vantagens que facilitam a sua competitividade no mercado internacional de pellets, como a mão de obra (pouco qualificada e abundante) e a abundância dos recursos naturais associados a sua grande extensão territorial de 851,4 milhões de hectares, dos quais 477,7 milhões são ocupados por florestas naturais e mais 7,6 milhões de hectares de florestas plantadas (TAVARES; TAVARES, 2015).

8.4 CONCLUSÃO

Para os países, todos os métodos de medidas de concentração classificaram a produção mundial de pellets como moderadamente baixa ou competitiva, ou seja, não concentrada. Já o Coeficiente de Gini, medidor de desigualdade, avaliou essa produção como desigualdade forte a muito forte, isto é, o tímido aumento do número de países produtores não foi suficiente para reduzir a desigualdade. Porém, todos os métodos utilizados apontam para o processo de desconcentração na produção de pellets no mundo no período estudado.

As vantagens comparativas quanto a incentivos governamentais, bem como o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologia de produção, por parte dos países desenvolvidos (alto IDH) pode ter sido a causa para a maior concentração nos anos iniciais de estudo.

8.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHION, P.; BLOOM, N.; BLUNDELL, R.; GRIFFITH, R.; HOWITT, P. Competition and Innovation : An Inverted-U Relationship. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 120, n. 2, p. 701–728, mai. 2005.

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: Wiley, 1959.

BIKKER, J. A.; HAAF, K. **Competition and concentration review of the literature**.

Amsterdam: De Netherlands Bank, 2001.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; ÁVILA, E. S.; OLIVEIRA, A. D.; BORGES, L. A. C. Analysis of the brazilian cellulose industry concentration (1998 – 2007). **Cerne**, Lavras, v. 16, n.2, p. 209–216, abr/jun. 2010.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, [s. n.], p. 693-703, out./dez. 2013.

CUENCA, M. A. G.; DOMPIERI, M. H. G. Dinâmica espacial da canavicultura e análise dos efeitos sobre o valor bruto da produção, na região dos tabuleiros costeiros da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 91-106, out./dez. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FAO Data**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Acesso em: 10 jan. 2020.

GINI, C. **Variabilità e mutuabilità**. Contributo allo studio delle distribuzioni e delle relazioni statistiche. Bologna: C. Cuppini, 1912.

JOHANNSDOTTIR, L.; MCINERNEY, C. Calls for Carbon Markets at COP21: a conference report. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 124, p. 405-407, jun. 2016.

JAKOB, J.C.; Steckel, J. C. **How climate change mitigation could harm development in poor countries**, **Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 161-168, mar. 2014.

KOVACEVIC, M.; CALDERON, M. C. Multidimensional Poverty Index: 2014 Specifications. **UNDP Human Development Report Office Occasional Paper**, [s. l.], p. 25, dez. 2014.

KRISTÖFEL, C.; STRASSER, C.; SCHMID, E.; MORAWETZ, U. B. The wood pellet market in Austria: A structural market model analysis. **Energy Policy**, [s. l.], v. 88, [s. n.], p. 402–412, jan. 2016.

LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 19, n. 41, p. 150–172, dez. 2014.

NOCE, R.; CARVALHO, A. M. M. R.; CANTO, L. J.; SILVA, L. M.; MENDES, M. L. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 107-110, jan./mar. 2007.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 85, [s. n.], p. 1011-1016, jan. 2016.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 27, n. 6, p. 653-669, dez. 2004.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento: **Índice de Desenvolvimento Humano**. [s. l., 2019]. Disponível em: www.br.undp.org/content/brazil/pt/home.html. Acesso em: 10 de jan. 2020.

POSSAS, M. L. **Estruturas de mercado em oligopólio: economia e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

RAYMOND, J.S.; DONALD S. L.; ALEXANDER, A. B.; KAREN, M. K.; XIAOTING, W.; HIMANSHU, J. P.; MICHAEL, D.; MICHAEL, P.T. The Effect of Hospital Market Competition on the Adoption of Transcatheter Aortic Valve Replacement. **The Annual Meeting of The Society of Thoracic Surgeons**, San Diego, v. 109, n. 2, p. 473-479, 2019.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, jul./set. 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. *In*: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Orgs.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, São Leopoldo, v. 12, n. 1, p. 29-41, jan./jun. 2016.

SUN, L.; NIQUIDET, K. Elasticity of import demand for wood pellets by the European Union. **Forest Policy and Economics**, [s. l.], v. 81, [s. n.], p. 83–87, ago. 2017.

TAVARES, M. A. M. E.; TAVARES, S. R. L. Perspectivas para a participação do Brasil no mercado Internacional de pellets. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 5, n. 31, p. 292-306, set. 2015.

9 ARTIGO 2 - ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO MUNDIAL DAS EXPORTAÇÕES DE PELLETS (2012-2018)

RESUMO

A crescente demanda por energia e a preocupação mundial com as questões ambientais tem estimulado o consumo de energias renováveis, entre esses, os pellets de madeira. O crescimento acelerado do mercado de pellets fomenta estudos para melhor compreender sua estrutura de mercado. Assim, este trabalho analisou a concentração mundial das exportações de pellets entre 2012 e 2018. Utilizou-se os dados das exportações de pellets da Food and Agriculture Organization Of The United Nations – FAO e empregou os indicadores: Razão de Concentração[$CR(k)$], Índice de Hirschman-Herfindal (HHI), Índice de Entropia de Theil (E), Coeficiente de desigualdade de Gini (G) e o Índice de Hall-Tideman (HTI). Dos resultados notou-se que houve crescimento na quantidade de exportações mundial de pellets de madeira, com aumento de $9,71 \times 10^6$ t (2012) para $23,67 \times 10^6$ t (2018). Observou domínio do continente europeu sobre as exportações; em nível de países, foram os principais: Estados Unidos, Canadá e Latvia. Todos os indicadores apontaram que as exportações de pellets são concentradas e desiguais, contudo, a partir de 2016, houve indícios de uma possível desconcentração desse mercado. Para o $CR(k)$ os níveis subcontinental e de países apresentaram características de mercado moderadamente concentrado. O HHI destacou mercado de concentração alta para o nível continental, de concentração moderada para os subcontinentes e atomizado, entre os países. A E e o HTI acompanharam os resultados apresentados para o HHI, destacando a forte concentração em nível continental. O índice de desigualdade de Gini contrapôs o apresentado pelos demais indicadores, destacando alta desigualdade entre os países, todavia destacou-se diminuição da disparidade a partir de 2016, para todos os níveis. Assim, o tímido aumento do número de países exportadores não foi suficiente para reduzir a desigualdade. Porém, todos os métodos utilizados apontam para um processo de desconcentração nas exportações de pellets a partir de 2016.

Palavras-Chave: Bioenergia; biomassa densificada; economia florestal; estrutura de mercado.

ARTICLE 2 -ANALYSIS OF THE WORLD CONCENTRATION OF PELLETS EXPORTS (2012-2018)

ABSTRACT

The growing demand for energy and the worldwide concern with environmental issues has stimulated the consumption of renewable energies, among them, wood pellets. The accelerated growth of the pellet market encourages studies to better understand its market structure. Thus, this work analyzed the global concentration of pellet exports between 2012 and 2018. Data from pellet exports from the Food and Agriculture Organization Of The United Nations - FAO were used and used the indicators: Concentration Ratio [CR (k)], Hirschman-Herfindal Index (HHI), Theil Entropy Index (E), Gini inequality coefficient (G) and the Hall-Tideman Index (HTI). From the results it was noted that there was an increase in the amount of world exports of wood pellets, with an increase from 9.71 x106 t (2012) to 23.67 x106 t (2018). He observed dominance on the European continent over exports; at the country level, they were the main ones: United States, Canada and Latvia. All indicators pointed out that pellet exports are concentrated and uneven, however, as of 2016, there were signs of a possible devolution of this market. For the CR (k), the subcontinental and country levels showed characteristics of a moderately concentrated market. HHI' highlighted a high concentration market for the continental level, a moderate concentration for the subcontinents and atomized, between countries. E and HTI followed the results presented for HHI, highlighting the strong concentration at the continental level. The Gini inequality index contrasted with that presented by the other indicators, highlighting high inequality between countries, however, there was a decrease in the disparity as of 2016, for all levels. Thus, the timid increase in the number of exporting countries was not enough to reduce inequality. However, all the methods used point to a process of deconcentration in pellet exports as of 2016.

Keywords: Bioenergia; biomassa densificada; economia florestal; estrutura de mercado.

9.1 INTRODUÇÃO

As fontes fósseis emitem gases de efeito estufa (GEE), provocando mudanças climáticas irreversíveis, comprometendo o meio ambiente, os seres vivos e suas futuras gerações. Assim, se faz necessário o suprimento da crescente demanda energética mundial, em conformidade com o desenvolvimento sustentável. Para tanto, as fontes de energia renováveis, entre elas, os biocombustíveis sólidos densificados (pellets e briquetes), tem se tornado centro da atenção de pesquisadores, governos e mercado energético, especialmente após a ratificação do protocolo de Quioto, em 15 de março de 1999. (ABT et al., 2014; THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2014).

O investimento e o crescimento da energia renovável global desempenham papéis importantes para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável e combater as mudanças climáticas (GU; ZHOU, 2020). As fontes de energia limpas são as que mais crescem, respondendo, em 2019, por metade do suprimento global e, até 2040, serão a maior fonte de energia no mundo (DUDLEY, 2019). Contudo, as emissões de carbono ainda continuam aumentando, o que sinaliza a necessidade de medidas políticas abrangentes para alcançar a meta de menos carbono. Para alcançar objetivos do acordo de Paris, o setor de energia renovável requer investimentos, público e privado, de US \$ 12 trilhões até 2040 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA, 2019; RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK - REN21 2019).

O uso de pellets é importante para diminuição de emissões do CO₂ (gás carbônico), um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa. A produção de uma unidade de KWh de energia para aquecimento residencial, a partir deste recurso (considerando a produção, o transporte e a combustão) é seis vezes menor quando comparado ao óleo combustível de origem fóssil (PINEL, 2013). Além de serem fontes potencialmente sustentáveis, os pellets devem atender aos interesses do mercado consumidor. Para tanto, é fundamental a qualidade nas propriedades químicas e físicas, por exemplo, a uniformidade e resistência estrutural facilita o transporte, armazenamento e queima em câmaras de combustão, contribuindo para uma maior eficiência. (TAVARES; TAVARES, 2015).

Por serem menores do que os briquetes os pellets acumulam vantagens, uma vez que possibilitam um melhor aproveitamento logístico, tornando-se mais atrativo para o mercado internacional e justificando o baixo interesse em comercializar briquetes, ao passo que o comércio externo de pellets tem aumentado expressivamente (CARASCHI; GARCIA, 2012). Somado a isso, a evolução do preço dos pellets no cenário mundial entre os anos de 2010 e

2015 demonstrou maior estabilidade do que o gás propano líquido e o óleo combustível ao longo dos anos (ASSOCIATION POUR LES ENERGIES RENOUVELABLES - APLER, 2015; PINEL, 2013). Os preços dos pellets de origem florestal, em geral, são mais estáveis do que os dos combustíveis fósseis, o que contribui para uma maior segurança no custo da energia em longo prazo por um país que possui uma matriz energética mais diversificada e sustentável (QUENÓ, 2019).

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimento – FAO – iniciou o registro do mercado mundial de pellets em 2012. Segundo a organização, as exportações de pellets no mundo passaram de 1,6 bilhões para 3,7 bilhões de dólares em 2018, tendo uma taxa de crescimento anual de 15,0%. Com base nos continentes, mais de 50% desse montante esteve concentrado na Europa. Contudo, o maior exportador de pellets de madeira, em 2018, foi os Estados Unidos, com mais de 25% do total exportado no mundo.

O acelerado crescimento do mercado de pellets fomenta pesquisas para melhor compreender sua estrutura de mercado. A estrutura do mercado pode afetar tanto a sua própria eficiência quanto alterar incentivos à inovação (AGHION *et al.*, 2014). O estudo de concentração industrial auxilia o desenvolvimento desse conhecimento, já que alta concentração implica numa menor concorrência entre participantes, por consequência, aumento do poder de mercado (POSSAS, 1999). O termo concentração pode ser entendido como acúmulo de atribuições econômicas (renda, riqueza, produção, entre outras) por uma unidade de controle correspondente (firma, indivíduo, país, estabelecimentos industriais) (BRAGA; MASCOLO, 1982).

Alguns estudos foram publicados no seguimento de concentração, entre esses estão Le e Vo (2020) que analisaram o efeito da concentração no desempenho nos bancos comerciais vietnamitas durante o período 2005-2012. Sobre a concentração do mercado florestal encontram-se: Noce *et al.* (2007), para o mercado internacional de compensado; Heimann *et al.* (2015) analisou a concentração do mercado de molduras importadas pelos Estados Unidos entre 2005 e 2009 e Coelho Junior (2017) que analisou o grau de concentração do Valor Bruto da Produção (VBP) do abacaxi no Paraná entre 1995 e 2010. Contudo, não há estudos de concentração de mercado das exportações de pellets no cenário mundial.

Diante do exposto, este artigo analisou a concentração mundial das exportações de pellets de madeira florestal entre os anos de 2012 a 2018.

9.2 MATERIAL E MÉTODOS

9.2.1 Dados Utilizados

Os dados utilizados para mensurar a concentração da exportação de pellets no cenário mundial, foram obtidos da FAO, referente aos anos de 2012 a 2018, período onde se encontram os dados disponíveis. O software utilizado para processamento dos dados e execução da metodologia foi o Microsoft Excel. Para análise de conjuntura utilizou as exportações de pellets dos continentes, a evolução, entre 2012 e 2018, dos dez maiores exportadores, com base em 2018, do Brasil e do mundo. Com a finalidade de estimar os ganhos e perdas da vendas mundial de pellets utilizou a Taxa de Crescimento Geométrica (TGC), expressa em percentual anual (% a.a.), conforme a Equação 1 (CUENCA; DOMPIERI, 2016).

$$TGC = \left[\left(n \sqrt{\frac{V_n}{V_0}} \right) - 1 \right] * 100 \quad (8)$$

Em que: V_n = valor referente as exportações, em toneladas (t), de pellets no ano final; V_0 = valor referente as exportações (t) de pellets no ano inicial; n = variação temporal (expressa em anos).

9.2.2 Medidas de concentração e desigualdade

Os indicadores de concentração utilizados neste estudo foram: Razão de Concentração, Índice de Hirschman-Herfindal, Índice de Entropia de Theil, Coeficiente de Gini e Índice de Hall-Tideman descritos a seguir:

A Razão de Concentração [$CR(k)$], equação 2, considera a participação dos k regiões (países e subcontinentes) maiores vendedores de pellets no cenário internacional, em ordem decrescente.

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (2)$$

Em que, o $CR(k)$ = Razão de Concentração de k exportadores (países e subcontinentes) de pellets; S_i = *market share*, exportação do participante em relação ao total exportado, em porcentagem, do vendedor i (países e subcontinentes) na exportação mundial de pellets.

Foram calculadas a razão de concentração dos quatro [$CR(4)$] e oito [$CR(8)$] maiores vendedores (países e subcontinentes) e classificadas, conforme a Tabela 8.1. Ainda neste

estudo, foi mensurado os vinte [CR(20)] e os trinta [CR(30)] países maiores exportadores e os dois [CR(2)] para os subcontinentes.

Tabela 9.1. Classificação do grau de concentração dos quatro e oito maiores países exportadores.

Grau de Concentração	CR(4)	CR(8)
Muito Alto	75% ou mais	90% ou mais
Alto	65% - 75%	85% - 90%
Moderadamente Alto	50% - 65%	70% - 85%
Moderadamente Baixo	35% - 50%	45% - 70%
Baixo	35% ou menos	45% ou menos

Fonte: Bain (1959).

O Índice de Herfindahl–Hirschman (HHI) mede a concentração industrial utilizando o somatório da participação ao quadrado da exportação de todos participantes (países, subcontinentes e continentes) de pellets, por meio da equação 3.

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (9)$$

Na qual, n = número de regiões (países, subcontinentes e continentes) vendedoras de pellets no mundo; S_i = *market share*, em porcentagem, da região i para o valor da venda de pellets.

O HHI evidencia os pesos relativos dos exportadores, pois quando se elevar ao quadrado atribui-se maior peso aos que têm maior participação. O índice varia de $1/n$ (situação em que todas as regiões exportam a mesma quantia) a 1 (quando há uma concentração máxima, monopólio). Quando ocorre variação no número de exportadores ao longo do tempo, o limite inferior ($1/n$) do HHI também varia, dificultando a comparação. Para solucionar essa limitação Resende (1994) propõe o Índice Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI'), Equação 4, em que os limites do HHI' são fixos entre 0 e 1 e classificado de acordo com a Tabela 8.2.

$$HHI' = \frac{1}{n-1} (nHHI - 1); \quad n > 1 \quad (10)$$

O Coeficiente de Gini (G) foi inicialmente desenvolvido para medir a desigualdade de renda populacional (GINI, 1912). Contudo, pode ser usado para medir o grau de desigualdade existente na exportação de pellets no mundo, uma vez que quanto maior a concentração mais elevada é a desigualdade. O coeficiente é calculado conforme a equação 5.

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i)}{n} \quad (11)$$

Em que, n = número de regiões exportadoras (países, subcontinentes e continentes) de pellets; S_{ij} = participação cumulativa da região i para o valor da venda de pellets em ordem crescente; S_i = *market share*, em porcentagem, da região i para o valor da venda de pellets. O índice varia entre 0 e 1, adotou a classificação da Tabela 8.3.

Tabela 9.2. Classificação do Índice Herfindahl-Hirschman ajustado.

Classificação	Intervalo
Mercado competitivo	$HHI' < 0,10$
Mercado não concentrado	$0,10 \leq HHI' < 0,15$
Concentração moderada	$0,15 \leq HHI' \leq 0,25$
Concentração alta	$HHI' > 0,25$

Fonte: Resende (1994).

Tabela 9.3. Classificação do grau de desigualdade para o Coeficiente de Gini.

Classificação	Intervalo
Desigualdade nula a fraca	0,101 – 0,250
Desigualdade fraca a média	0,251 – 0,500
Desigualdade média a forte	0,501 – 0,700
Desigualdade forte a muito forte	0,701 – 0,900
Desigualdade muito forte a absoluta.	0,900 – 1,000

Fonte: Coelho Junior et al. (2010).

O Índice de Entropia de Theil (E) pode ser aplicado à economia industrial para medir a concentração de qualquer setor, nesse caso, da venda mundial de pellets.

$$E = - \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (6)$$

Em que n = número de participantes (países, subcontinentes e continentes); S_i = *market share*, em porcentagem, da região i para o valor da venda de pellets; \ln = logaritmo neperiano. Resende e Boff (2002) indicaram o uso do Índice de Entropia de Theil nas análises de concentração industrial. O índice de Entropia mede o inverso da concentração. Quanto menor o valor do índice mais concentrada é a exportação mundial de pellets.

Resende (1994) indicou o índice de entropia ajustado (E'), equação 7, para análises intertemporais. O E' varia entre 0, monopólio (concentração máxima), e 1, concorrência perfeita (concentração mínima).

$$E' = - \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (7)$$

O Índice de Hall-Tideman (HTI) é um indicador de desigualdade que considera todos exportadores de pellets envolvidos na atividade, incorporando o número do ranking à participação de cada um (equação 8).

$$HTI = \frac{1}{2 \sum_{i=1}^n (i \cdot S_i) - 1} \quad (12)$$

Em que n = número de participantes, i = a posição no ranking do participante, S_i = *market share*, em porcentagem, da região i para o valor da venda de pellets. O intervalo do HTI varia entre $1/n$, condição de perfeita igualdade, e 1, condição de monopólio ou desigualdade absoluta.

9.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde 2012 há participação de todos os continentes nas exportações mundiais de pellets. A Figura 8.1 apresenta a evolução da exportação mundial de pellets, em milhões de toneladas ($\times 10^6$ t), distribuídos entre os continentes, de 2012 a 2018. Em 2012, as exportações mundiais foram de $9,71 \times 10^6$ t de pellets de madeira; desse montante 64,39% foram da Europa, 33,80% da América, 0,93% da Ásia, 0,85% da África e 0,02% da Oceania. Esse comércio cresceu e, em 2018, a exportação mundial dessa biomassa foi de $23,67 \times 10^6$ t, mobilizando 3,7 bilhões de dólares (FAO, 2020). A representatividade das exportações mundiais de pellets de madeira da Europa (46,76%) decresceu em 2018, quando comparado à 2012. Isso se deu pelo acentuado aumento desse mercado na Ásia, que respondeu por 15,16% do total exportado no mundo em 2018.

Os intensos investimentos da China, inclusive em economia verde, nos países da Iniciativa do Cinturão e Rota (BRI – Belt and Road Initiative), pode justificar o avanço da Ásia nas exportações de pellets. De acordo com Liu e Hao (2018) há uma ligação direta do PIB (Produto Interno Bruto) per capita com o consumo de energia, assim, esses investimentos terão, por consequência, um aumento significativo da procura de eletricidade, dos membro do BRI, no futuro próximo para atender à demanda básica de eletricidade do crescimento esperado (IEA 2017). Esses países são importantes bases de produção de energia do mundo, com enorme potencial de crescimento e desenvolvimento de energia renovável, já que possuem abundância de recursos renováveis (LE; VO, 2020).

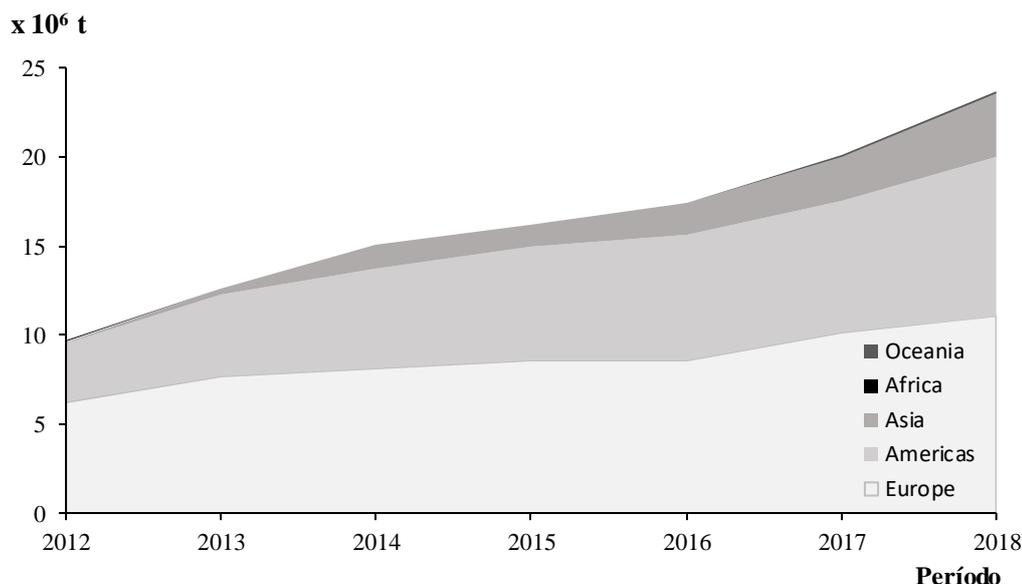


Figura 9.1. Exportação de pellets (em 10^6 t) distribuída por continentes, entre os anos de 2012 e 2018.

Fonte: FAO (2020).

Em 2018, dentre os países, os dez principais exportadores de pellets foram: Estados Unidos, Canadá, Vietnã, Letônia, Rússia, Estônia, Áustria, Malásia, Dinamarca e Alemanha. A maior taxa de crescimento geométrica (TGC) foi do Vietnã (103,92% a.a.) e a menor, da Alemanha (-5,10% a.a.). Enquanto a exportação mundial cresceu a uma TGC de 16,01% (2012 – 2018), os dez maiores exportadores apresentaram TGC de 17,91% a.a., ou seja, crescimento superior ao resto do mundo. A Tabela 8.4 apresenta a evolução das exportações anuais ($\times 10^3$ toneladas) dos dez maiores exportadores de pellets em 2018, do Brasil, e do mundo, suas respectivas Taxas de Crescimento Geométrico (TGC), ranking dos dez maiores e o número de países exportadores para os anos entre 2012 e 2018.

A maioria dos grandes exportadores apenas alternaram posições entre si, contudo, os Estados Unidos e o Canadá, permaneceram no topo do ranking por todo o período estudado. O histórico de produção de pellets nos Estados Unidos é notório, entre os anos de 2003 e 2010 aumentou mais de quatro vezes a sua capacidade de produção, chegando, em 2010, a 4,9 milhões de toneladas (NUNES et.al, 2016). Quase todo o produzido era consumido internamente (cerca de 80%), porém, a partir de 2009 foram construídas fabricas de pellets de grande porte, inclusive destinadas às exportações (MANDELL; LANG, 2013; SIKKEMA et al., 2011). Segundo a FAO (2020), de 2012 a 2018, a produção de pellets de madeira nos EUA cresceu de 1,8 para 6,0 milhões de toneladas e em 2018, o país exportou 80,57% de sua produção.

Tabela 9.4. Evolução das exportações anuais (10³ toneladas) dos dez maiores exportadores de pellets em 2018, do Brasil e do mundo, suas respectivas Taxas de Crescimento Geométrico (TGC), ranking dos dez maiores e o número de países exportadores para os anos entre 2012 e 2018.

Países	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TGC (%)
Estados Unidos	1.898,13	2.882,52	4.005,06	4.669,00	4.709,00	5.203,98	6.017,00	21,2
Canadá	1.369,00	1.640,23	1.637,39	1.627,78	2.373,11	2.171,50	2.651,44	11,65
Vietnã	34,21	743,63	879,03	974,71	1.353,61	1.620,73	2.460,00	103,92
Letônia	902,03	1.055,87	1.290,35	1.605,19	1.611,43	1.579,47	1.666,00	10,77
Rússia	728,54	776,74	778,55	934,86	1.073,22	1.438,54	1.510,96	12,93
Estônia	430,43	482,8	723,12	883,39	945,85	1.250,60	1.111,95	17,14
Áustria	476,28	456,61	485,27	690,33	609,53	671,24	780,89	8,59
Malásia	37,06	165	149,5	245	469,72	526,99	703,29	63,32
Dinamarca	54	126,7	89	180,3	266,26	489,88	698	53,19
Alemanha	848,78	612,74	640,84	559,13	365,07	475,66	620,16	-5,1
Brasil	0,01	0,19	6,66	24,37	35,76	108,38	225,36	478,7
Resto do mundo	2.933,54	3.631,18	4.417,37	3.786,55	3.648,75	4.518,33	5.224,09	10,1
Mundo	9.711,99	12.574,2	15.102,1	16.180,6	17.461,2	20.055,3	23.669,1	16,01
		1	3	0	9	0	4	
1º	USA	-						
2º	CAN	-						
3º	LVA	LVA	LVA	LVA	LVA	LVA	VNM	-
4º	DEU	PRT	RUS	VNM	VNM	VNM	LVA	-
5º	RUS	RUS	VNM	RUS	RUS	RUS	RUS	-
6º	PRT	DEU	PRT	EST	EST	EST	EST	-
7º	AUT	EST	DEU	PRT	AUT	AUT	AUT	-
8º	EST	AUT	EST	DEU	PRT	MYS	MYS	-
9º	ROU	ROU	AUT	AUT	DEU	DEU	DNK	-
10º	LTU	BEL	NLD	ROU	LTU	PRT	DEU	-
Nº de Países	59	64	68	64	62	61	60	-

Códigos ISO: AUT = Áustria; BEL = Bélgica; CAN = Canadá; DEU = Alemanha; DNK = Dinamarca; EST = Estônia; MYS = Malásia; LTU = Lituânia; LVA = Letônia; PRT = Portugal; ROU = Romênia; RUS = Rússia; VNM = Vietnã; NLD = Holanda.

Fonte: FAO (2020).

Outros países que apresentaram crescimento acentuado nesse comércio, no intervalo de 2012 a 2018, foram: o Brasil, com TGC = 478,70% a.a., seguido da Grécia (195,81% a.a.), Montenegro (157,31% a.a.), Tailândia (142,4% a.a.), Albânia (132,35% a.a.), Vietnã (103,92% a.a.). A TGC desses países é muito superior à mundial (16,01% a.a.) ou mesmo a dos dez maiores exportadores (17,91% a.a.). O que pode sugerir uma tendência a mudança do cenário em um curto intervalo de tempo.

O mercado dos pellets de madeira no Brasil tem, em relação à Europa e América do Norte, uma defasagem superior a duas décadas e, por consequência, atraso nas tecnologias

nacionais de produção de pellets e consumo interno (GARCIA et al., 2016). Contudo, o Brasil possui vantagens comparativas que facilitam a competitividade no mercado internacional, o que justifica a análise de TGC. O país saltou da 56ª posição para 20ª no ranking de maiores exportadores de 2012 a 2018. Os pellets brasileiros originários da maravalha de madeira de pinus são de boa qualidade e tem condições de obter a certificação europeia Premium ENplus, o que é promissor para a exportação dessa biomassa. A produção de pellets no Brasil se concentra no sul do país com 13 fábricas, três com o selo de qualidade ENplus, e duas em fase de certificação (GARCIA et al., 2016; QUÉNO, 2015).

Nos dias atuais ainda há concentração das exportações de pellets no mundo, mais de 90% da exportação mundial ainda é dominada pelos vinte países maiores exportadores, sendo grande parte desses países pertencentes ao continente europeu. Assim sendo, é possível que exista uma tendência que a Europa exerça no mercado internacional o seu poder de mercado.

A Figura 8.2 apresenta a evolução da Razão de Concentração [CR(k)] da exportação mundial de pellets, de 2012 a 2018. A Figura 8.2.a mostra os CR(k) dos países [CR(k)_p] e a Figura 2.b mostra os CR(k) dos subcontinentes [CR(k)_s]. Observou-se oscilações em todos os CR(k)_p, principalmente, ao se considerar os quatro [CR(4)_p] e oito [CR(8)_p] maiores países exportadores. Para os subcontinentes notou variação para os dois maiores [CR(2)_s]. O CR(4)_p apresentou média de 53,30%, sendo categorizado como de concentração moderadamente alta (BAIN, 1959). O índice evoluiu de 51,67% (2012) para 54,05% (2018), com desvio padrão médio de 2,38. A menor concentração ocorreu em 2013, onde os Estados Unidos, Canadá, Latvia e Rússia somaram 50,54% das exportações mundiais de pellets. A maior concentração ocorreu em 2017, com 52,73% das exportações realizadas pelos Estados Unidos, Canadá, Latvia e Vietnã.

O CR(8)_p apresentou comportamento semelhante ao CR(4)_p, com média de 72,75%, classificou o mercado como de concentração moderadamente alta. O ano com maior concentração foi 2015 (74,62%) e o de menor 2013 (70,90%). Participaram do CR(8)_p: Áustria, Canadá, Estônia, Alemanha, Malásia, Portugal, Rússia, Estados Unidos e Vietnã. O CR(20)_p médio foi de 91,86% e o CR(30)_p de 98,19%. O número de participantes decresceu de 59, em 2012, para 60, em 2018. Da Costa et al. (2018) estudaram a concentração das exportações brasileiras de celulose química entre 1990 e 2010 e também identificaram concentração alta para o CR(4) e CR(8).

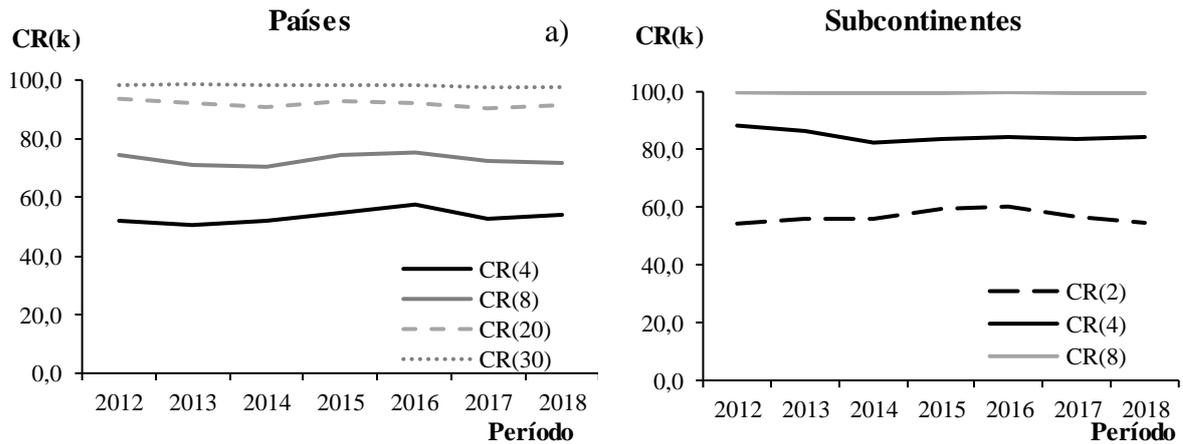


Figura 9.2. Evolução da razão de concentração [$CR(k)$] da exportação mundial de pellets, para os (a) países e (b) subcontinentes, de 2012 a 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O número de subcontinentes exportadores de pellets subiu de 13 para 15 membros, entre 2012 e 2018. Em 2012, $CR(2)_s$ de 54,32%, chegando a 54,81%, em 2018. O índice médio foi de 56,74%, com domínio da América do Norte e Europa do Norte. Para o $CR(4)_s$, o índice evoluiu de 88,28% (2012) para 83,99% (2018), com média de 84,72%, que resultou em um mercado de concentração moderadamente alta. Participaram do $CR(4)_s$ as regiões: Norte Americana, Norte da Europa, Europa Oriental e Sudeste Asiático. O $CR(8)_s$ apresentou característica de mercado de concentração muito alta por todo o período analisado. Registrou-se pouca variação para o índice, partindo de 99,75% (2012) para 99,78% (2018).

A Figura 8.3 apresenta a evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para a exportação mundial de pellets, de 2012 a 2018, a Figura 8.3.a do HHI dos Continentes (HHI_c), a Figura 8.3.b do HHI dos Subcontinentes (HHI_s), a Figura 8.3.c do HHI dos países (HHI_p) e a Figura 8.3.d apresenta o Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI') da exportação de pellets dos países, subcontinentes e continentes. Observou-se que, de forma geral, ao longo do período estudado, o HHI de todos os níveis aproximou-se de seus respectivos Limites Inferiores (LI), indicando uma desconcentração no setor. Confirmando assim a propensão a redução da concentração indicada pela razão de concentração [$CR(k)$].

Uma vez que o LI depende do número de participantes, no decorrer do período analisado, o LI foi constante para os continentes e pouco variou para os subcontinentes e países. Dessa forma, quanto maior o HHI maior será a diferença para o LI, e maior a concentração. Para o nível continental, o HHI_c decresceu de 0,5291 (2012) para 0,3832 (2018), estes anos também representaram, respectivamente, a maior e menor concentração do mercado de exportação (REZENDE, 1994). Para os subcontinentes a maior diferença entre o HHI_s e o LI_s

foi de 0,1777 (2016) e mínima em 2012 (0,146). O aumento do índice em 2016, também foi observado pelo $CR(2)_s$ que apresentou valor máximo para a série, destacando a forte participação da América do Norte e da Europa do Norte. Para os países, o HHI evoluiu de 0,0918 (2012) para 0,1054 (2018). A diferença média entre o HHI_p e o LI_p foi de 0,0902. Em 2015, ocorreu a máxima diferença entre os índices (0,1048) e em 2012, a mínima (0,075). De 2016 a 2018 a diferença entre o HHI_p e LI_p apresentou queda, apontando desconcentração.

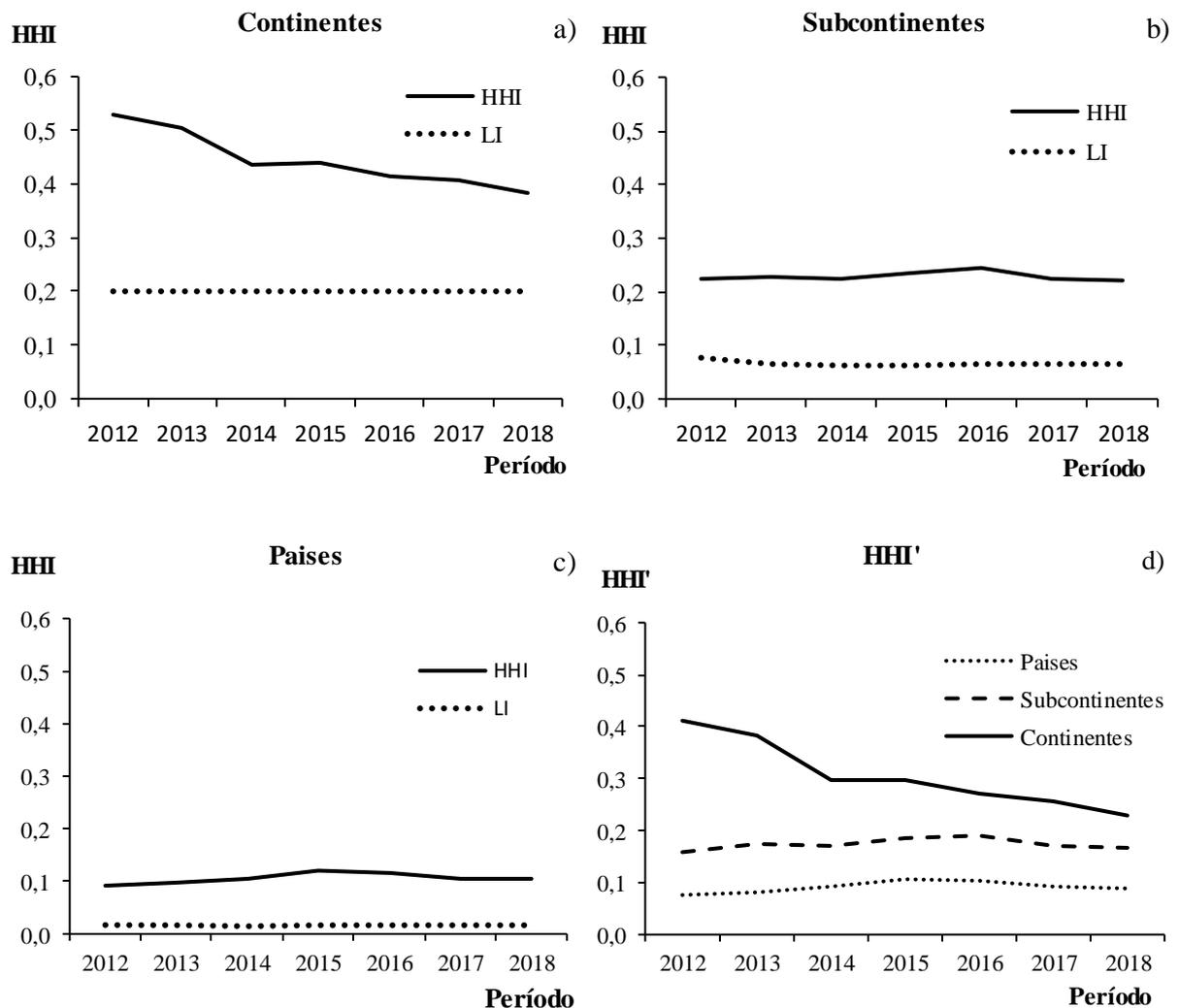


Figura 9.3. Evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes e (c) países, e (d) HHI ajustado, para a exportação mundial de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O HHI'_c da exportação de pellets dos continentes decresceu de 0,4113 (2012) para 0,2290 (2018), com média de 0,6063, que caracterizou mercado de concentração alta. Apenas em 2018, HHI'_c mudou sua classificação, sendo considerado de concentração moderada. O

HHI's, por sua vez, teve valor máximo de 0,1904 (2016) e mínimo de 0,1585 (2012), comportando-se, por todo o tempo estudado, como concentração moderada.

O HHI' dos países (HHI'_p), em 2012 foi de 0,076 (valor mínimo); em 2016, foi de 0,1904 (valor máximo) e em 2018, o indicador voltou a cair, com HHI'_p = 0,090. Assim, o HHI'_p de 2012 a 2014 e de 2017 a 2018 apresentou classificação de mercado competitivo. Para 2015 e 2016 observou setor não concentrado (intervalo entre 0,10 e 0,15). Costa et al. (2018) também utilizou-se do Índice de Herfindahl-Hirschman, e classificou a concentração do mercado de celulose química brasileira como moderadamente concentrado.

A Figura 8.4 apresenta a evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para a exportação mundial de pellets, de 2012 a 2018, a Figura 8.4.a do E dos Continentes (E_c), a Figura 8.4.b do E dos Subcontinentes (E_s), a Figura 8.4.c do E dos países (E_p) e a Figura 8.4.d mostra o índice de Entropia de Theil ajustado (E') dos países, subcontinentes e continentes.

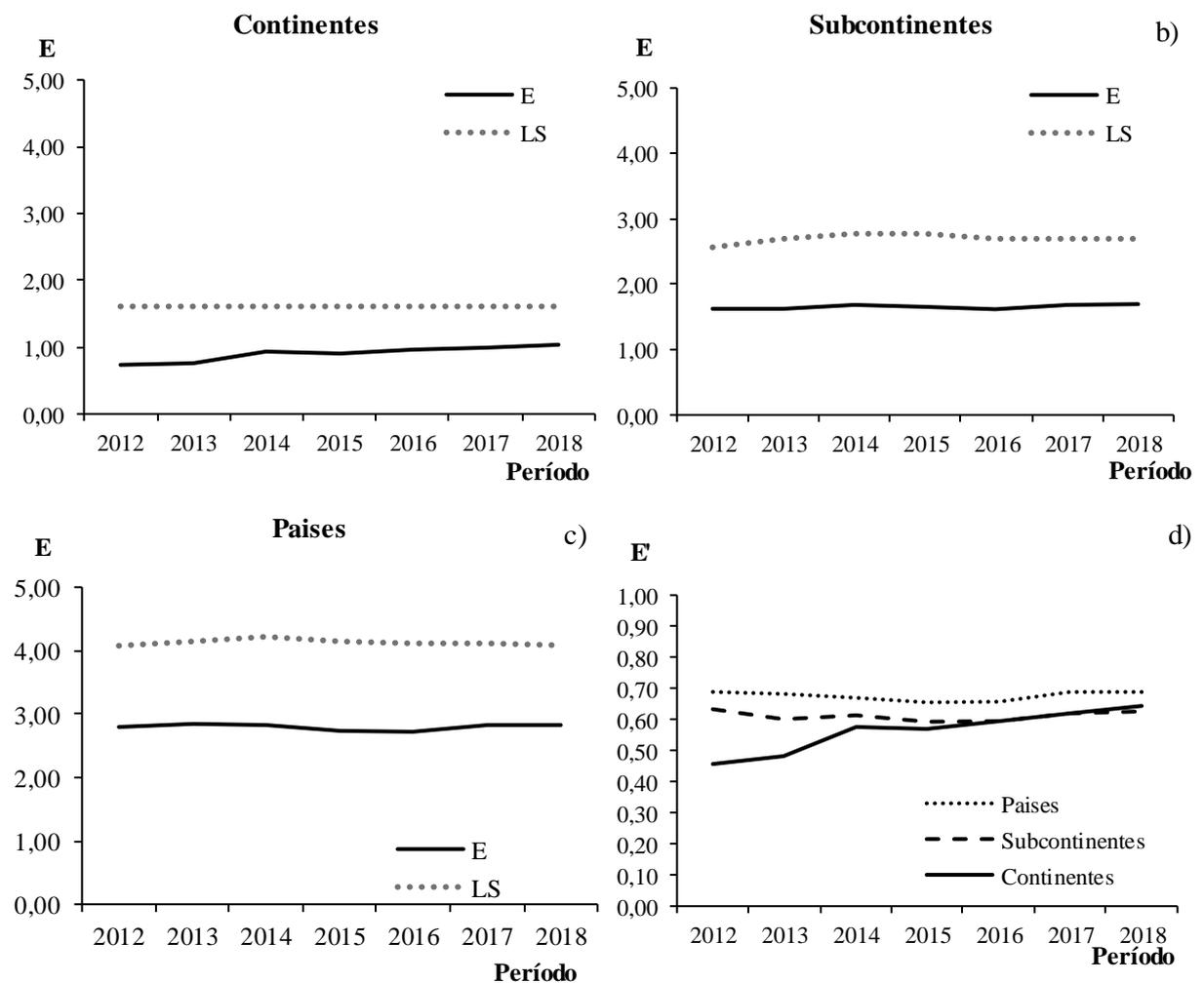


Figura 9.4. Evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) E ajustada, para a exportação mundial de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: FAO (2020).

Na análise para continentes, o menor valor encontrado do E_c foi de 0,7355, em 2012 e o maior E_c foi de 1,0362, em 2018. A diferença média entre a E_c e seu LS foi de 0,7040, sendo 2012 o ano de maior concentração.

Para os subcontinentes, a E_s mínima foi de 1,618, em 2016, e o maior E_s (1,6957) no ano de 2018. A diferença média entre a E_s e o LS_s foi de 1,0516, demonstrando concentração superior ao nível continental. Entre os países a E_p máxima (2,8446) foi registrada em 2013, e a mínima (2,7210) em 2016. A diferença entre a E_p e o LS_p teve média de 1,3385, apontando o nível de países como o mais concentrado. Contudo, os três grupos estudados tiveram comportamento semelhante a partir de 2015, declínio da concentração.

A Entropia de Theil ajustado (E'), Figura 8.4.d, indica que quanto mais próximo de zero mais concentrada é a exportação. A média do E'_c foi de 0,5625, sendo a menor concentração registrada em 2018 ($E'_c = 0,6438$), o ano de maior concentração foi 2012 ($E'_c = 0,6438$), com o continente Europeu dominando 64,39% das exportações, nos anos seguintes, o aumento da América ocasionou diminuição na concentração.

Para o subcontinentes e países a menor concentração ocorreu em 2012 ($E'_s = 0,6334$ e $E'_p = 0,6889$), já a maior concentração foi em 2015 ($E'_s = 0,5930$ e $E'_p = 0,6552$). Os valores médios (E'_s médio = 0,6116 e E'_p médio = 0,6763) apontaram mercado concentrado. A partir do índice ajustado, confirmou o resultado da Entropia de Theil, que indicou declínio na concentração para todos os grupos.

A desigualdade da exportação mundial de pellets é apontada na Figura 8.5.a segundo o Coeficiente de Gini para os continentes, subcontinentes e países entre os anos de 2012 e 2018. Embora algumas variações do desempenho das curvas de desigualdade tenham ocorrido nos três grupos, no geral tendeu a diminuir a desigualdade, principalmente a partir de 2015. Os maiores valores do coeficiente foram referentes aos países, seguidos dos subcontinentes e continentes. Na Figura 8.5.b é mostrado o comportamento da concentração de acordo com o Índice de Hall e Tideman (HTI). Em todos os casos, pode ser visto, uma diminuição dos valores do índice de 2016 em diante, revelando, possivelmente, uma tendência de redução na concentração das exportações mundiais de pellets para todos os grupos estudados.

O G_c médio foi de (0,4902) que representou desigualdade fraca a média de 2012 a 2018, variando entre 0,5234, em 2012, para 0,4612, em 2018, apresentando queda da desigualdade. O G_s médio (0,7606) foi classificado como forte a muito forte, partindo de 0,7260 (2012) para 0,7572 (2018). Por sua vez, o G_p 0,8683 (2012) para 0,8639 (2018), com média de 0,8718 e

classificação de desigualdade forte a muito forte. O aumento do número de países exportadores entre os anos de 2012 a 2014 não garantiu a redução da desigualdade, pois muitos países ainda não apresentavam uma competitividade forte na exportação de pellets.

Coelho Junior et al. (2013) avaliaram o mercado de produtos florestais, pelo Coeficiente de Gini, e concluíram que a desigualdade é forte e absoluta, no período de 1961 a 2008. Os autores destacaram que um número reduzido de competidores concentra frações cada vez maiores das exportações mesmo com o aumento de países exportadores de produtos florestais. Contudo, Da Costa et al. (2018) verificou que houve diminuição da desigualdade no mercado de celulose química brasileira, com o aumento do número de países compradores.

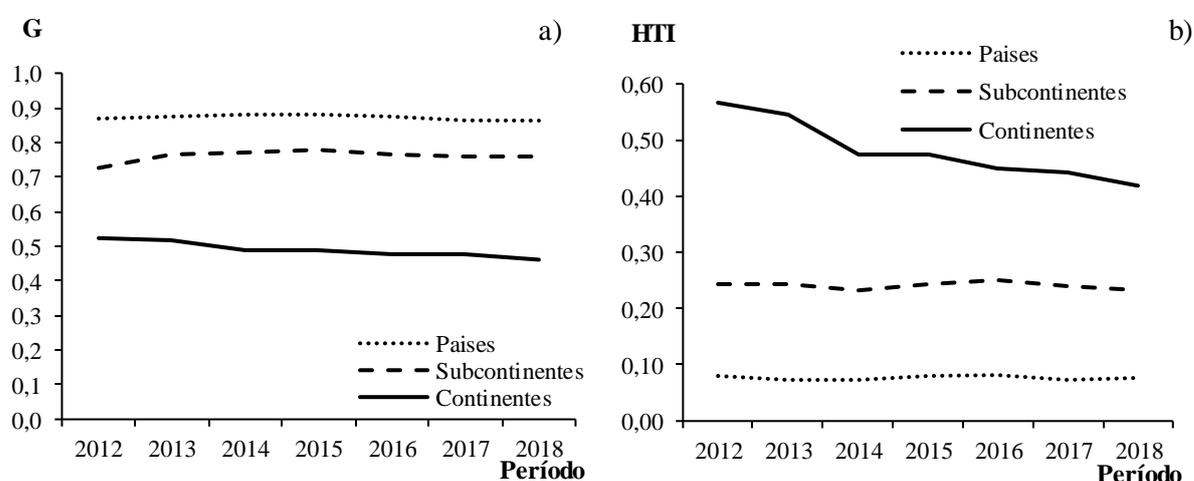


Figura 9.5. (a) Coeficiente de Gini (G) e (b) índice de Hall e Tideman (HTI), para países, subcontinentes e continentes exportadores de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: FAO (2020).

O HTI quando igual a um é classificado como condição de monopólio. Por sua vez, como condição de perfeita igualdade quando o índice tem valor igual a $1/n$, onde n é o número total de participantes no ano em análise. O valor de referencial de perfeita igualdade para os continentes foi de 0,20; para os subcontinentes variou entre 0,0769 e 0,063; já os países variou entre 0,0147 a 0,0169. O HTI dos continentes apresentou média de 0,4816, teve seu valor máximo de 0,5663 em 2012 e mínimo de 0,4187 em 2018. Para os subcontinentes registrou-se média de 0,2409, máximo de 0,2508 (2016) e 0,2325 (2014). Para os países o HTI_p médio foi de 0,0770, máximo em 0,0818 (2016) e mínimo de 0,732 (2014).

Os resíduos das indústrias brasileiras de madeiras, à base de pinus, tem demonstrado ser um forte potencial para a produção de pellets. Quando bem aproveitado, esses resíduos poderiam representar 1,6 milhão de toneladas de pellets de qualidade Premium ENplus

(QUÉNO, 2015). O país encontra na Itália o seu principal consumidor de pellets de madeira florestal. A Itália comprou, em 2016, quase toda a produção de pellets nacional (SERVIÇO NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS - SNIF, 2019).

Além disso, o país pode desenvolver técnicas de produção em grande escala utilizando o eucalipto como matéria prima, uma vez que o país é um grande produtor (QUÉNO, 2019). A peletização da madeira de eucalipto é mais complexa quando comparada às coníferas, uma vez que exige mais etapas no processamento. Contudo, a torrefação da matéria prima do eucalipto pode ser uma boa alternativa para minimizar esse maior grau de dificuldade, posto que a torrefação reduz os custos energéticos de produção de pellets com maior valor agregado, tornando-os mais competitivo no mercado internacional dos biocombustíveis sólidos (WILD et al., 2016).

9.4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que no período de estudo houve crescimento na quantidade de exportações mundial de pellets de madeira, com aumento de $9,71 \times 10^6$ t (2012) para $23,67 \times 10^6$ t (2018). Observou domínio do continente europeu sobre as exportações; em nível de países, foram os principais: Estados Unidos, Canadá e Latvia.

Para os países, todos os métodos de medidas de concentração classificaram as exportações mundiais de pellets como moderadamente alta e não concentrada. Já o Coeficiente de Gini, medidor de desigualdade, avaliou essas exportações como desigualdade forte a muito forte. Assim, o tímido aumento do número de países exportadores não foi suficiente para reduzir a desigualdade. Porém, todos os métodos utilizados apontam para um processo de desconcentração nas exportações de pellets a partir de 2016.

9.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICOS

AGHION, P.; BLOOM, N.; BLUNDELL, R.; GRIFFITH, R.; HOWITT, P. Competition and Innovation : An Inverted-U Relationship. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 120, n. 2, p. 701–728, mai. 2005.

ASSOCIATION POUR LES ENERGIES RENOUVELABLES - APLER. **Observatoire des prix de l'énergie**. Bruxelas: APERe, 2015. Disponível em: [//www.apere.org/observatoire-des-prix](http://www.apere.org/observatoire-des-prix). Acesso em: 17 jul. 2017.

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

BRAGA, C. H.; MASCOLO, J. L. Mensuração da concentração industrial no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 401, ago. 1982.

CARASCHI, J.C.; GARCIA, D.P. A expansão do mercado de pellets de madeira. **REMADE**, [s.v.], n. 131, 2012.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P. D.; ÁVILA, E. S.; OLIVEIRA, A. D. D.; BORGES, L. A. C. Analysis of the brazilian cellulose industry concentration (1998 a 2007). **Cerne**, Lavras, v.16, n. 2, p. 209-216, abr./ jun. 2010.

COELHO JUNIOR, L. M. Concentração regional do valor bruto da produção do abacaxi no Paraná, **Revista Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR), 2017.

COSTA, T. R.; MAHANZULE R. Z.; AGUIAR, G. P.; SILVA, J. C. G. L. Dinâmica da concentração das exportações brasileiras de celulose química (1990 – 2010), **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1666-1675, 2018.

CUENCA, M. A. G.; DOMPIERI, M. H. G. Dinâmica espacial da canavicultura e análise dos efeitos sobre o valor bruto da produção, na região dos tabuleiros costeiros da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 91-106, out./dez. 2016.

DUDLEY, B. **BP Energy Outlook**, 2019 edition. BP Statistical Review, London, UK. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. FAOSTAT 2019. **Forestry Trade Flows**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FT>. Acesso em: 20 nov. 2019.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G.; VIEIRA, F.H.A. Trends and challenges of origin brazilian agroforestry pellets industry. **Cerne**, v. 22, n. 3, p. 233-240, 2016.

GOETZL, A. Developments in the global trade of wood pellets. **U.S. International Trade Commission**, 28p., 2015.

GU, A.; ZHOU, X. Emission reduction effects of the green energy investment projects of China in belt and road initiative countries. **Ecosystem Health and Sustainability**, v. 6, n. 1, p. 1747947, 2020.

HEIMANN, J. P.; GONÇALVES, K.; DRESCH, A. R.; SILVA, L. G. C. J. Concentração do mercado de moldura (frame) importadas pelos estados unidos, período de 2005 e 2009. **Cerne**, v.21, p. 59-65, 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **World Energy Outlook 2019**, IEA, Paris, 2019. Disponível em: [//www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019](https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019). Acesso em: 06 mar. 2020.

LE, H.; VO, T. Concentration and performance in Vietnamese commercial banks. **Accounting**, v. 6, n. 2, p. 161-168, 2020.

MANDELL, B.; LANG, A. H. Update and Context for U.S. wood bioenergy markets. [s. l.]: **Forisk Consulting**, 2013. 15 p. Disponível em: http://www.theusipa.org/Documents/NAFO-US_Bioenergy_Markets-FINAL-201306261.PDF. Acesso em: 05 out. 2019.

NOCE, R.; CARVALHO, A. M. M. R.; CANTO, L. J.; SILVA, L. M.; MENDES, M. L. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 107-110, jan./mar. 2007.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. **Renewable Energy**, v. 85, p. 1011-1016, 2016.

PINEL, J. **La filière pellets en France**: une filière à structurer dans un contexte d'internationalisation rapide du marché. Paris: E-CUBE strategy consultants, 2013. 12 p.

POSSAS, M. L. **Estruturas de mercado em oligopólio**: economia e planejamento. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

QUÉNO, L. R. M. **Produção de pellets de madeira no Brasil**: estratégia, custo e risco do investimento. 2015. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

QUÉNO, L. R. M.; SOUZA, A. N.; COSTA, A. F.; VALE, A. T.; JOAQUIM, M. S. A.; competitividade e a baixa volatilidade dos preços do pellet; **Ciências Florestais**; v. 29, n. 3, p. 1478-1489; 2019.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK - REN21. **Renewable 2018 Global status report**. Disponível em: [//www.ren21.net](http://www.ren21.net). Acesso em: 14 fev. 2020.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, jul./set. 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial**: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

SNIF. **Produção florestal**. Brasília: SNIF, 2015. Disponível em: <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/estatisticas-florestais>. Acesso em: dez. 2019.

SIKKEMA, R.; STEINER, M.; JUNGIGER, M.; HIEGL, W.; HANSEN, M. T.; FAAIJ, A., The European wood pellets markets: current status and prospects for 2020. *Biofuels, bioproducts and Biorefining* 3: 250-278.

TAVARES, M. A. M. E.; TAVARES, S. R. L. Perspectivas para a participação do Brasil no mercado Internacional de pellets. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 5, n. 31, p. 292-306, set. 2015.

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014:** synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2014. 151 p.

WILD, M.; DEUTMEYER, M.; BRADLEY, D.; HEKTOR, B.; HESS, J. R.; NIKOLAISEN, W.; STELTE, W.; TUMULURU, J. S.; LAMERS, P.; PROSUKURINA, S.; VAKKILAINEN, E.; HEINIMÖ, J. **Possible effects of torrefaction on biomass trade.** IEA Bioenergy Task 40, 2016. 68 p.

10 ARTIGO 3 - ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO MUNDIAL DAS IMPORTAÇÕES DE PELLETS (2012-2018)

RESUMO

Diante a contínua modificação da estrutura energética mundial, transição da exploração de fontes fósseis para fonte renováveis e limpas, há um intenso aumento da demanda por biomassa florestal para fins energéticos, em especial os pellets de madeira. Por consequência, as importações desse biocombustível cresceram nos últimos anos, especialmente na Europa. Assim, faz necessários estudos para melhor compreender a distribuição e a estrutura deste mercado. Este trabalho analisou a concentração mundial das importações de pellets entre 2012 e 2018. Os dados de importações foram obtidos da Food and Agriculture Organization Of The United Nations – FAO e utilizou-se os indicadores: Razão de Concentração[$CR(k)$], Índice de Hirschman-Herfindal (HHI), Índice de Entropia de Theil (E), Coeficiente de desigualdade de Gini (G) e o Índice de Hall-Tideman (HTI). Os resultados apontaram que houve crescimento da importação mundial de pellets, de $8,76 \times 10^6$ t, em 2012, para $22,15 \times 10^6$ t, em 2018 (16,67% a.a.). Para os índices de concentração, o $CR(k)$ mostrou concentração muito alta para as importações de pellets, entre países; e concentração alta entre os subcontinentes. O HHI e HHI' apresentou concentração muito alta para o nível continental, baixa competitividade, para os subcontinentes, e para os países, concentração moderada. A Entropia e o HTI corroboraram com a análise HHI. O índice de Gini apontou forte desigualdade para todos os níveis territoriais, com decréscimo a partir de 2015. A redução da concentração, nos últimos anos de estudo, encontra relação com a expansão e a difusão tecnológica de conversão energética, da biomassa densificada, o que torna o combustível mais acessível.

Palavras-Chave: Bioenergia; biomassa densificada; economia florestal; estrutura de mercado.

ARTICLE 3 - ANALYSIS OF THE WORLD CONCENTRATION OF PELLET IMPORTS (2012-2018)

ABSTRACT

In view of the continuous modification of the global energy structure, the transition from the exploration of fossil sources to clean and renewable sources, there is an intense increase in the demand for forest biomass for energy purposes, especially wood pellets. As a result, imports of this biofuel have grown in recent years, especially in Europe. Thus, studies are needed to better understand the distribution and structure of this market. This work analyzed the global concentration of pellet imports between 2012 and 2018. Import data were obtained from the Food and Agriculture Organization Of The United Nations - FAO and the indicators used: Concentration Ratio [CR (k)], Index Hirschman-Herfindal (HHI), Theil Entropy Index (E), Gini inequality coefficient (G) and Hall-Tideman Index (HTI). The results showed that there was an increase in the world import of pellets, from 8.76 x10⁶ t, in 2012, to 22.15 x10⁶ t, in 2018 (16.67% p.a.). For concentration indices, CR (k) showed very high concentration for pellet imports, between countries; and high concentration among the subcontinents. HHI and HHI' showed very high concentration for the continental level, low competitiveness, for the subcontinents, and for countries, moderate concentration. Entropy and HTI corroborated the HHI analysis. The Gini index showed strong inequality for all territorial levels, with a decrease from 2015 onwards. The reduction in concentration, in the last years of study, is related to the expansion and diffusion of energy conversion technology, of densified biomass, which makes fuel more accessible.

Keywords: Bioenergy; densified biomass; forest economy; market structure.

10.1 INTRODUÇÃO

Em resposta à preocupação com a intensificação das mudanças climáticas, e seus efeitos, foi assinado em 2015 por 195 países na Conferência sobre Mudança Climática de Paris (COP21), o acordo global sobre mudança climática incentivando a transição para a energia de baixo carbono, energia mais limpa, renovável e sustentável (JOHANNSDOTTIR; MCINERNEY, 2016). Por consequência, nas últimas décadas, ocorre a modificação da estrutura energética mundial, aumento da demanda de energia oriunda de fontes renováveis em substituição ao petróleo e seus derivados (NUNES et al., 2016). A Organização das Nações Unidas (ONU) (2012) enfatiza a importância da energia renovável para o desenvolvimento sustentável e traçou ações para os países até 2030, como o acesso (preços e qualidade) da energia sustentável para todos.

No mundo, até 2050, a biomassa pode fornecer cerca de 7,5% da geração de energia, e pode criar 1,3 bilhão de toneladas de redução de emissões de CO₂ equivalente por ano (KOVALYSHYN, 2019). Dessa forma, os biocombustíveis densificados, em especial os pellets, ganham relevância no mercado mundial de energia para viabilizar o cumprimento das metas de redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) (CARASCHI; GARCIA, 2012). A utilização dos pellets é importante para a diminuição da quantidade de CO₂ emitido, no aquecimento residencial, o impacto poluente dos pellets é até seis vezes inferior ao óleo combustível, no uso residencial, por kWh gerado (PINEL, 2013; QUENÓ et al., 2019).

O setor elétrico é uma das principais esferas da economia submetidas às metas de redução de emissões de GEE. Por isso, as termoelétricas são as maiores demandantes de pellets combustíveis na Europa. A Europa é o continente importador de maior destaque; o consumo mundial de pellets em 2011 foi de 14,4 milhões de toneladas, desse total 80% pertenceu a União Europeia (UE) (MOBINI et al., 2013). A UE importou, em 2014, 8 milhões de toneladas de pellets de madeira, sendo os principais fornecedores os Estados Unidos e o Canadá (HELMINGER et al., 2015). Dentre os países, a Itália foi o principal importador dos pellets de madeira produzidos no Brasil. Os preços dos pellets brasileiros para uso residencial, tipo A1 Premium, entregue nos portos italiano, apresentaram entre 140,00 a 170,00 euros (SHAHRUKH et al., 2016).

Segundo a FAO (2020), a Europa importou, em 2018, 17,3 milhões de toneladas de pellets de madeira, o que representa 78,23% do que foi importado no mundo. Esta consagrada hegemonia europeia pode ser explicada pelas vantagens comparativas, como estímulos de agentes governamentais, ou mesmo, as condições específicas climáticas de alguns países que necessitam de aquecimento para conforto térmico. Nesse sentido, alguns governantes de países europeus adotaram medidas de incentivo como subsídio de aprimoramento, compra de aquecedores residenciais e comerciais e financiamentos de construções de termoelétrica a pellets (TAVARES e TAVARES, 2015, SERRANO, 2009, ARRANZ et al., 2015, TRØMBORG et al., 2013). A Ásia também ganha destaque no mercado importador de

pellets, pelo seu crescimento excepcional na última década, de acordo com a FAO (2020), o continente, passou de 204, 71 mil toneladas de pellets importado, em 2012, para 4,56 milhões de toneladas em 2018.

O crescimento acentuado do comércio internacional de pellets de madeira, impulsiona estudos do mercado de pellets para melhor compreender a dinâmica de comercialização desse produto. Uma vez que, estrutura do mercado pode afetar a sua própria eficiência, alterar incentivos à inovação, decisões de preço, investimento e níveis de produção. Uma empresa tem forte dependência da estrutura de mercado em que ela está inserida (AGHION et al, 2014).

A concentração é um elemento importante na investigação econômica, em especial, para determinar o comportamento da estrutura de mercado, já que a concentração é inversamente proporcional à competitividade (CAVES, 1982, RESENDE, 1994, SOARES et al., 2006). O termo concentração pode ser compreendido, como acúmulo de atributos econômicos por correspondentes unidades de controle (MASCOLO, 1982). Nesse estudo a importação de pellets é o atributo econômico e os países são as unidades de controle. Assim, a concentração industrial torna-se um dos principais determinantes estruturais da competição, podendo afetar a economia de escala, o tamanho e o crescimento do mercado, as estratégias adotadas pelos países exportadores de pellets de madeira (RESENDE, 1994, KON, 1999, NOCE et al., 2005, PINDYCK; RUBINFELD, 2005). A concentração de mercado pode ser analisada de forma estática, tempo pontual, ou na forma dinâmica, a partir de um intervalo temporal (KON, 1999).

Diversos autores realizaram estudos sobre a concentração e a desigualdade de mercados do setor florestal, dentre eles, Noce et al. (2005) estudou o mercado internacional de madeira serrada; Noce et al. (2008), para o mercado internacional de aglomerado, Selvatti (2015) para exportações mundiais de MDF de 1995 a 2012; Coelho Junior et al. (2017) que estudou a concentração na geração nacional de energia elétrica por usinas produtoras e Selvatti (2019) avaliou a concentração mundial da produção de medium density fiberboard (MDF) entre os anos de 1995 e 2016. Contudo, não há estudos caracterizando a concentração do mercado internacional da importação de pellets de madeira.

Dessa forma, este trabalho avaliou a concentração do mercado importador de pellets de madeira no período de 2012 a 2018, a partir das medidas de concentração de mercado e de desigualdade.

10.2 MATERIAL E MÉTODOS

10.2.1 Dados Utilizados

Os dados utilizados para mensurar a concentração da importação de pellets no cenário mundial, foram obtidos da Food and Agriculture Organization Of The United Nations – FAO, referente aos anos de 2012 a 2018, período onde se encontram os dados disponíveis. O software utilizado para processamento dos dados e execução da metodologia foi o Microsoft Excel. Os índices que foram utilizados correspondem a medidas que possibilitam confrontar a evolução do grau de concentração no tempo e entre nações (NOCE et al., 2005). Para análise de conjuntura utilizou as importações de pellets dos continentes, a evolução, entre 2012 e 2018, dos dez maiores importadores, com base em 2018, do Brasil e do mundo. Com a finalidade de estimar os ganhos e perdas das compras mundial de pellets utilizou a Taxa de Crescimento Geométrica (TGC), expressa em percentual anual (% a.a.), conforme a Equação 1 (CUENCA; DOMPIERI, 2016).

$$TGC = \left[\left(n \sqrt{\frac{V_n}{V_0}} \right) - 1 \right] * 100 \quad (13)$$

Em que: V_n = valor referente as importações, em toneladas (t), de pellets no ano final; V_0 = valor referente as importações (t) de pellets no ano inicial; n = variação temporal (expressa em anos).

10.2.2 Medidas de concentração e desigualdade

Os indicadores de concentração utilizados neste estudo foram: Razão de Concentração, Índice de Hirschman-Herfindal, Índice de Entropia de Theil, Coeficiente de Gini e Índice de Hall-Tideman descritos a seguir:

A Razão de Concentração [$CR(k)$], equação 2, considera a participação dos k regiões (países e subcontinentes) maiores compradores de pellets no cenário internacional, em ordem decrescente.

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (2)$$

Em que, o $CR(k)$ = Razão de Concentração de k importadores (países e subcontinentes) de pellets; S_i = *market share*, importação do participante em relação ao total exportado, em porcentagem, da região i (países e subcontinentes) na importação mundial de pellets.

Foi calculada a razão de concentração dos quatro [$CR(4)$] e oito [$CR(8)$] maiores compradores (países e subcontinentes) e classificadas, conforme a Tabela 9.1. Ainda neste

estudo, foi mensurado os vinte [CR(20)] e os trinta [CR(30)] países maiores importadores e os dois [CR(2)] para os subcontinentes.

O Índice de Herfindahl–Hirschman (HHI) mede a concentração industrial utilizando o somatório da participação ao quadrado da importação de todos participantes (países, subcontinentes e continentes) de pellets, por meio da equação 3.

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (14)$$

Tabela 10.1. Classificação do grau de concentração dos quatro e oito maiores países importadores.

Grau de Concentração	CR(4)	CR(8)
Muito Alto	75% ou mais	90% ou mais
Alto	65% - 75%	85% - 90%
Moderadamente Alto	50% - 65%	70% - 85%
Moderadamente Baixo	35% - 50%	45% - 70%
Baixo	35% ou menos	45% ou menos

Fonte: Bain (1959).

Na qual, n = número de regiões (países, subcontinentes e continentes) compradoras de pellets no mundo; S_i = *market share*, em porcentagem, da região i (país, subcontinente e continente) na importação mundial de pellets.

O HHI evidencia os pesos relativos dos importadores, pois quando se eleva ao quadrado atribui-se maior peso aos que têm maior participação. O índice varia de $1/n$ (situação em que todas as regiões importam a mesma quantia) a 1 (quando há uma concentração máxima, monopólio). Quando ocorre variação no número de importadores ao longo do tempo, o limite inferior ($1/n$) do HHI também varia, dificultando a comparação. Para solucionar essa limitação, Resende (1994) propõe o Índice Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI'), Equação 4, em que os limites do HHI' são fixos entre 0 e 1 e classificado de acordo com a Tabela 9.2.

$$HHI' = \frac{1}{n-1} (nHHI - 1); \quad n > 1 \quad (15)$$

O Coeficiente de Gini (G) foi inicialmente desenvolvido para medir a desigualdade de renda populacional (GINI, 1912). Contudo, pode ser usado para medir o grau de desigualdade

existente na importação de pellets no mundo, uma vez que quanto maior a concentração mais elevada é a desigualdade. O coeficiente é calculado conforme a equação 5.

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i)}{n} \quad (16)$$

Em que, n = número de regiões importadoras (países, subcontinentes e continentes) de pellets; S_i = *market share*, em porcentagem, da região i (país, subcontinente e continente) na importação mundial de pellets. S_{ij} = *market share*, em porcentagem, acumulado, da região i (país, subcontinente e continente) na importação mundial de pellets. O índice varia entre 0 e 1 e, adotou a classificação da Tabela 9.3.

Tabela 10.2. Classificação do Índice Herfindahl-Hirschman ajustado.

Classificação	Intervalo
Mercado competitivo	$HHI' < 0,10$
Mercado não concentrado	$0,10 \leq HHI' < 0,15$
Concentração moderada	$0,15 \leq HHI' \leq 0,25$
Concentração alta	$HHI' > 0,25$

Fonte: Resende (1994).

Tabela 10.3. Classificação do grau de desigualdade para o Coeficiente de Gini.

Classificação	Intervalo
Desigualdade nula a fraca	0,101 – 0,250
Desigualdade fraca a média	0,251 – 0,500
Desigualdade média a forte	0,501 – 0,700
Desigualdade forte a muito forte	0,701 – 0,900
Desigualdade muito forte a absoluta.	0,900 – 1,000

Fonte: Coelho Junior et al. (2010).

O Índice de Entropia de Theil (E) pode ser aplicado à economia industrial para medir a concentração de qualquer setor, nesse caso, das compras mundial de pellets.

$$E = - \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (6)$$

Em que n = número de participantes (países, subcontinentes e continentes); S_i = *market share*, em porcentagem, da região i (país, subcontinente e continente) na importação mundial de pellets; \ln = logaritmo neperiano. Resende e Boff (2002) indicaram o uso do Índice de Entropia

de Theil nas análises de concentração industrial. O índice de Entropia mede o inverso da concentração. Quanto menor o valor do índice mais concentrada é a importação mundial de pellets.

Resende (1994) indicou o índice de entropia ajustado (E'), equação 7, para análises intertemporais. O E' varia entre 0, monopólio (concentração máxima), e 1, concorrência perfeita (concentração mínima).

$$E' = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (7)$$

O Índice de Hall-Tideman (HTI) é um indicador de desigualdade que considera todos importadores de pellets envolvidos na atividade, incorporando o número do ranking à participação de cada um (equação 8).

$$HTI = \frac{1}{2 \sum_{i=1}^n (i \cdot S_i) - 1} \quad (17)$$

Em que n = número de participantes, i = a posição no ranking do participante, S_i = *market share*, em porcentagem, da região i (país, subcontinente e continente) na importação mundial de pellets. O intervalo do HTI varia entre $1/n$, condição de perfeita igualdade, e 1, condição de monopólio ou desigualdade absoluta.

10.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 9.1 apresenta a evolução da importação mundial de pellets, em milhões de toneladas ($\times 10^6$ t), distribuídos entre os continentes, de 2012 a 2018. Em 2012, a exportação mundial de pellets de madeira foi $8,76 \times 10^6$ t; desse total, a Europa comprou 96,17%, a Ásia 2,33% e a América 1,5%. A compra de pellets de madeira pela África e Oceania não foi significativa. Em 2018, a importação mundial dessa biomassa foi de $22,15 \times 10^6$ t, mobilizando, segundo a FAO (2020), 3,7 bilhões de dólares. A Europa, respondeu por 78,24% das importações mundial, a Ásia por 20,57%, América por 1,12%, África por 0,69% e Oceania por 0,006%.

A procura por pellets de madeira, na Ásia, teve aumento significativo, em 2018 importou 2126,08% a mais do que em 2012. O consumo acentuado, pode ser consequência do aumento

da demanda básica de eletricidade; ocasionada, por sua vez, pelo repentino desenvolvimento dos países do Iniciativa do Cinturão e Rota (BRI – Belt and Road Initiative), resultado do intenso comércio e investimentos da China nesses países membro do BRI, inclusive em energias renováveis (IEA, 2017; LE; VO, 2020; LIU; HAO, 2018).

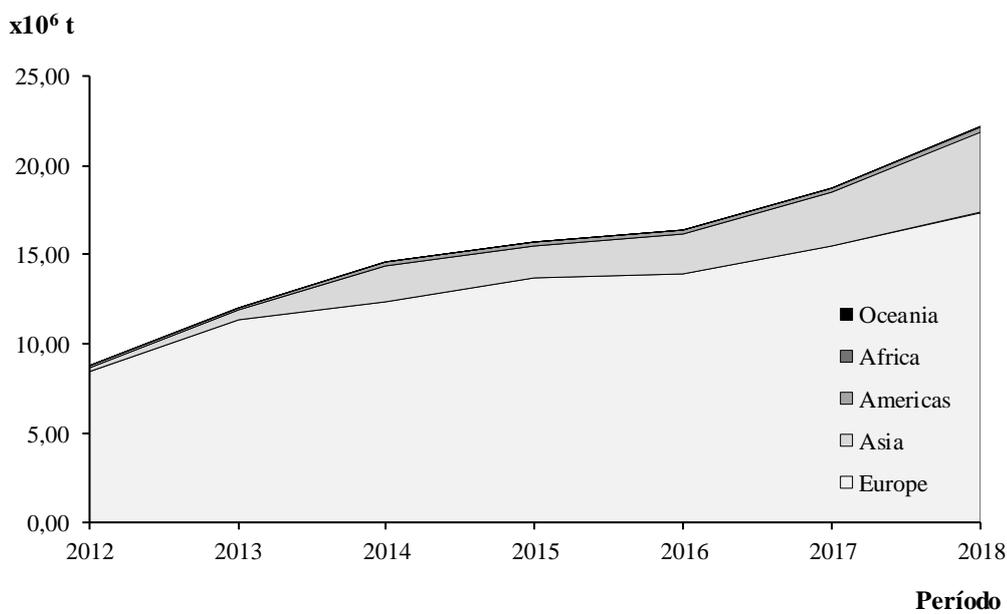


Figura 10.1. Importação de pellets (por milhões toneladas) no mundo, distribuída por continentes, entre os anos de 2012 e 2018.

Fonte: FAO (2020).

A Tabela 9.4 apresenta a evolução, de 2012 a 2018, da importação ($\times 10^3$ toneladas) dos dez países maiores compradores mundial de pellets (com base em 2018), do Brasil e do mundo. Os dez principais importadores de pellets em 2018, foram o Reino Unido, Dinamarca, Coreia do Sul, Itália, Bélgica, Japão, Alemanha, Suécia, Áustria e França. Dentre esses, a maior taxa de crescimento geométrica (TGC) foi da Coreia do Sul (74,4%) e a menor foi da Suécia (-4,25%). Enquanto a importação mundial cresceu a uma TGC de 16,67% a.a., os top 10 importadores possuem TGC de 19,26%, apontando crescimento superior ao resto do mundo.

Entre os anos de 2012 e 2018, a Holanda e Polônia saíram do top 10 e, por sua vez, entraram o Japão e França, os outros países apenas alternaram posições entre si. A França também aumentou mais de dez vezes suas importações para o mesmo período, reflexo dos investimentos e incentivos do governo francês para o aumento do consumo de energias renováveis. O novo Programme d'investissements d'avenir (PIA2), lançado pelo governo francês em julho de 2013, preveu um investimento de € 6 milhões (US\$ 7,8 milhões) destinado

ao desenvolvimento de fontes de energia renováveis (MRE, 2014). Além disso, o governo francês reduziu o imposto equivalente ao ICMS (VAT) de 19% para 5,5% para a compra de produtos relacionados a pellets, como aquecedores residenciais e comerciais (AEBIOM, 2015).

Tabela 10.4. Evolução das importações anuais (x10³ toneladas) dos dez maiores importadores de pellets em 2018, do Brasil e do mundo, ranking dos dez maiores, posicionamento do Brasil no ranking e o número de países importadores para os anos de 2012 a 2018.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TGC (%)
Reino Unido	1486,88	3389	4757,14	6573,19	6781,61	6885,24	7046,96	29,6
Dinamarca	2016	2236	2256,1	2072	2053	2818	3813	11,21
Coreia do Sul	122,45	484,67	1849,64	1470,68	1716,64	2431,17	3445,14	74,4
Itália	1197	1748,73	1935,96	1653,6	1663,82	1792,55	2242	11,03
Bélgica	970,47	896,19	657,76	985,62	906,48	1090,92	1137,3	2,68
Japão	71,98	83,77	96,75	232,43	346,86	506,35	1059,54	56,55
Alemanha	347,47	546,62	419,38	445,79	443,1	431,59	390,24	1,95
Suécia	493,04	712,65	521,63	354,94	267,98	272,26	379,96	-4,25
Áustria	272,14	385,46	343,85	367,84	392,2	403,47	360,04	4,78
França	25,63	92,02	170,63	157,26	248,86	270,77	274,77	48,49
Brasil	0,31	1,16	0,45	0,37	0,82	0,87	1,28	27,05
Resto do mundo	1779,96	1479,22	1578,79	1351	1565,1	1797,63	2001,2	1,97
Mundo	8785,33	12057,5	14590,08	15666,73	16388,48	18702,83	22153,45	16,67
1°	DNK	GBR	GBR	GBR	GBR	GBR	GBR	
2°	GBR	DNK	DNK	DNK	DNK	DNK	DNK	-
3°	ITA	ITA	ITA	ITA	ROK	ROK	ROK	
4°	NLD	BEL	ROK	ROK	ITA	ITA	ITA	-
5°	BEL	SWE	BEL	BEL	BEL	BEL	BEL	-
6°	SWE	DEU	SWE	DEU	DEU	JPN	JPN	-
7°	DEU	NLD	NLD	AUT	AUT	DEU	DEU	-
8°	AUT	ROK	DEU	SWE	JPN	AUT	SWE	-
9°	POL	AUT	AUT	JPN	SWE	SWE	AUT	-
10°	ROK	USA	USA	USA	FRA	FRA	FRA	-
Brasil	44°	41°	51°	52°	49°	55°	52°	-
Q^{de} de países	76	85	85	92	89	91	90	-

Códigos ISO: AUT = Áustria; BEL = Bélgica; DEU = Alemanha; DNK = Dinamarca; GBR = Reino Unido; ITA = Itália; SWE = Suécia; ROK = Coreia; JPN = Japão; NLD = Holanda; BEL = Bélgica; POL = Polônia; USA = Estados Unidos; FRA = França.

Legenda: TGC = Taxa Geométrica de Crescimento; Q^{de} = Quantidade.

Fonte: FAO (2020).

O Japão aumentou suas importações em quase quinze vezes, de 2012 para 2018. O que também ocorreu pelas medidas adotadas de planejamento do setor de energia do país até 2030, que visam cumprir com o compromisso do Acordo de Paris, ou seja, reduzir a emissão de gases do efeito estufa (por uso de combustíveis fósseis), determinando que 22% a 24% da eletricidade

produzida no país seja gerada a partir de fontes renováveis (MRE, 2018). O Japão, um dos maiores mercados consumidores de pellets no mundo, incentiva a importação de biomassa de origem brasileira. Estima-se que o país importe entre dez e vinte milhões de toneladas de pellets brasileiro até 2030. Contudo, esse tipo de produto tem ingressado no país como resíduo, posto que os pellets derivam de resíduos da cana. Dessa forma, é necessário alterar esta classificação para expansão desse comércio (MAPA, 2016).

O Brasil, em 2012, ocupou a 44ª posição (importando 301 t) e em 2018 passou para 52ª, com mais de 128.000 t de pellets importado. O baixo interesse brasileiro pode ser explicado devido as boas condições geofísicas do Brasil para o cultivo de florestas plantadas (favorecendo a produção desse biocombustível). Somado a isto, a matriz energética brasileira é composta por formas renováveis de energia, principalmente, pelas hidrelétricas. O consumo de pellets no Brasil se concentra, principalmente em pizzarias, academias, hotéis, residências e em indústrias de pequeno e médio porte (REMADE, 2012).

Com relação ao crescimento médio anual, destacou-se a Macedônia (214,97% a.a.), chegando a 66.389 t importados, em 2018; a África do Sul (103,35% a.a.), com 13.506 t (2018); Romênia, (76,73% a.a.), com 34.280 t (2018). Dentre os países do ranking, a Coreia (3º lugar) apresentou crescimento de 74,40% a.a. e o Japão (6º lugar) de 65,55% a.a.. A TGC desses países foi superior à mundial (16,67% a.a.) ou mesmo a dos dez maiores importadores (19,26%). O que pode sugerir uma tendência a mudança do cenário num curto intervalo de tempo.

Somado a isto, os importadores que possuem TGC maior que 50% a.a. estão distribuídos nos cinco continentes, onde 35,7% desses são europeus; 21,4% asiáticos; 21,4% americano; 14,3% da África e 7,1% da Oceania. Esses valores podem sugerir que países, em todos os continentes, estão investindo em tecnologia de conversão de energia mais sustentável, nesse caso, energia dos pellets.

A Razão de Concentração é útil para avaliar a concentração atual das importações de pellets no mundo e mensurar tendências. A Figura 9.2.a apresenta o CR(k) para as importações de pellets por países, observou aumento da concentração CR(4) e pequenas oscilações nos demais níveis. O CR(4)_p partiu de 65,25%, em 2012, para 75,12% em 2015, e descreceu até 74,69%, em 2018. A média do período foi 72,38%, o que caracterizou o mercado como de concentração alta, o desvio padrão foi de 3,86 (BAIN, 1959). Apenas o ano de 2015 [CR(4)_p = 75,12%], o índice registrou concentração muito alta. Compuseram os quatro principais importadores: Dinamarca, Reino Unido e Itália, com participação em todo o período, e os Países Baixos, Bélgica e Coreia do Sul, que reverzaram.

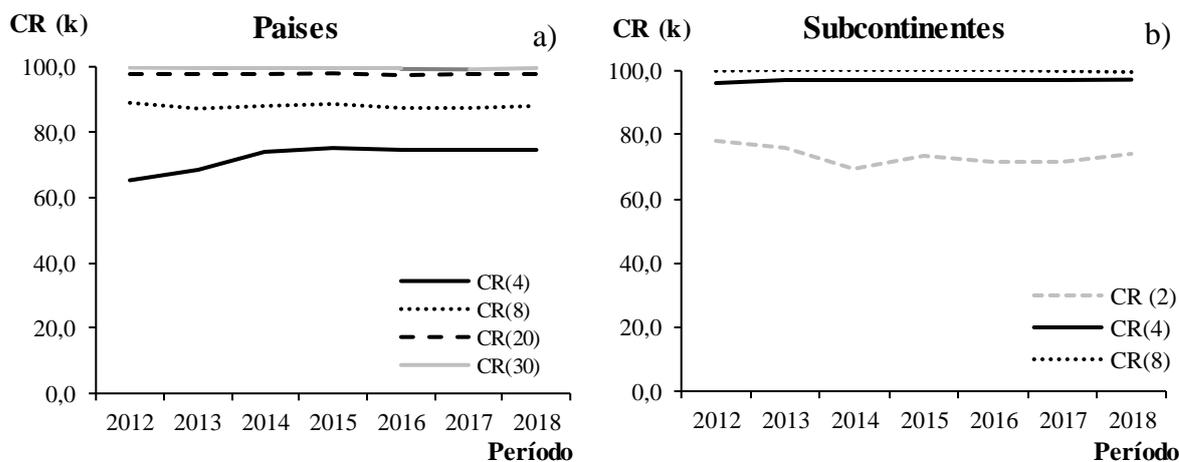


Figura 10.2. Evolução da razão de concentração $[CR(k)]$ da importação mundial de pellets, para os (a) países e (b) subcontinentes, de 2012 a 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A indústria importadora de pellets apresentou uma estrutura oligopólistica de mercado. Para Scherer e Ross (1990), quando o $CR(4)_p$ detêm mais de 40% do mercado de determinado produto, a estrutura desse mercado é oligopólistica. Contudo, a queda na concentração entre 2015 e 2018, indicaram a diminuição na concentração, podendo ser um indicativo que o mercado de pellets está em expansão e a difusão tecnológica de conversão energética, da biomassa densificada, o que torna o combustível mais acessível.

O $CR(8)_p$ oscilou entre 87,20% (máximo), em 2012, e 88,96% (mínimo) em 2013. A média do índice foi de 87,99% e desvio padrão de 0,72, o que caracterizou o mercado como de concentração alta. Participaram do $CR(8)_p$ em algum momento: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Alemanha, Itália, Japão, Países Baixos, Coreia do Sul, Suécia e Reino Unido. O $CR(20)_p$ decresceu de 97,88%, em 2012, para 87,86%, em 2018; o indicador apresentou pouca variação, porém a entrada de novos participantes ocasionou redução do índice. O $CR(30)_p$ apresentou comportamento semelhante, os valores variaram de 99,76% (2012) para 99,49% (2018), notou que apenas metade dos importadores dominam quase todo o mercado de importação mundial de pellets.

A Figura 9.2.b apresenta a análise dos subcontinentes. O número de subcontinentes importadores de pellets aumentou de 15 para 18 membros, entre os anos de 2012 a 2015, decresceu para 17 participantes, em 2016 e assim permaneceu até 2018. O $CR(2)_s$, em 2012, foi de 78,13% e, em 2018, caiu para 74,02%. As regiões participantes foram: Norte da Europa e Europa Ocidental (2012, 2013, 2015 e 2016), Norte da Europa e Sul da Europa (2014) e Norte da Europa e Ásia Oriental (2017 e 2018).

O CR(4)_s evoluiu de 96,16% (2012) para 97,23% (2018), a média do índice foi 97,02%, que indicou concentração muito alta. Reverzaram no posto dos quatro principais importadores: Norte da Europa, Europa Oriental, Sul da Europa, Europa Ocidental e Ásia Oriental. O CR(8)_s foi de 99,97%, em 2012, para 99,91%, em 2018, com média de 99,94% e classificação de concentração muito alta. Costa et al. (2018) estudou a concentração das exportações brasileiras de celulose química, entre os anos de 1990 e 2010, pelas análises CR(k), e concluíram que a concentração é alta. Os autores ainda verificaram a queda da concentração com o aumento do número de países importadores da celulose química brasileira. O que não ocorreu no presente estudo, uma vez que a concentração dos subcontinentes e países não dependeram diretamente da variação do número de participantes para o CR(4) e CR(8).

A Figura 9.3 apresenta a evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para a importação mundial de pellets, de 2012 a 2018.

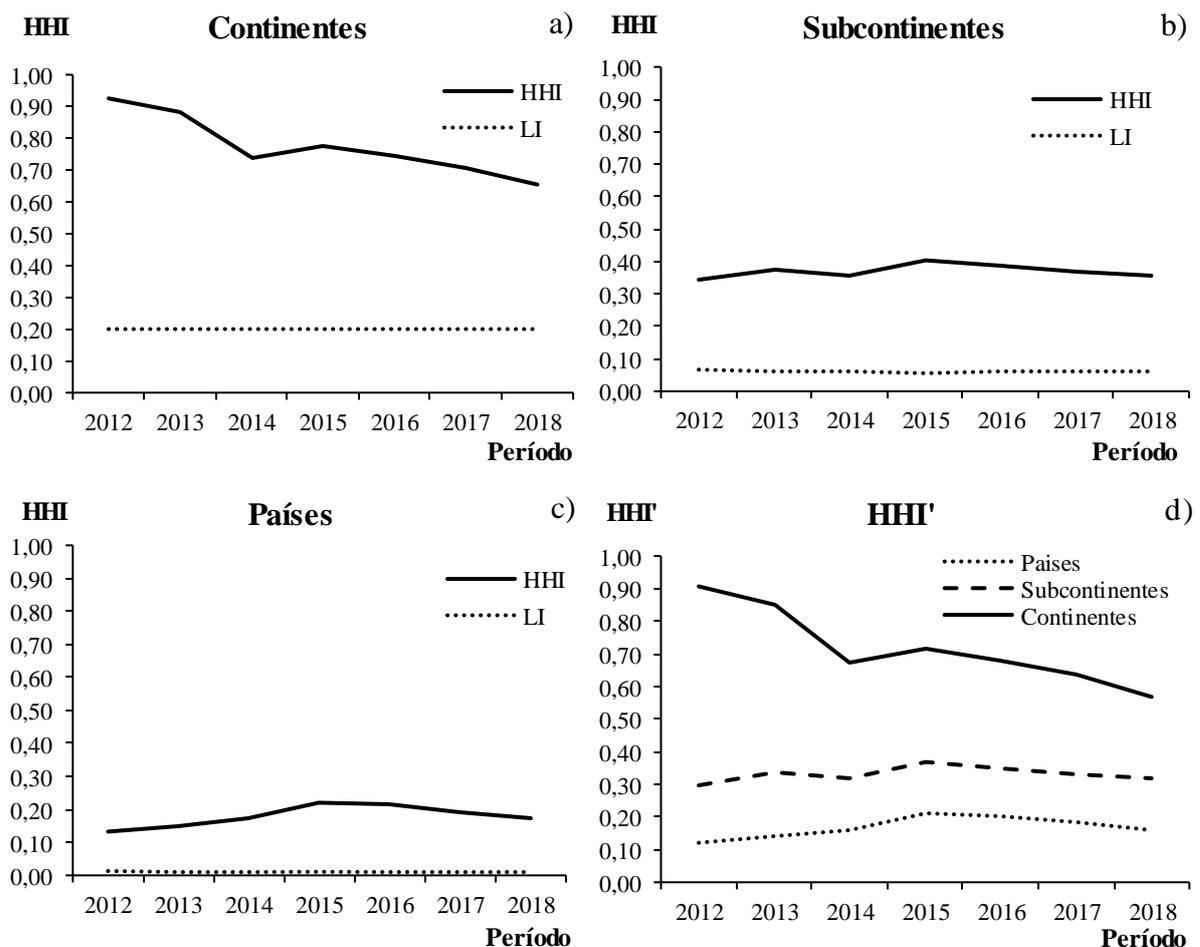


Figura 10.3. Evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes e (c) países, e (d) HHI ajustado, para a importação mundial de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 9.3.a do HHI dos Continentes (HHI_c), a Figura 9.3.b do HHI dos Subcontinentes (HHI_s), a Figura 9.3.c do HHI dos países (HHI_p) e a Figura 9.3.d apresenta o Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI') das importações de pellets dos países (HHI'_p), subcontinentes (HHI'_s) e continentes (HHI'_c). Observou-se que HHI_c apresentou tendência de aproximação ao Limite Inferior (LI); enquanto para o HHI_s e HHI_p houve aproximação, apenas, a partir de 2015. Confirmando assim a propensão a redução da concentração indicada pela razão de concentração dos países CR_p .

Uma vez que o LI depende do número de participantes, o LI dos continentes (LI_c) foi constante e o LI dos subcontinentes (LI_s) e o LI dos países (LI_p) apresentaram pouca variação. Dessa forma, quanto maior o HHI maior será a diferença entre ele e o LI , por consequência, maior a concentração. Para o nível de continentes, a média do HHI_c foi de 0,7749 e do LI_c de 0,20. O ponto de máxima diferença entre o HHI_c e o LI_c ocorreu em 2012, com valor de 0,7255; a menor diferença foi em 2018, com 0,4545; o decréscimo apontou tendência de aumento na competição entre os continentes.

Para os subcontinentes, a diferença média entre o HHI_s e do LI_s foi de 0,3113. O indicador apresentou tendência de aumento na concentração entre 2012 e 2015, com posterior declínio. A menor concentração ocorreu em 2012, a diferença entre o HHI_s e LI_s foi de 0,2772. Com relação aos países, a diferença média entre o HHI_p e LI_p foi de 0,1670, indicando este, como o nível com menor concentração. Assim nos demais, houve aumento da concentração de 2012 a 2015, e posterior aumento da competitividade entre os participantes.

Da Figura 9.3.d, o HHI'_c apresentou média de 0,7186, caracterizando o mercado para continentes como muito concentração alta. Para os subcontinentes, o HHI'_s médio foi de 0,3309, que demonstrou baixa competitividade. Com relação aos países o HHI'_p evoluiu de 0,1210 (2012) para 0,1625 (2018). A média do índice foi de 0,1689, que caracterizou a competição como concentração moderada. O ano com maior concentração foi 2015 ($HHI'_p = 0,2116$). Apenas no ano de 2012 e 2013, as importações mostraram-se como não concentrada.

A Figura 9.4 apresenta a evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para a importação mundial de pellets, de 2012 a 2018. A Figura 9.4.a do E dos Continentes (E_c), a Figura 9.4.b do E dos Subcontinentes (E_s), a Figura 9.4.c do E dos países (E_p) e a Figura 9.4.d mostra o índice de Entropia de Theil ajustado (E') dos países (E'_p), subcontinentes (E'_s) e continentes (E'_c). Pode ser visto, em todas as análises que E e E' apontam para desconcentração da importação de pellets a partir de 2015, corroborando com o HHI e HHI' .

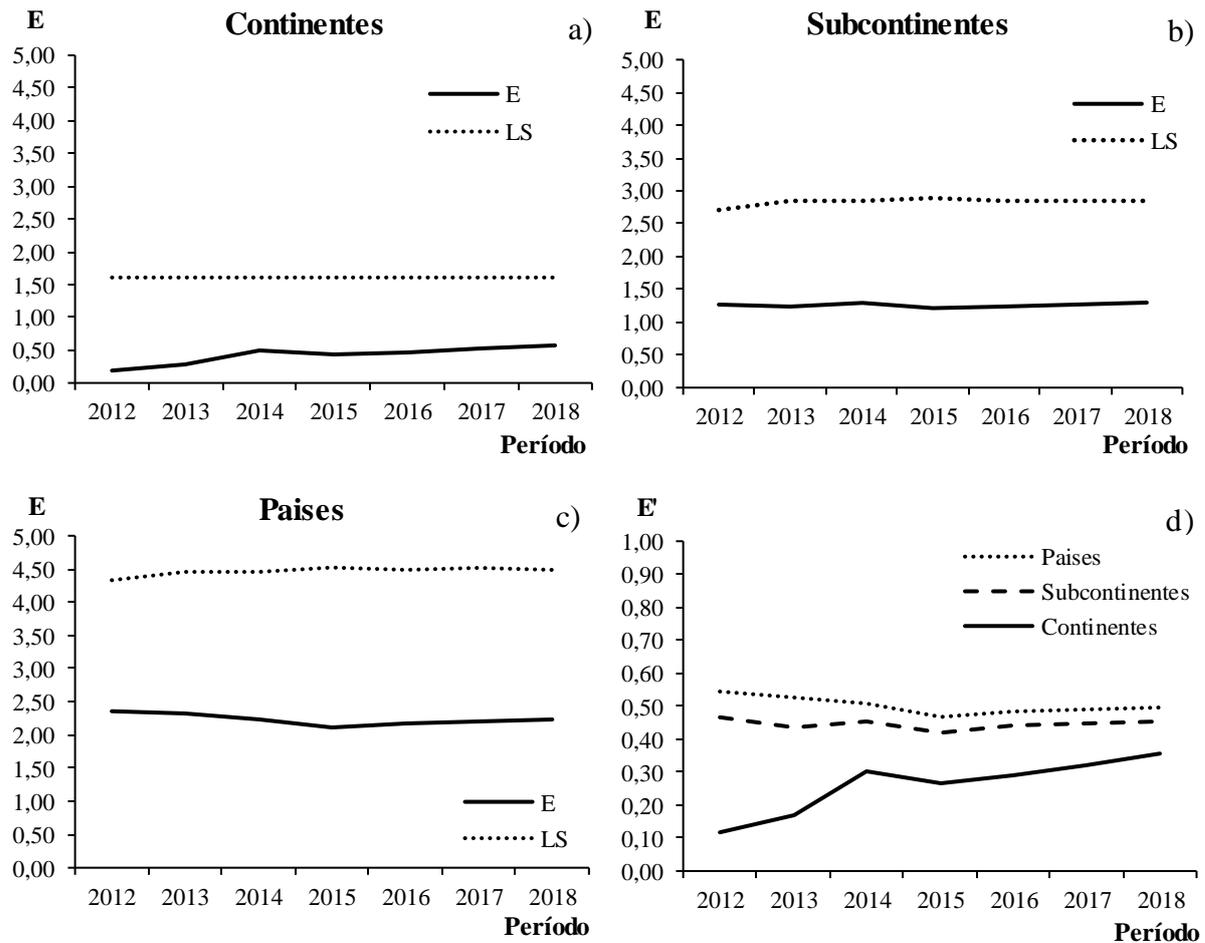


Figura 10.4. Evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) E ajustada, para a importação mundial de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A E_c variou entre 0,1888, em 2012, e 0,5731, em 2018; a E_c média foi de 0,4188, enquanto o LS_c médio foi de 1,6094, resultado em diferença de 1,1906. O índice apontou maior concentração em 2012, com diferença de 1,4206, entre LS_c e E_c . Para os subcontinentes, a diferença média entre o LS_s e a E_s foi de 1,5667, sendo 2015, o ano com maior concentração ($LS_c = 2,8903$ e $E_c = 1,2120$), a alta concentração esteve associado ao número de participantes. Por sua vez, a E_p partiu de 2,3572 (2012) para 2,2322 (2018). O E_p médio foi 2,2357 e o LS_p médio de 2,2267, de 2012 a 2019. Para os países o LS_p mínimo foi de 4,3308, em 2012 e máximo de 4,5217, em 2015; reflexo da alteração do número de importadores, como pode visto na Tabela 9.4.

Os três grupos estudados tiveram comportamento semelhante a partir de 2015, com decréscimo da diferença entre LS e E. Assim, pode-se constatar, segundo o índice de Entropia

de Theil, que de 2015 a 2018 todos os grupos tenderam a diminuir a concentração, mesmo havendo queda na quantidade de países importadores.

A Entropia de Theil ajustado (E') indicou queda na concentração a partir de 2015, para todos os níveis. A E'_c média foi de 0,2601, o que indicou este nível, como o de maior concentração, dado o baixo número de participantes e o grande domínio do continente europeu sobre as importações de pellets. Para os subcontinentes e os países a concentração decresceu de forma sutil, a parti de 2015; a média da E'_s foi de 0,4453, enquanto a da E'_p foi 0,5013. Para todos os níveis notou-se concentração forte.

A desigualdade das importações mundiais de pellets é apontada na Figura 9.5.a, segundo o Coeficiente de Gini (G) para os continentes (G_c), subcontinentes (G_s) e países (G_p) entre os anos de 2012 e 2018. Registrou-se variações das curvas de Gini para os três níveis, no geral houve aumento da desigualdade, principalmente para subcontinentes e países. Os maiores valores do coeficiente foram referentes aos países, seguidos dos subcontinentes e continentes. Na Figura 9.5.b é mostrado comportamento da concentração de pellets de madeira de acordo com o Índice de Hall e Tideman (HTI). Em todos os casos, pode ser visto, menores valores do índice em 2018 quando comparado a 2015, confirmando a tendência de redução na concentração das importações mundiais de pellets para todos os grupos estudados.

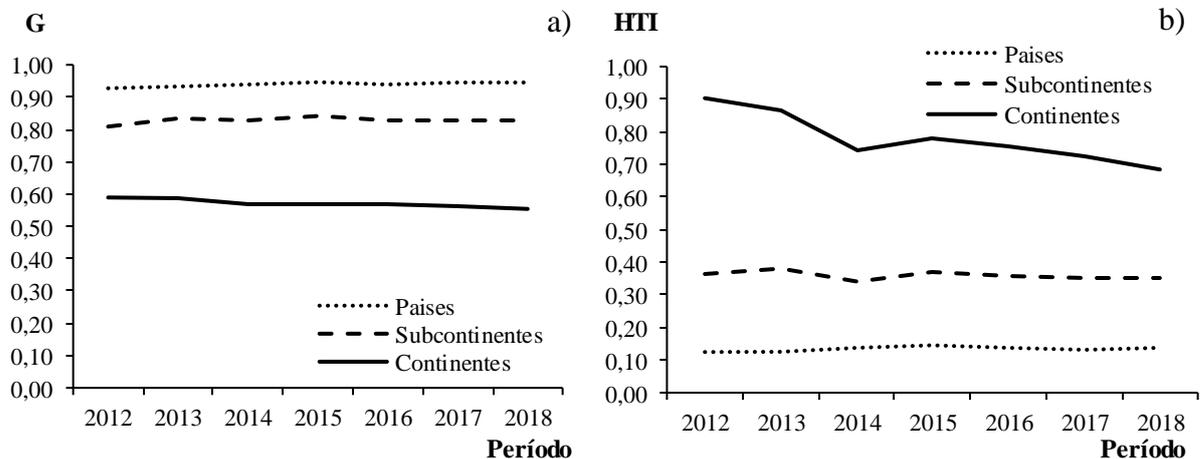


Figura 10.5. (a) Coeficiente de Gini (G) e (b) o índice de Hall e Tideman (HTI), para países, subcontinentes e continentes importadores de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O G_c variou entre 0,5893, em 2012, para 0,5539, em 2018; a média foi de 0,5706, que representou desigualdade média a forte. O G_s médio (0,8280) foi classificado como forte a muito forte, com máximo de 0,8418, em 2015, e mínimo de 0,8088, em 2012. Por sua vez, o G_p alternou de 0,9463, em 2015, e 0,9275, em 2012, apresentando média de (0,9393) e

desigualdade muito forte a absoluta, por todo o período estudado. O aumento do número de países importadores entre 2012 e 2015 não garantiu a redução da desigualdade, pois muitos países ainda não apresentavam competitividade forte na importação de pellets. Por outro lado, Costa et al. (2018), utilizando o Gini, observou queda da desigualdade das exportações brasileiras de celulose química, mesmo com o aumento do número de países importadores, ou seja, maior distribuição do volume exportado entre eles.

Noce et al. (2005), avaliaram, segundo o Índice de Gini, a concentração do mercado de madeira serrada, no período de 1997 a 1999, e o classificaram com desigualdade muito forte a absoluta. Com o mesmo índice, Noce et al. (2007) identificou desigualdade forte e absoluta no mercado de compensados de madeira, no período de 1998 a 2002, uma vez que as quatro principais nações exportadoras do produto concentraram mais de 50% do total de compensados de madeira exportado. Coelho Junior et al. (2013) também se utilizaram do Coeficiente de Gini para classificar a concentração de mercado de produtos florestais, no período de 1961 a 2008, e concluíram que a desigualdade do mercado é forte e absoluta. A justificativa para tal fato é que apesar do aumento de exportadores de produtos florestais ao longo do período de análise, um número reduzido de competidores concentra frações cada vez maiores das exportações internacionais desses produtos.

O HTI quando igual a um é classificado como condição de monopólio. Por sua vez, como condição de perfeita igualdade quando o índice tem valor igual a $1/n$, onde n é o número total de participantes no ano em análise. O valor de perfeita igualdade para os continentes foi de 0,20, para todo o período; para os subcontinentes variou entre 0,0556 (2015) e 0,0667 (2012), e para os países variou entre 0,0109 (2015) e 0,0131 (2012). Por sua vez, o HTI_c dos continentes teve valor máximo de 0,9033 (2012) e mínimo de 0,6846 (2018); o HTI_s dos subcontinentes ficou entre 0,3407 (2014) e 0,3655 (2012). O HTI_p dos países variou de 0,1247 (2012) e 0,1454 (2015). De forma geral houve queda da concentração de 2015 a 2018.

10.4 CONCLUSÃO

No período de 2012 a 2018, houve crescimento da importação mundial de pellets, de $8,76 \times 10^6$ t, em 2012, para $22,15 \times 10^6$ t, em 2018, que representou aumento de 16,67% a.a. A importação mundial dos pellets de madeira está concentrada no continente da Europa, destacando o subcontinente do Norte europeu e os países da Dinamarca, Reino Unido e Itália.

Para os países, os métodos de medidas de concentração classificaram, predominante, as importações mundiais de pellets como alta (*CR*) e moderadamente concentrada (*HHI*). Já o

Coeficiente de Gini, identificou desigualdade muito forte nas importações de pellets de madeira no mundo. O ano de 2015 foi o ano que apresentou maior concentração e desigualdade, mesmo sendo o ano com maior número de importadores. Assim, o aumento do número de países importadores não foi suficiente para reduzir a desigualdade nem a concentração. Todos os métodos utilizados apontaram para um processo de desconcentração nas importações de pellets de 2015 a 2018.

10.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHION, P.; BLOOM, N.; BLUNDELL, R.; GRIFFITH, R.; HOWITT, P. Competition and Innovation : An Inverted-U Relationship. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 120, n. 2, p. 701–728, mai. 2005.

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: Wiley, 1959.

BIKKER, J. A.; HAAF, K. **Competition and concentration review of the literature**. Amsterdam: De Netherlands Bank, 2001.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Divisão de Inteligência Comercial**. Como Exportar: França / Ministério das Relações Exteriores. Brasília: MRE, 2014. 120 p.; il. (Coleção estudos e documentos de comércio exterior).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimentos. **Japoneses querem aumentar exportação de biomassa produzida aqui para o Japão** (artigo publicado em 01/12/2016). 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/japoneses-querem-aumentar-exportacao-de-biomassa-produzida-aqui-para-o-japao>. Acesso em 03/05/2020.

CARASCHI J.C.; GARCIA, D.P. **A expansão do mercado de pellets de madeira: Painel Florestal**, fevereiro de 2012. Disponível em: painelflorestal.com.br/.../a-expansao-do-mercado-de-pellets-de-made. Acesso em 18/05/2012.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; ÁVILA, E. S.; OLIVEIRA, A. D.; BORGES, L. A. C. Analysis of the brazilian cellulose industry concentration (1998 – 2007). **Cerne**, Lavras, v. 16, n.2, p. 209–216, abr/jun. 2010.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, [s. n.], p. 693-703, out./dez. 2013.

CUENCA, M. A. G.; DOMPIERI, M. H. G. Dinâmica espacial da canavicultura e análise dos efeitos sobre o valor bruto da produção, na região dos tabuleiros costeiros da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 91-106, out./dez. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FAO Data**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Acesso em: 10 jan. 2020.

GINI, C. **Variabilità e mutuabilità**. Contributo allo studio delle distribuzioni e delle relazioni statistiche. Bologna: C. Cuppini, 1912.

JOHANNSDOTTIR, L.; MCINERNEY, C. Calls for Carbon Markets at COP21: a conference report. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 124, p. 405-407, jun. 2016.

JAKOB, J.C.; STECKEL, J. C. **How climate change mitigation could harm development in poor countries**, **Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 161-168, mar. 2014.

KOVALYSHYN, S.; KAYGUSUZ, O.; GUNEY, M. S. Global energy demand and woody biomass. **Journal of Engineering Research and Applied Science**, v. 8, n. 1, p. 1119-1126, 30 Jun. 2019.

KOVACEVIC, M.; CALDERON, M. C. Multidimensional Poverty Index: 2014 Specifications. **UNDP Human Development Report Office Occasional Paper**, [s. l.], p. 25, dez. 2014.

KRISTÖFEL, C.; STRASSER, C.; SCHMID, E.; MORAWETZ, U. B. The wood pellet market in Austria: A structural market model analysis. **Energy Policy**, [s. l.], v. 88, [s. n.], p. 402–412, jan. 2016.

LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 19, n. 41, p. 150–172, dez. 2014.

NOCE, R.; CARVALHO, A. M. M. R.; CANTO, L. J.; SILVA, L. M.; MENDES, M. L. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 107-110, jan./mar. 2007.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 85, [s. n.], p. 1011-1016, jan. 2016.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 27, n. 6, p. 653-669, dez. 2004.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento: **Índice de Desenvolvimento Humano**. [s. l., 2019]. Disponível em: www.br.undp.org/content/brazil/pt/home.html. Acesso em: 10 de jan. 2020.

POSSAS, M. L. **Estruturas de mercado em oligopólio**: economia e planejamento. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

RAYMOND, J.S.; DONALD S. L.; ALEXANDER, A. B.; KAREN, M. K.; XIAOTING, W.; HIMANSHU, J. P.; MICHAEL, D.; MICHAEL, P.T. The Effect of Hospital Market Competition on the Adoption of Transcatheter Aortic Valve Replacement. **The Annual Meeting of The Society of Thoracic Surgeons**, San Diego, v. 109, n. 2, p. 473-479, 2019.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, jul./set. 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. *In*: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Orgs.). Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

SELVATTI, T. D. S.; BORGES, L. A. C.; SOARES, H. C. C.; SOUZA, Á. N. D.; COELHO JUNIOR, L. M. Global production concentration of medium density fiberboard (MDF) (1995 - 2016). **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 5, p. e420506, 2018.

SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, São Leopoldo, v. 12, n. 1, p. 29-41, jan./jun. 2016.

SUN, L.; NIQUIDET, K. Elasticity of import demand for wood pellets by the European Union. **Forest Policy and Economics**, [s. l.], v. 81, [s. n.], p. 83–87, ago. 2017.

TAVARES, M. A. M. E.; TAVARES, S. R. L. Perspectivas para a participação do Brasil no mercado Internacional de pellets. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 5, n. 31, p. 292-306, set. 2015.

11 ARTIGO 4 - ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL DE PELLETS (2012-2018)

RESUMO

A necessidade de suprir a crescente demanda de energia sem comprometer as futuras gerações, tem impulsionado o consumo de energias renováveis, entre elas, a biomassa. Por suas vantagens, os biocombustíveis densificados tem despertado grande interesse do comércio internacional de energia. O rápido crescimento desse mercado tem fomentando estudos para melhor compreender a sua estrutura de mercado. Nesse sentido, este trabalho analisou a concentração e desigualdade do consumo mundial de pellets entre 2012 e 2018. Os dados de importações foram obtidos da Food and Agriculture Organization Of The United Nations – FAO. Os indicadores utilizados foram a Razão de Concentração, Índice de Hirschman-Herfindal, Índice de Entropia de Theil, Coeficiente de Gini e Índice de Hall-Tideman. Os resultados indicaram rápido crescimento (13,07% a.a.) do consumo mundial de pellets. Os índices de concentração $CR(k)$, HHI, E e HTI apontaram decréscimo na concentração da produção mundial de pellets, a partir de 2015. Entre os níveis territoriais, observou menor grau de concentração entre os países e os subcontinentes. O índice de Gini avaliou a produção como desigualdade forte a muito forte, contrapondo o apresentado pelo demais índices. A Europa ainda é responsável por grande parte do consumo mundial de pellets de madeira, contudo, a Ásia tem ganhado destaque pelo acentuado crescimento, principalmente com o consumo no Japão.

Palavras-Chave: Bioenergia; biomassa densificada; economia florestal; estrutura de mercado.

ARTICLE 4 - ANALYSIS OF THE CONCENTRATION OF WORLD PELLET CONSUMPTION (2012-2018)

ABSTRACT

The need to supply the growing demand for energy without compromising future generations, has driven the consumption of renewable energies, including biomass. Due to their advantages, densified biofuels have aroused great interest in the international energy trade. The rapid growth of this market has fostered studies to better understand its market structure. In this sense, this work analyzed the concentration and inequality of world consumption of pellets between 2012 and 2018. Import data were obtained from the Food and Agriculture Organization Of The United Nations - FAO. The indicators used were the Concentration Ratio, Hirschman-Herfindal Index, Theil Entropy Index, Gini Coefficient and Hall-Tideman Index. The results indicated rapid growth (13.07% a.a.) of world consumption of pellets. The concentration indexes CR (k), HHI, E and HTI pointed to a decrease in the concentration of world pellet production, starting in 2015. Among territorial levels, there was a lower degree of concentration between countries and subcontinents. The Gini index evaluated production as strong to very strong inequality, in contrast to that presented by the other indexes. Europe is still responsible for a large part of the world consumption of wood pellets, however, Asia has gained prominence due to the sharp growth, mainly with consumption in Japan.

Keywords: Bioenergy; densified biomass; forest economy; market structure.

11.1 INTRODUÇÃO

Muitos danos ambientais, alguns irreversíveis, ocasionados pelo uso abusivo de combustíveis fósseis, grandes emissores de Gases do Efeito Estufa (GEE), vem mobilizando a atenção de cientistas, entidades e dirigentes governamentais em buscar de mitigar tais efeitos. Bem como, suprir a crescente demanda energética sem comprometer os recursos para as próximas gerações. Nesse sentido, um marco mundial importante foi a Conferência sobre Mudança Climática de Paris (COP21), em 2015. Ao todo, 195 países assinaram o acordo global sobre mudança climáticas, destacando a transição para uso de energia de baixo carbono, energia mais limpa, renovável e sustentável. Foi assegurado ainda a acessibilidade, preços competitivos e confiáveis, e incentivos ao desenvolvimento de tecnologias para geração de energia limpa. Como reflexo, o mercado de pellets tem apresentado crescimento, mostrando-se como recurso importante mundialmente (CARASCHI; GARCIA, 2012; FERREIRA PIMENTA E NARDELLI, 2016; GUNNEY, 2019; JOHANNSDOTTIR; MCINERNEY, 2016; NUNES et al., 2016; THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014).

A necessidade de aquecimento para conforto térmico, devido ao clima frio na maior parte do ano, somado aos incentivos de alguns governos europeus para compra de aquecedores a pellets, colocam a Europa num patamar de destaque quanto ao uso de biocombustíveis sólidos (SERRANO, 2009; TAVARES; TAVARES, 2015; TRØMBORG et al., 2013). Os incentivos governamentais são fundamentais, pois para se produzir ou consumir pellets (geração de eletricidade) a partir de usinas de carvão é preciso uma modernização dos maquinários, consequentemente, investimento de capital significativo (SUN; NIQUIDET, 2017).

Em 2011, o consumo mundial de pellets foi de 14,4 milhões de toneladas, sendo 11,5 milhões consumidos somente na União Europeia (UE) (MOBINI et al., 2013). Já em 2013, o consumo da UE aumentou para 18,7 milhões de toneladas (KRISTÖFEL et al., 2015). Em 2014, a UE foi o maior produtor mundial de pellets do mundo, atingindo uma produção estimada de 13,1 milhões de toneladas; além de ser um excepcional importador, com a importação de 8 milhões de toneladas em 2014. Esse consumo é direcionado para geração de energia térmica e elétrica, em aplicações industriais e comerciais de média e grande escala. Alguns países europeus consomem, basicamente, o que produzem, como Alemanha e Áustria, outros tem sua demanda dependente das importações, como é o caso do Reino Unido, Itália, Dinamarca, Bélgica e Suécia, o que tem acentuado o mercado internacional de pellets de madeira (ARRANZ et al., 2015; GOETZL, 2015; HELMINGER; MARTINS; HENDERYCKX, 2016).

A concentração industrial tem-se revelado um conceito extremamente útil para a classificação de um mercado segundo sua estrutura. Concentração de mercado pode ser analisada de uma forma estática, em um determinado ponto no tempo, ou na forma dinâmica, intervalo de tempo. Por sua vez, Kon (1994) descreveu várias medidas para verificar o grau de concentração entre elas: a razão de concentração, o índice de Herfindahl-Hirschman e o coeficiente de desigualdade de Gini. Ele afirmou ainda que essas medidas são essenciais para examinar a dinâmica de mercado. O estudo da estrutura do mercado internacional dos pellets faz-se necessário para compreender a dinâmica da comercialização desse produto, uma vez que as decisões de preço, investimento e níveis de produção de uma dada empresa têm relação direta com a estrutura de mercado a qual pertence e do comportamento das empresas concorrentes (RESENDE, 1994; SOARES et al., 2006; PINDYCK; RUBINFELD, 2005).

Diversos ensaios avaliaram a concentração de mercado florestal, dentre esses: Noce et al. (2005), sobre o mercado internacional de madeira serrada; Noce et al. (2008), para o mercado internacional de aglomerado; Heimann et al. (2015) analisou a concentração do mercado de molduras importadas pelos Estados Unidos entre 2005 e 2009 e Coelho Junior (2017) analisou o grau de concentração do Valor Bruto da Produção (VBP) do abacaxi no Paraná entre 1995 e 2010.

Embora existam diversos trabalhos de concentração na área florestal, não há estudos focados ao consumo de pellets. Assim, este artigo analisou da concentração do consumo mundial de pellets, de 2012 a 2018.

11.2 MATERIAL E MÉTODOS

11.2.1 Dados Utilizados

Os dados utilizados para mensurar a concentração do consumo de pellets no cenário mundial, foram obtidos da da Food and Agriculture Organization Of The United Nations – FAO, referente aos anos de 2012 a 2018, período onde se encontram os dados disponíveis. O software utilizado para processamento dos dados e execução da metodologia foi o Microsoft Excel. Como a FAO não fornece diretamente os dados de consumo, foram utilizados os dados de produção, importação e exportação, uma vez que estes encontram-se disponíveis no site da FAO. Dessa forma, o consumo de cada participante foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$C = P + I - E \quad (1)$$

Onde, P é a produção, I é a importação e E é a exportação anual do participante.

Para análise de conjuntura mundial utilizou o consumo de pellets dos continentes para 2012 a 2018, todos os anos com dados disponíveis. Também, mostrou a evolução dos dez maiores produtores e do Brasil, com base em 2018, e seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Com a finalidade de estimar os ganhos e perdas do consumo mundial de pellets utilizou a Taxa de Crescimento Geométrica (TGC), expressa em percentual anual (% a.a.), conforme a Equação 2 (CUENCA; DOMPIERI, 2016; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD, 2019).

$$TGC = \left[\left(n \sqrt{\frac{V_n}{V_0}} \right) - 1 \right] * 100 \quad (2)$$

Em que: V_n = valor referente ao consumo (t) de pellets no ano final; V_0 = valor referente ao consumo (t) de pellets no ano inicial; n = variação temporal (expressa em anos).

11.2.2 Medidas de concentração e desigualdade

Os indicadores de concentração utilizados neste estudo, são: Razão de Concentração, Índice de Hirschman-Herfindal, Índice de Entropia de Theil, Coeficiente de Gini e Índice de Hall-Tideman descritos a seguir:

A Razão de Concentração [$CR(k)$], equação 3, considera a participação das k regiões (países e subcontinentes) maiores consumidores de pellets no cenário internacional, em ordem decrescente.

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (3)$$

Em que, o $CR(k)$ = Razão de Concentração de k consumidores (países e subcontinentes) de pellets; S_i = *market share*, consumo de pellets do participante i em relação ao total consumido mundialmente.

Foram calculadas as razões de concentração dos quatro [$CR(4)$] e oito [$CR(8)$] maiores consumidores (países e subcontinentes) e classificadas, segundo Bain (1959), conforme a Tabela 10.1. Ainda neste estudo, foi mensurado os vinte [$CR(20)$] e os trinta [$CR(30)$] países maiores consumidores e os dois [$CR(2)$] para os subcontinentes.

Tabela 11.1. Classificação do grau de concentração dos quatro e oito maiores países consumidores.

Grau de Concentração	CR(4)	CR(8)
Muito Alto	75% ou mais	90% ou mais
Alto	65% - 75%	85% - 90%
Moderadamente Alto	50% - 65%	70% - 85%
Moderadamente Baixo	35% - 50%	45% - 70%
Baixo	35% ou menos	45% ou menos

Fonte: Bain (1959).

O Índice de Herfindahl–Hirschman (HHI) mede a concentração industrial utilizando o somatório da participação, ao quadrado, do consumo de todos países consumidores de pellets, por meio da equação 4.

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (4)$$

Na qual, n = número de países consumidores de pellets no mundo; S_i = *market share*, em porcentagem, da região i para o valor da venda de pellets. O HHI evidencia os pesos relativos dos consumidores, pois quando se elevar ao quadrado atribui-se maior peso aos que têm maior participação. O índice varia de $1/n$ (situação em que todas as regiões consomem a mesma quantia) a 1 (quando há uma concentração máxima, monopólio). Quando ocorre variação no número de consumidores ao longo do tempo, o limite inferior ($1/n$) do HHI também varia, dificultando a comparação. Para solucionar essa limitação Resende (1994) propõe o Índice Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI'), Equação 5, em que os limites do HHI' são fixos entre 0 e 1 e classificado de acordo com a Tabela 10.2.

$$HHI' = \frac{1}{n-1} (nHHI - 1); \quad n > 1 \quad (5)$$

O Coeficiente de Gini (G) foi inicialmente desenvolvido para medir a desigualdade de renda. Contudo, pode ser usado para medir o grau de desigualdade existente no consumo de pellets no mundo, uma vez que quanto maior a concentração mais elevada é a desigualdade. O coeficiente é calculado conforme a Equação 6.

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i)}{n} \quad (6)$$

Em que, n = número de consumidores de pellets; S_{ij} = participação cumulativa, em porcentagem, da região i para o valor da venda de pellets, em ordem crescente; S_i = *market*

share, em porcentagem, da região *i* para o valor da venda de pellets. O índice varia entre 0 e 1 e , adotou a classificação da Tabela 10.3, conforme Coelho Junior et al. (2010).

Tabela 11.2. Classificação do Índice Herfindahl-Hirschman ajustado.

Classificação	Intervalo
Mercado competitivo	$HHI' < 0,10$
Mercado não concentrado	$0,10 \leq HHI' < 0,15$
Concentração moderada	$0,15 \leq HHI' \leq 0,25$
Concentração alta	$HHI' > 0,25$

Fonte: Resende (1994)

Tabela 11.3. Classificação do grau de desigualdade, de acordo com o Coeficiente de Gini, dos maiores consumidores.

Classificação	Intervalo
Desigualdade nula a fraca	0,101 – 0,250
Desigualdade fraca a média	0,251 – 0,500
Desigualdade média a forte	0,501 – 0,700
Desigualdade forte a muito forte	0,701 – 0,900
Desigualdade muito forte a absoluta.	0,900 – 1,000

Fonte: Coelho Junior et al. (2010).

O Índice de Entropia de Theil (E), Equação 7, pode ser aplicado à economia industrial para medir a concentração de qualquer setor, nesse caso, do consumo mundial de pellets.

$$E = - \sum_{i=1}^n \ln(S_i) \quad (7)$$

Em que, n = número de participantes; S_i = *market share*, em porcentagem, da região *i* para o valor da venda de pellets; \ln = logaritmo neperiano. Resende e Boff (2002) indicaram o uso do Índice de Entropia de Theil nas análises de concentração industrial. O índice de Entropia mede o inverso da concentração. Quanto menor o valor do índice mais concentrada é o consumo mundial de pellets.

Resende (1994) indicou o índice de entropia ajustado (E') para análises intertemporais, de acordo com a Equação 8.

$$E' = - \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (8)$$

Desta forma, a E' varia entre 0, monopólio (concentração máxima), e 1, concorrência perfeita (concentração mínima).

O Índice de Hall-Tideman (HTI) é um indicador de desigualdade que considera todos os consumidores de pellets envolvidos na atividade, incorporando o número do ranking à participação de cada um (Equação 9).

$$HTI = \frac{1}{2 \sum_{i=1}^n (i \cdot S_i) - 1} \quad (9)$$

Em que n = número de participantes, i = a posição no ranking do participante, S_i = market share, em porcentagem, do participante em relação ao consumo mundial de pellets. O intervalo do HTI varia entre $1/n$, condição de perfeita igualdade, e 1, condição de monopólio ou desigualdade absoluta.

11.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de 2012, todos os continentes registraram participação no consumo mundial de pellets. Contudo, essa participação não foi homogênea, com domínio do consumo no continente europeu. A Figura 10.1 apresenta o consumo de pellets no mundo, em milhões de toneladas ($\times 10^6$ t), distribuído entre os continentes, entre os anos de 2012 a 2018. O consumo de pellets no mundo mais que dobrou, passou de $17,1 \times 10^6$ t (2012) para $35,8 \times 10^6$ t. (2018). Todos os continentes aumentaram seus respectivos consumos de pellets de madeira, em toneladas, no decorrer do período estudado. Contudo, em termos de crescimento relativo, a Europa e a América perderam espaço para a Ásia. A Europa em 2012 representava 86% e em 2018 passou para 75%, a América passou de 11% para 7%, a Ásia, por sua vez, cresceu de 2% para 17% do total consumido. O consumo da África e Oceania somados pouco superou a marca de 0,5% do total anual, no período de 2012 a 2018.

Em 2018, os dez principais consumidores de pellets de madeira foram o Reino Unido, Coreia, Dinamarca, Itália, Alemanha, Suécia, Estados Unidos, França, Bélgica e Japão. Onde, 70% são europeus, 20% asiáticos e 10% norte americanos. A soberania europeia pode estar relacionada aos compromissos ambientais acordados pelos dirigentes de alguns países no “Quadro energia-clima 2030”, cujo cerne foi reduzir em 40% as emissões de GEE em relação ao ano de 1990, elevar a participação das energias renováveis à 27% do consumo da energia da União Europeia e melhorar a eficiência energética em 30% (QUÉNO et al., 2019). A Tabela 10.4 apresenta as Taxas de Crescimento Geométrico (TGC), o ranking dos dez maiores, posicionamento do Brasil no ranking e o número de países consumidores, de 2012 e 2018.

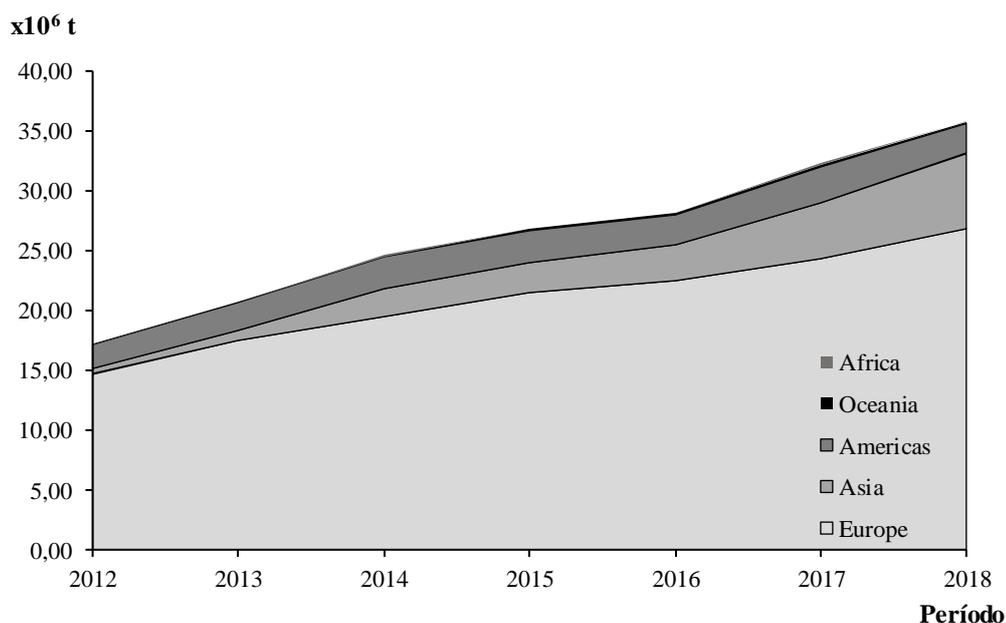


Figura 11.1. Evolução do consumo mundial de pellets, por continentes, em milhões de toneladas ($\times 10^6$ t), de 2012 a 2018.

Fonte: FAO (2020)

A maior taxa de crescimento geométrica (TGC, para o consumo de pellets, foi da Coreia (74,76% a.a.) e a menor foi dos Estados Unidos (0,10% a.a.). Enquanto o consumo mundial cresceu a 13,07% a.a., os dez maiores consumidores evoluíram a 14,11% a.a.. A maioria desses países apenas alternaram posições entre si. Contudo, o Reino Unido, maior consumidor de pellets dependeu fortemente de importações; em 2018; 96,53% do consumido foi importado (FAO, 2020; GOELTZ, 2015). A Coreia se destacou pelo acentuado crescimento, saltando de 17º (2012) para 2º (2018) no ranking. Em 2018, o Estado coreano consumiu 3,9 milhões de toneladas de pellets, sendo 87,99% adquirido por importação.

O Brasil, por sua vez, em 2012, consumiu 57,3 mil toneladas e 282 mil, em 2018. Contudo, o consumido, em 2018, representou apenas 55,71% da produção de pellets nacional, revelando potencial no aumento de exportações, posto que os pellets brasileiros originários da maravalha de madeira de pinus são de boa qualidade e atende os requisitos necessários para obter a certificação europeia Premium ENplus, o que é excelente para expandir as exportações dessa biomassa (GARCIA et al., 2016; QUÉNO, 2015). Somado a isto, sua privilegiada capacidade de geração hidrelétrica justifica o baixo consumo de pellets no país. O qual é utilizado, principalmente, em pizzarias, academias, hotéis, residências e em pequenas e médias indústrias (REMADE, 2012).

Tabela 11.4. Taxas de Crescimento Geométrico (TGC), ranking dos dez maiores, posicionamento do Brasil no ranking e o número de países consumidores, de 2012 e 2018.

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TGC (%)
Reino Unido	1,71	3,58	5,01	6,83	7,09	7,05	7,3	27,35
Coreia	0,14	0,5	1,9	1,59	1,89	2,9	3,92	74,76
Dinamarca	2,06	2,2	2,2	2,17	1,99	2,67	3,31	8,21
Itália	1,49	2,14	2,37	2,09	2,05	2,17	2,63	9,88
Alemanha	1,74	2,03	1,81	1,76	2,01	2,19	2,19	3,82
Suécia	1,49	2,06	1,85	1,77	1,78	1,81	2,06	5,51
Estados Unidos	1,66	1,97	2,16	2,06	1,89	1,91	1,67	0,1
França	0,61	0,83	1,1	0,91	1,21	1,43	1,53	16,73
Bélgica	1,3	0,89	0,96	1,22	1,24	1,42	1,5	2,44
Japão	0,15	0,17	0,22	0,36	0,47	0,63	1,18	41,66
Brasil	0,06	0,06	0,04	0,05	0,1	0,36	0,28	30,42
Resto do mundo	3,4	2,93	3,63	4,72	5,16	6,39	6,62	11,75
Mundo	17,1	20,7	24,6	26,9	28,2	32,3	35,8	13,07
1°	DNK	GBR	GBR	GBR	GBR	GBR	GBR	-
2°	DEU	DNK	ITA	DNK	ITA	ROK	ROK	-
3°	GBR	ITA	DNK	ITA	DEU	DNK	DNK	-
4°	USA	SWE	USA	USA	DNK	DEU	ITA	-
5°	ITA	DEU	ROK	SWE	USA	ITA	DEU	-
6°	SWE	USA	SWE	DEU	ROK	USA	SWE	-
7°	BEL	BEL	DEU	ROK	SWE	SWE	USA	-
8°	NLD	AUT	FRA	BEL	BEL	FRA	FRA	-
9°	AUT	FRA	BEL	FRA	FRA	BEL	BEL	-
10°	POL	NLD	AUT	AUT	AUT	AUT	JPN	-
Brasil	29°	26°	32°	32°	29°	18°	20°	-
N° de países	77	82	87	90	89	93	93	-

Códigos ISO: AUT = Áustria; BEL = Bélgica; DEU = Alemanha; DNK = Dinamarca; GBR = Reino Unido; ITA = Itália; SWE = Suécia; ROK = Coreia; JPN = Japão; NLD = Holanda; BEL = Bélgica; POL = Polônia; USA = Estados Unidos; FRA = França.

Fonte: FAO (2020)

A Figura 10.2 apresenta a evolução da razão de concentração [$CR(k)$] do consumo mundial de pellets, de 2012 a 2019. A Figura 10.2.a mostra o comportamento da Razão de Concentração dos quatro [$CR(4)_p$], oito [$CR(8)_p$], vinte [$CR(20)_p$] e trinta [$CR(30)_p$] países maiores consumidores de pellets de madeira no mundo. De acordo com a classificação de Bain (1959), o $CR(4)_p$ apresentou concentração moderadamente baixa para todos os anos estudados, com média de 46,73%, tiveram participação no índice: Dinamarca, Alemanha, Itália, Coreia, Suécia, Estados Unidos e Reino Unido, principal consumidor mundial de pelletes, entre 2013 e 2018. O $CR(8)_p$ foi moderadamente alto de 2012 a 2016 e, em 2017 e 2018, moderadamente baixo, a média para todo o período foi de 72,13% (moderadamente alto); o decréscimo no índice

esteve associado a entrada de quatro novos participantes e ao elevado aumento do consumo no Japão, na Espanha e na Polônia.

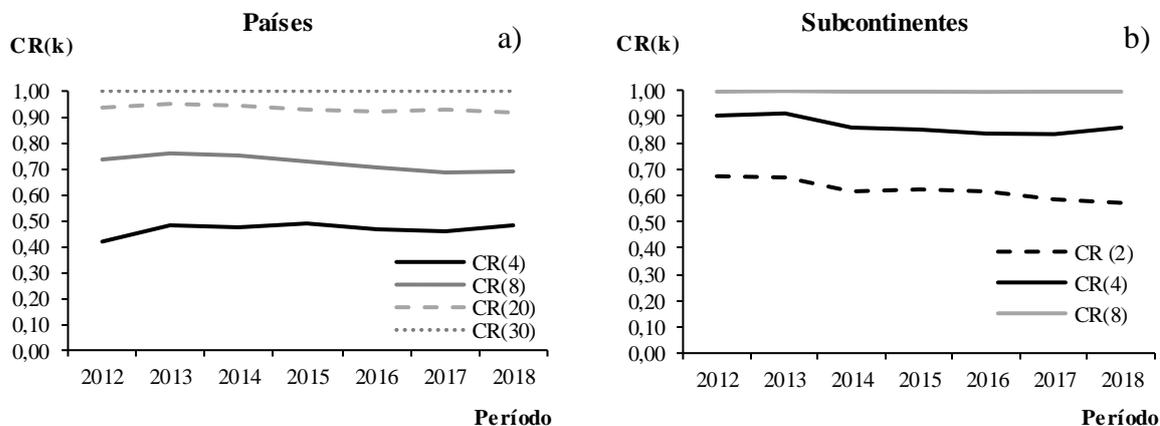


Figura 11.2. Evolução da razão de concentração [CR(k)] do consumo mundial de pellets, para os (a) países e (b) subcontinentes, de 2012 a 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O $CR(20)_p$, entre os anos de 2012 a 2018, passou de 93,6% para 91,7% do consumo global. Por sua vez, o $CR(30)$ concentrou aproximadamente 100% do consumo, de 2012 a 2018, ou seja, dos 75 países consumidores de pellets de madeira, o efetivo concentra-se entre os trinta maiores consumidores. O crescimento do consumo mundial, bem como o aumento do número de países consumidores não garantiu a desconcentração do consumo mundial de pellets de madeira.

Observa-se na Figura 10.2.b os dois $[CR(2)_s]$, quatro $[CR(4)_s]$ e oito $[CR(8)_s]$ subcontinentes maiores consumidores de pellets de madeira no mundo. O $CR(2)_s$ em 2012 centralizou 67,27% e, em 2018, caiu para 57,14% do total consumido. Os subcontinentes que participaram do índice foram a Europa do Norte e a Europa Ocidental. O $CR(4)_s$ decresceu de 90,24%, em 2012, para 85,54% em 2018, indicando queda na concentração para este nível; juntaram-se aos participantes do $CR(2)_s$: o Leste Asiático e o Sul da Europa. O $CR(8)$ reteve mais de 99% do consumo mundial em todo o período estudado. Em 2012, 15 subcontinentes consumiram pellets de madeira; em 2018, esse número subiu para 18 participantes.

A Figura 10.3 apresenta a evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o consumo mundial de pellets, de 2012 a 2018. A Figura 10.3.a apresenta a evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman dos continentes (HHI_p), a Figura 7.3.b do HHI dos Subcontinentes (HHI_s), a Figura 7.3.c do HHI dos países (HHI_p) e a Figura 7.3.d apresenta o Índice de

Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI') da produção de pellets dos países, subcontinentes e continentes. Observou-se que, de forma geral, houve diminuição da concentração entre os participantes, a partir da aproximação do HHI com seus respectivos Limites Inferior (LI), conforme apontada anteriormente pelo $CR(k)_p$ e $CR(k)_s$.

Uma vez que o *LI* depende do número de participantes, no decorrer do período analisado, o LI foi constante para os continentes e apresentou pequena variação para os subcontinentes e países. Para o HHI_c notou-se decréscimo na concentração, a diferença média entre o HHI e seu LI foi de 0,4624. Em 2012, registrou-se a diferença máxima, com 0,5527 e valor mínimo em 2018, com 0,3974. Para os subcontinentes a diferença média entre o HHI_s e LI foi de 0,1888. Observou diferença máxima com 0,2086 em 2013 e mínima de 0,1702, em 2017, indicando decréscimo na concentração. Entre os países a diferença média do HHI_p e LI foi de 0,0629, com valor máximo observado de 0,0681 (2013) e o mínimo de 0,0539 (2018).

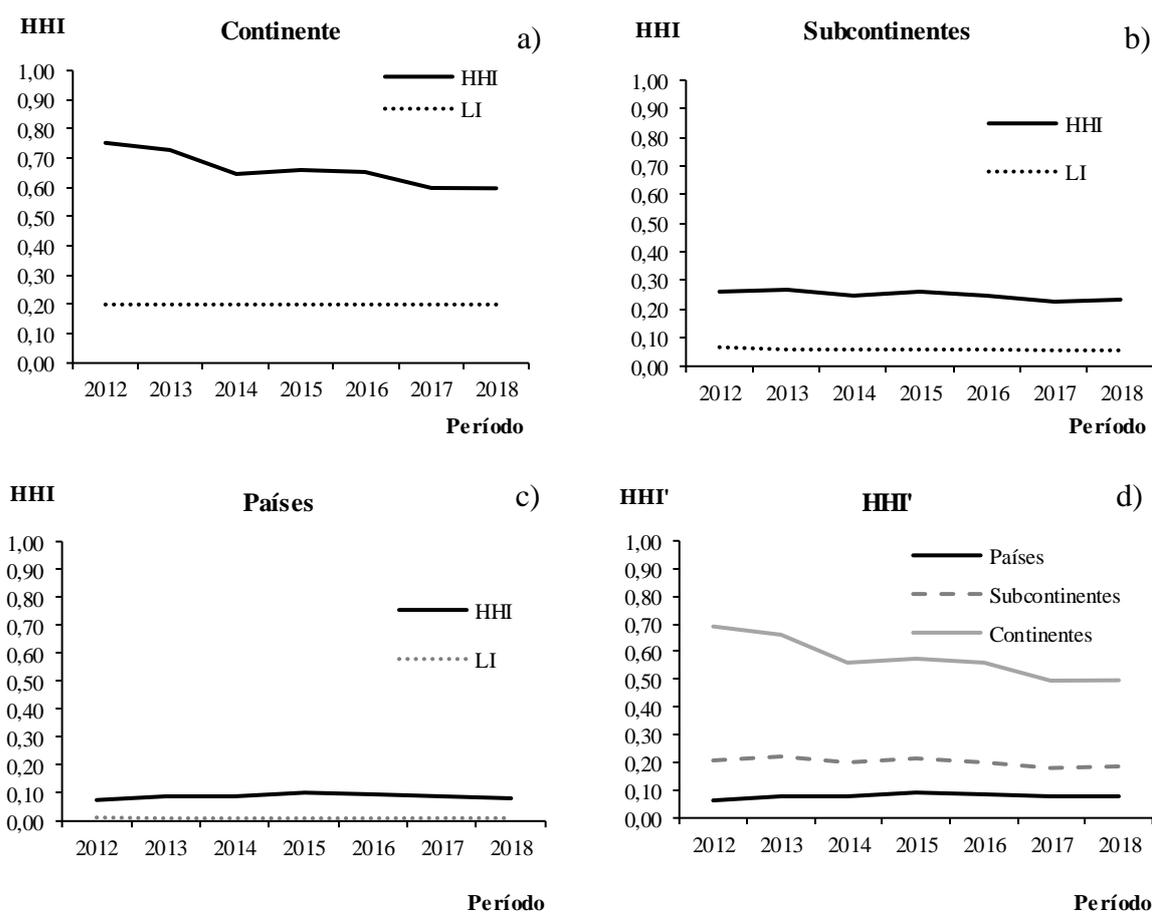


Figura 11.3. Evolução do Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes e (c) países, e (d) HHI ajustado, para o consumo mundial de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O (HHI_p) apresentou 2015, como o ano de maior concentração, a diferença entre o HHI e o LI foi de 0,0906; este máximo pôde ser observado em razão do grande crescimento do consumo no Reino Unido (36,27%), entre 2014 e 2015; o decréscimo do consumo na Dinamarca (-13,47%), também colaborou para este efeito. A partir de 2015, houve diminuição na concentração do setor. O valor mínimo foi obtido em 2018, cuja diferença entre HHI e LI foi de ,0739.

O índice ajustado indicou os níveis de concentração par ao consumo da seguinte forma: HHI_c ’ apresentou alta concentração por todo período, variando de 0,6909 (2012) para 0,4967 (2018). O HHI_s ’ indicou concentração moderada, oscilando entre 0,2045 (2012) e 0,1802 (2018). O HHI_p ’ apresentou mercado atomizado, com valor mínimo de 0,0632 (2012) e máximo de 0,0916 (2015).

A Figura 10.4 apresenta a evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para a importação mundial de pellets, de 2012 a 2018. A Figura 10.4.a apresentou a concentração do consumo mundial de pellets de madeira é apresentada, em nível continental, segundo o Índice de Entropia de Theil (E). O nível continental apresentou comportamento semelhante ao observado pelo HHI, com decréscimo da concentração. A diferença entre a E_c e o LS, indicou 2018, como ano de menor concentração. Na análise para subcontinentes (Figura 10.4b), a menor diferença entre a E_s e o LS foi de 1,1522, em 2012 e o maior foi de 1,2943, em 2013. A diferença média entre a E_s e seu LS foi de 1,2051. Para o nível de países (Figura 10.4c), a diferença média entre E_p e LS foi 1,6063; a maior concentração foi indicada em 2015 ($E_p - LS = 1,6766$), corroborando o exposto pelo HHI.

A Figura 10.4.d mostra o índice de Entropia de Theil ajustado (E') para os países (E'_p), subcontinentes (E'_s) e continentes (E'_c). A E'_c variou de 0,2997 (2012) para 0,4688 (2017). O E'_s oscilou entre 0,5431 (2013) e 0,5931 (2017). A E'_p teve valor máximo de 0,6633 (2012) e mínimo de 0,6274 (2015). Como observado pelos demais indicadores, após 2015 houve novo aumento para o índice para o nível de países.

A Figura 10.5.a mostra a desigualdade dos consumos mundiais de pellets segundo o Coeficiente de Gini. O consumo dos continentes apresentou desigualdade média a forte ($G_{méd}=0,5429$), seus valores permaneceram entre 0,5660 (2012), e 0,5283 (2017). Já os subcontinentes apresentaram desigualdade forte a muito forte ($G_{méd}=0,7960$), com valor mínimo de 0,7768 (2012) e máximo de 0,8075 (2013). A desigualdade do consumo de pellets entre os países foi classificada como: muito forte a absoluta, sendo oposta ao mostrado pelo HHI e pela E , houve variação de 0,9057, em 2012, a 0,9212, em 2018. O número de países consumidores de pellets subiu de 77 para 93 membros, para o período de estudo, contudo, a

desigualdade apresentou aumento. Dessa forma, pode-se inferir que a entrada de novos países consumidores de pellets não alterou a desigualdade da estrutura de mercado. O Gini destaca o nível de países como o de maior desigualdade.

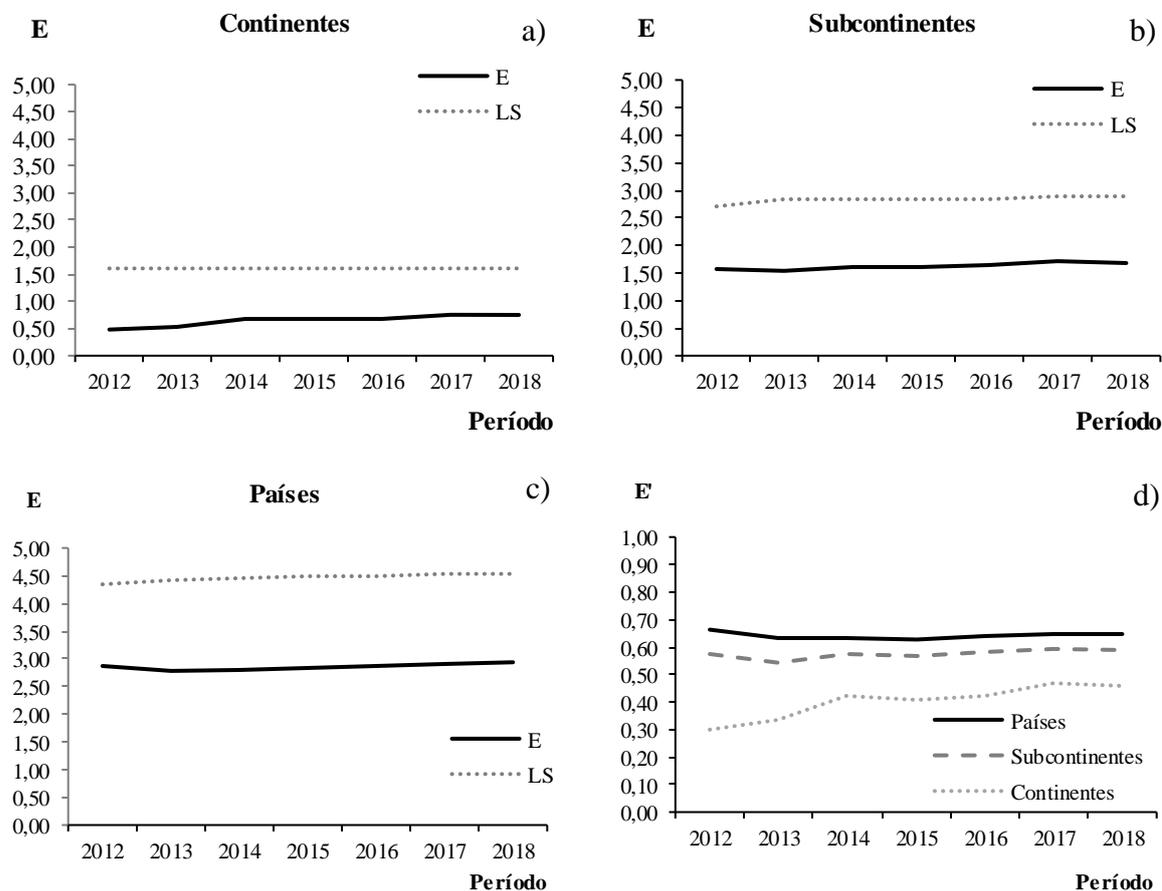


Figura 11.4. Evolução do Índice de Entropia de Theil (E) para o nível de (a) continente, (b) subcontinentes, e (c) países, e (d) E ajustada, para o consumo mundial de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 10.5.b mostrou o comportamento da concentração de acordo com o índice de Hall e Tideman (HTI), para os níveis de continentes (HTI_c), Subcontinentes (HTI_s) e países (HTI_p). O valor de perfeita igualdade ($1/n$) para os continentes foi de 0,20, tendo em vista que no período estudado, todos os continentes consumiram pellets. Para os subcontinentes o número de participantes cresceu de 15 (2012) para 18 (2018), que resultou em valores de $1/n$ entre 0,0667 (2012) e 0,0556 (2018). Para os países a linha de igualdade variou de 0,0130 (2012) a 0,0107 (2018).

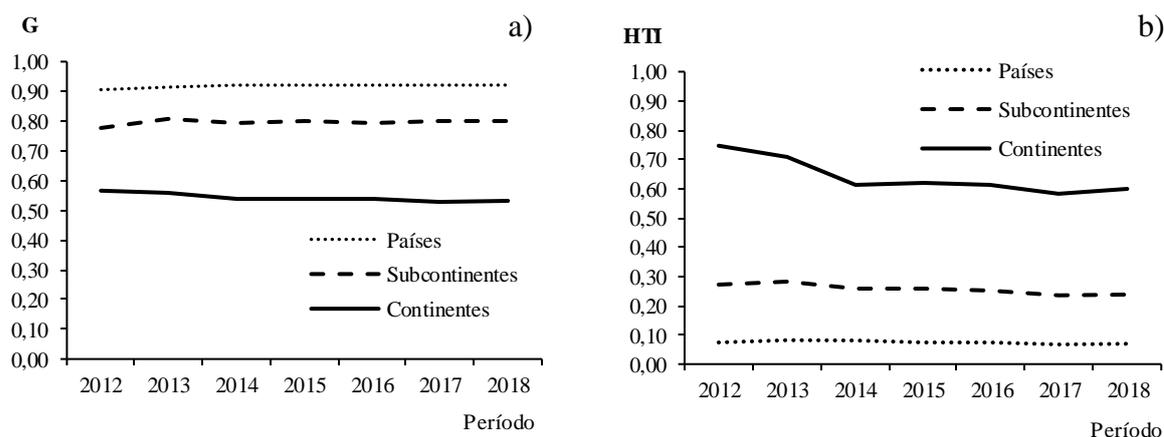


Figura 11.5. (a) Coeficiente de Gini (G) e (b) o índice de Hall e Tideman (HTI), para países, subcontinentes e continentes consumidores de pellets, de 2012 a 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Observando a diminuição dos valores de $1/n$ e o decréscimo dos valores de HTI, observou diminuição na concentração entre os continentes, o HTI_c médio foi de 0,6114; sendo 2012 o ano com maior índice, tendo em vista o forte domínio da Europa sobre o consumo. A partir de 2014, com aumento do consumo na Ásia, houve decréscimo na concentração. Para os subcontinentes, o HTI_s teve médio de 0,2559, com máximo em 2013 (0,2821) e mínimo em 2018 (0,2351), observando tendências de decréscimo para a concentração. O HTI_p oscilou entre 0,0818, em 2013, e 0,0695, em 2018; o HTI_p médio foi de 0,0746. Dessa forma, observou-se que a diferença entre o HTI e o seu referencial de perfeita igualdade decresceu ao longo do período estudado, indicando desconcentração do consumo de pellets de 2012 a 2018.

11.4 CONCLUSÃO

Mesmo sendo uma vertente de energia ainda recente no mercado internacional, pode observar um rápido crescimento a nível mundial do consumo de pellets de madeira entre os anos de 2012 e 2018. Há concentração, principalmente na Europa, dos consumidores de pellets.

Grande parte dos métodos utilizados avaliaram o consumo mundial de pellets moderadamente concentrado e competitiva. Por outro lado, o Coeficiente de Gini, medidor de desigualdade, avaliou esse consumo como fortemente desigual a absolutamente desigual, isto é, o aumento do número de países consumidores não foi suficiente para reduzir a desigualdade. Destacou o processo de desconcentração do consumo, principalmente, a partir de 2015, associado ao aumento do consumo em países da Ásia, com destaque para o Japão.

11.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHION, P.; BLOOM, N.; BLUNDELL, R.; GRIFFITH, R.; HOWITT, P. Competition and Innovation : An Inverted-U Relationship. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 120, n. 2, p. 701–728, mai. 2005.

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: Wiley, 1959.

BIKKER, J. A.; HAAF, K. **Competition and concentration review of the literature**. Amsterdam: De Netherlands Bank, 2001.

CARASCHI J.C.; GARCIA, D.P. A expansão do mercado de pellets de madeira. : Painel Florestal, fevereiro de 2012. Disponível em: painelflorestal.com.br/.../a-expansao-do-mercado-de-pellets-de-made. Acesso em 18 de maio de 2012.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; ÁVILA, E. S.; OLIVEIRA, A. D.; BORGES, L. A. C. Analysis of the brazilian cellulose industry concentration (1998 – 2007). **Cerne**, Lavras, v. 16, n.2, p. 209–216, abr/jun. 2010.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, [s. n.], p. 693-703, out./dez. 2013.

CUENCA, M. A. G.; DOMPIERI, M. H. G. Dinâmica espacial da canavicultura e análise dos efeitos sobre o valor bruto da produção, na região dos tabuleiros costeiros da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 91-106, out./dez. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FAO Data**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Acesso em: 10 jan. 2020.

GINI, C. **Variabilità e mutuabilità**. Contributo allo studio delle distribuzioni e delle relazioni statistiche. Bologna: C. Cuppini, 1912.

JOHANNSDOTTIR, L.; MCINERNEY, C. Calls for Carbon Markets at COP21: a conference report. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 124, p. 405-407, jun. 2016.

JAKOB, J.C.; STECKEL, J. C. **How climate change mitigation could harm development in poor countries**, **Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 161-168, mar. 2014.

KOVALYSHYN, S.; KAYGUSUZ, O.; GUNAY, M. S. Global energy demand and woody biomass. **Journal of Engineering Research and Applied Science**, v. 8, n. 1, p. 1119-1126, 30 Jun. 2019.

KOVACEVIC, M.; CALDERON, M. C. Multidimensional Poverty Index: 2014 Specifications. **UNDP Human Development Report Office Occasional Paper**, [s. l.], p. 25, dez. 2014.

KRISTÖFEL, C.; STRASSER, C.; SCHMID, E.; MORAWETZ, U. B. The wood pellet market

in Austria: A structural market model analysis. **Energy Policy**, [s. l.], v. 88, [s. n.], p. 402–412, jan. 2016.

LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 19, n. 41, p. 150–172, dez. 2014.

NOCE, R.; CARVALHO, A. M. M. R.; CANTO, L. J.; SILVA, L. M.; MENDES, M. L. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 107-110, jan./mar. 2007.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 85, [s. n.], p. 1011-1016, jan. 2016.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 27, n. 6, p. 653-669, dez. 2004.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento: **Índice de Desenvolvimento Humano**. [s. l., 2019]. Disponível em: www.br.undp.org/content/brazil/pt/home.html. Acesso em: 10 de jan. 2020.

POSSAS, M. L. **Estruturas de mercado em oligopólio**: economia e planejamento. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

RAYMOND, J.S.; DONALD S. L.; ALEXANDER, A. B.; KAREN, M. K.; XIAOTING, W.; HIMANSHU, J. P.; MICHAEL, D.; MICHAEL, P.T. The Effect of Hospital Market Competition on the Adoption of Transcatheter Aortic Valve Replacement. **The Annual Meeting of The Society of Thoracic Surgeons**, San Diego, v. 109, n. 2, p. 473-479, 2019.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, jul./set. 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. *In*: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Orgs.). Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

SELVATTI, T. S.; BORGES, L. A. C.; SOARES, H. C. C.; SOUZA, A. N.; COELHO JUNIOR, L. M. Global production concentration of medium density fiberboard (MDF) (1995 - 2016). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 5, p. e420506, 2018

SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, São Leopoldo, v. 12, n. 1, p. 29-41, jan./jun. 2016.

SUN, L.; NIQUIDET, K. Elasticity of import demand for wood pellets by the European Union. **Forest Policy and Economics**, [s. l.], v. 81, [s. n.], p. 83–87, ago. 2017.

TAVARES, M. A. M. E.; TAVARES, S. R. L. Perspectivas para a participação do Brasil no mercado Internacional de pellets. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 5, n. 31, p. 292-306, set. 2015.

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pellets de madeira são uma vertente de energia, ainda recente no mercado internacional. Sua produção e comercialização mundial passa por um rápido crescimento. A Europa e América do Norte, pioneiros dessa tecnologia, são as regiões que possuem alto poder de mercado na produção e exportação mundial de pellets, entre os anos de 2012 a 2018. Por sua vez, a Ásia tem se mostrando promissora nesse mercado, especialmente a partir de 2016. Os Estados Unidos, maior produtor de pellets de madeira, tem sua produção voltada para a exportação.

A importação e consumo mundial de pellets de madeira está fortemente concentrado na Europa, destacando o subcontinente do Norte europeu. Todavia, a partir de 2015, houve queda desse domínio de mercado importador, principalmente pela intensa participação dos países da asiáticos, com destaque para o Coreia. Este aumento pode ser um indicativo de difusão tecnológica de conversão energética para o biocombustível, tornando-o mais acessível e, por consequência, expandindo o mercado consumidor de pellets de madeira no mundo.

Todas as medidas de concentração e desigualdade de mercado apontaram que o mercado mundial de pellets tem sua produção, exportação, importação e consumo concentrados no continente europeu, porém, com expansão para outras regiões, principalmente Ásia. Dessa forma, corrobora com a hipótese estabelecida: mercado concentrado na Europa, com tendência de descentralização.

O Brasil ocupa, atualmente, a décima nona posição na produção mundial de pellets de madeira e apresenta condições de expandir sua produção nos próximos anos. A taxa de crescimento geométrica evidencia esse potencial nacional de produção, 43,90% a.a. entre os anos de 2012 e 2018. Similar aos Estados Unidos, o Brasil também tem centrado sua produção para a exportação, sendo a Itália o seu principal consumidor de pellets de madeira florestal.

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DE BIOMASSA - ABIB. **Biomassa e Energias Renováveis**. Curitiba, 2015. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/000895390bd873d11c083>. Acessado em: 15/10/2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>. Acesso em: 31 dez. 2019.

ALAKANGAS, E. **European standards for solid biofuels**. Fuel specification and classes, multipart standard Case – wood pellets & chips. VTT. Convenor of the CEN/TC 335 WorkingGroup2. [s. l.: s. n.], 2009.

AGHION, P., BLOOM, N.; BLUNDELL, R.; GRIFFITH, R.; HOWITT, P. Competition and Innovation: **An Inverted-U Stable**, v. 120, n. 2, p. 701–728, 2014.

ALAKANGAS, E. **European standards for solid biofuels**. Fuel specification and classes, multipart standard Case – wood pellets & chips. VTT. Convenor of the CEN/TC 335 WorkingGroup2. [s. l.: s. n.], 2009.

AL-HAMAMRE, Z.; SAIDAN, M.; HARARAH, M.; RAWAJFEH, K.; ALKHASAWNEH, H. E.; AL-SHANNAG, M. Wastes and biomass materials as sustainable-renewable energy resources for Jordan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 295–314, 2017.

ALMEIDA, F. A. Concentração Industrial: Uma análise à luz do setor de transformação mineiro. *In*: 5º ENCONTRO CIENTÍFICO SUL MINEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA. **Anais...** Itajuba, 2013.

APERGIS, N.; JEBLI, M. BEN. M P RA Munich Personal RePEc Archive Does Renewable Energy Consumption and Health Expenditure Decrease Carbon Dioxide Emissions? **Evidence for sub-Saharan Africa Countries**. n. 68294, 2018.

ARRANZ, J. I., MIRANDA, M. T., MONTEIRO, I., SEPÚLVEDA, F. J., ROJAS, C. V. Characterization and combustion behaviour of commercial experimental Wood pellets in south west Europe, **Fuel**, v. 142, n 1, p. 199-2017, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PELLETS – ABIPEL (2015) Disponível em: www.abipel.com.br. Acesso em 09 de jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013**. Ano base 2012. ABRAF: Brasília, 2013.148 p.

ASSOCIATION POUR LES ENERGIES RENOUVELABLES - APLER. **Observatoire des prix de l'énergie**. Bruxelas: APERE, 2015. Disponível em: [//www.apere.org/observatoire-des-prix](http://www.apere.org/observatoire-des-prix). Acesso em: 17 jul. 2017.

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: Wiley, 1959.

BESANKO, D.; BRAEUTIGAM, R. R. **Microeconomia**: Uma abordagem completa. 1a ed. Rio de Janeiro: LTC, jan. 2004.

BIKKER, J. A.; HAAF, K. **Competition and concentration review of the literature**. Amsterdam: De Netherlands Bank, 2001.

BRAGA, C. H.; MASCOLO, J. L. Mensuração da concentração industrial no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro**, v. 12, n. 2, p. 401, 1982.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimentos. **Japoneses querem aumentar exportação de biomassa produzida aqui para o Japão** (artigo publicado em 01/12/2016). 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/japoneses-querem-aumentar-exportacao-de-biomassa-produzida-aqui-para-o-japao>. Acesso em: 03 mai. 2020.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Divisão de Inteligência Comercial**. Como Exportar: França / Ministério das Relações Exteriores. Brasília: MRE, 2014. 120 p.

CALDERON, C., GAUTHIER, G., JOSSART, J. M., **Bioenergy outlook 2014: Statistical Report 2014**. European Biomass Association (AEBIOM), Brussel, 2014.

CARASCHI, J.C.; GARCIA, D.P. **A expansão do mercado de pellets de madeira**. Painel Florestal. Disponível em painelflorestal.com.br/.../a-expansao-do-mercado-de-pellets-de-madeira. Acesso em 18/05/2020.

CARVALHO, A. C.; DUARTE, P. H. E.; CANO, W. Características socioeconômicas pré-industriais e a eclosão do processo de industrialização na Alemanha. **Cadernos CEPEC**, [S.l.], v. 3, n. 7-12, p. 1-29, 2019.

ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Thermodynamics: An Engineering Approach, 7th ed.** Nova York: McGraw-Hill, 2011.

COELHO JUNIOR, L. M. Concentração regional do valor bruto da produção do abacaxi no Paraná, **Revista Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR), 2017.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; ÁVILA, E. S.; OLIVEIRA, A. D.; BORGES, L. A. C. Analysis of the brazilian cellulose industry concentration (1998 – 2007). **Cerne**, Lavras, v. 16, n.2, p. 209–216, abr/jun. 2010.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, [s. n.], p. 693-703, out./dez. 2013.

COELHO JUNIOR, L. M.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; ALENCAR, F. V. Concentração brasileira na geração de eletricidade a partir da biomassa. *In*: CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2017, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2017.

COSTA, T. R.; MAHANZULE R. Z.; AGUIAR, G. P.; SILVA, J. C. G. L. Dinâmica da concentração das exportações brasileiras de celulose química (1990 – 2010), **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1666-1675, 2018.

CUENCA, M. A. G.; DOMPIERI, M. H. G. Dinâmica espacial da canavicultura e análise dos efeitos sobre o valor bruto da produção, na região dos tabuleiros costeiros da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 91-106, out./dez. 2016.

DUDLEY, B. **BP Energy Outlook**, 2019 edition. BP Statistical Review, London, UK, 2019. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business->

sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf.. Acesso em: 05 mai. 2020.

DA SILVA, S. C. Desenvolvimento sustentável e os conflitos socioambientais provocados pela mineração sob a insígnia do capitalismo dependente. **Revista de Políticas Públicas**, v.24, n.1, 2020.

ELUM, Z. A.; MOMODU, A. S. Climate change mitigation and renewable energy for sustainable development in Nigeria: a discourse approach. **Rene and Sust Ene Reviews**, v. 76, p. 72–80. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço Energético Nacional (**BEN**) 2018: Ano base 2018. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br> . Acesso em: 05 de mar 2020.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. **International Energy Outlook 2017**. Washington. Disponível em: [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf) . Acesso em: 29 de dez. 2019.

EUROPEAN PELLETCOUNCIL. **Handbook for Certification of Wood Pellets for Heating Purposes**. Version 2.0. [s. l.: s. n.], 2013. 46 p.

EUROSTAT: **European Statistics**: 2019. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. Acesso em: 10 jan, 2020.

FERREIRA PIMENTA, M. F.; NARDELLI, A. M. B. Desenvolvimento sustentável: os avanços na discussão sobre os temas ambientais lançados pela conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, Rio+20 e os desafios para os próximos 20 anos. **Perspectiva**, v. 33, n. 3, p. 1257, 2016.

FOELKEL, C. Gestão Ecoeficiente dos Resíduos Florestais Lenhosos da Eucaliptocultura. **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, 2007. Disponível em: http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf. Acesso em: 05 mar. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO Stat. **FAO Statistics Division**. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. FAOSTAT 2019. **Forestry Trade Flows**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FT>. Acesso em: 20 nov. 2019.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G.; VIEIRA, F.H.A. Trends and challenges of origin brazilian agroforestry pellets industry. **Cerne**, v. 22, n. 3, p. 233-240, 2016.

GINI, C. **Variabilità e mutuabilità**. Contributo allo studio delle distribuzioni e delle relazioni statistiche. Bologna: C. Cuppini, 1912.

GOETZL, A. Developments in the global trade of wood pellets. **U.S. International Trade Commission**, 28p., 2015.

GOLDEMBERG, J. Energia e desenvolvimento. **Estudos avançados**, v. 12, n. 33, p. 7-15, 1998. Acesso em 26 mai. 2019.

GRAUER, A.; KAWANO, M. Uso de Biomassa para Produção de Energia. **Boletim Informativo da Bolsa de Reciclagem**, v.1, n.5, 2001.

GU, A.; ZHOU, X. Emission reduction effects of the green energy investment projects of China in belt and road initiative countries. **Ecosystem Health and Sustainability**, v. 6, n. 1, p. 1747947, 2020.

GUARDABASSI, P. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia perspectivas para países em desenvolvimento**. Dissertação (mestrado). 2006. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo São Paulo, 2006.

GÜNEY, T. Renewable energy, non-renewable energy and sustainable development. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 26, n. 5, p. 389–397, 2019.

HEIMANN, J, P.; GONÇALVES, K.; DRESCH, A. R.; SILVA, L. G. C. J. Concentração do mercado de moldura (frame) importadas pelos estados unidos, período de 2005 e 2009. **Cerne**, v.21, p. 59-65, 2015.

HELMINGER. W, MARTINS. C, HENDERYCKX.E, S. B. **Agriculture, forestry and fishery statistics**. Luxemburg: Publication Office of the European Union, 2016.

HENDERSON, W.O. **A Revolução Industrial 1780-1914**. Lisboa: Editora Verbo, 1969. pp. 7-8.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **World Energy Outlook 2018**: Perspectivas energéticas globais a longo prazo. Disponível em: [//www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018](http://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018). Acesso em: 06 mar. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **World Energy Outlook 2019**, IEA, Paris, 2019. Disponível em: [//www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019](http://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019). Acesso em: 06 mar. 2020.

JAKOB, J.C. ST.; How climate change mitigation could harm development in poor countries, **Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.**, v.5, p. 161-168, 2014.

JOHANNSDOTTIR, L.; MCINERNEY, C. Calls for Carbon Markets at COP21: a conference report. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 124, p. 405-407, jun. 2016.

KON, A. **Economia industrial**. São Paulo: Nobel, 1999. 56 p.

KOVACEVIC, M.; CALDERON, M. C. Multidimensional Poverty Index: 2014 Specifications. **UNDP Human Development Report Office Occasional Paper**, n. December, p. 25, 2014.

KOVALYSHYN, S.; KAYGUSUZ, O.; GUNEY, M. S. Global energy demand and woody biomass. **Journal of Engineering Research and Applied Science**, v. 8, n. 1, p. 1119-1126, 30 Jun. 2019.

KRISTÖFEL, C.; STRASSER, C.; SCHMID, E.; MORAWETZ, U. B. The wood pellet market in Austria: A structural market model analysis. **Energy Policy**, v. 88, n. 2015, p. 402–412, 2016.

LE, H.; VO, T. Concentration and performance in Vietnamese commercial banks. **Accounting**, v. 6, n. 2, p. 161-168, 2020.

LEITE, A. L. S. **Concentração e desempenho no complexo industrial de papel e celulose 1987 – 1996**. 1998. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

LOPES, K.; MARTINS, E. M.; MIRANDA, R. L. A Potencialidade Energética da Biomassa no Brasil. **Revista Desenvolvimento Socioeconômico em Debate – RDSD**. v.5, n.1, p. 94-106, 2019.

LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 19, n. 41, p. 150–172, 2014.

MANDELL, B.; LANG, A. H. Update and Context for U.S. wood bioenergy markets. [s. l.]: **Forisk Consulting**, 2013. 15 p. Disponível em: http://www.theusipa.org/Documents/NAFO-US_Bioenergy_Markets-FINAL-201306261.PDF. Acesso em: 05 out. 2019.

MAWHOOD, R.; GAZIS, E.; JONG, S.; HOEFNAGELS, R.; SLADE, R. Production pathways for renewable jet fuel: a review of commercialization. **Biofuels, Bioprod. Bioref.**, p. 533–547, 2016.

MBANZE, A. A.; SILVA, D. A.; TETTO, A. F.; PEREIRA, J. F.; BATISTA, A. C.. Potencial energético de combustíveis florestais em cultivos de *Pinus Elliottii* no Sul do Brasil. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v.28, n.4, p.1640-1650, Dec. 2018.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. 2016. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>. Acesso em: 23 mai. 2019.

NARODOSLAWSKY, M. Structural prospects and challenges for bio commodity processes. **Food Technology and Biotechnology**, v. 48, n. 3, p. 270–275, 2010.

NOCE, R.; CARVALHO, A. M. M. R.; CANTO, L. J.; SILVA, L. M.; MENDES, M. L. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. **Cerne**, v. 13, p. 107-110, 2007.

NOGAMI, O.; POSSAS, C. R. M. **Princípios de economia**. 7a ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

NOGUEIRA, L. A. H; LORA, E. E. **Wood Energy: Principles and Applications**. Núcleo de Excelência em Geração Termoelétrica Distribuída – NEST, do Instituto de Engenharia Mecânica – IEM, Universidade Federal de Itajubá- UNIFEI, 2002. Disponível em:

http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/downloads/files/Capitulo_1F.pdf. Acesso em: 12 out. 2019.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. **Renewable Energy**, v. 85, p. 1011-1016, 2016.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. **Biomass and Bioenergy**, v. 27, n. 6, p. 653-669, 2004.

OLIVEIRA, C.M. **Wood Pellets Brasil**. Edição eletrônica, 53p. 2011, Disponível em <http://pt.calameo.com/read/00089539002c2bf637402>. Acesso em 17/05/2020.

PAHLA, G.; MAMVURA, T. A.; NTULI, F.; MUZENDA, E. Energy densification of animal waste lignocellulose biomass and raw biomass. **South African Journal of Chemical Engineering**, Amsterdam, v. 24, p. 168-175, 2017.

PANWAR, N. L.; KAUSHIK, S. C.; KOTHARI, S. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 3, p. 1513 – 1524, 2011.

PINEL, J. **La filière pellets en France: une filière à structurer dans un contexte d'internationalisation rapide du marché**. Paris: E-CUBE strategy consultants, 2013. 12 p.

POSSAS, M. L. **Estruturas de mercado em oligopólio: economia e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **Índice de Desenvolvimento Humano**. [s. l., 2019]. Disponível em: www.br.undp.org/content/brazil/pt/home.html. Acesso em: 10 de jan. 2020.

QUÉNO, L. R. M. **Produção de pellets de madeira no Brasil: estratégia, custo e risco do investimento**. 2015. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

QUÉNO, L. R. M.; SOUZA, A. N.; COSTA, A. F.; VALE, A. T.; JOAQUIM, M. S. A.; Aspectos técnicos da produção de *pellets* de madeira **Ciência Florestal**; v. 29, n. 3, p. 1478-1489; 2019.

RAKOS, C. Argus questions and answers: European Pellet Council. **Argus Biomass Markets, Weekly Biomass Market News and Analysis**, London, n. 15-002, 2015.

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. p. 165 p., 2013.

RAYMOND, J.S.; DONALD S. L.; ALEXANDER, A. B.; KAREN, M. K.; XIAOTING, W.; HIMANSHU, J. P.; MICHAEL, D.; MICHAEL, P.T. The Effect of Hospital Market Competition on the Adoption of Transcatheter Aortic Valve Replacement. **The Annual Meeting of The Society of Thoracic Surgeons**, San Diego, v. 109, n. 2, p. 473-479, 2019.

REMADE – **Revista da madeira** – Edição nº 133. Dezembro de 2012.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK - REN21. **Renewable 2018 Global status report**. Disponível em: [//www.ren21.net](http://www.ren21.net). Acesso em: 14 fev. 2020.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: Uma resenha. **Análise Econômica**, Porto Alegre, ano 11, n. 21 e 22, p. 24-33, 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Orgs.). *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

REMADE – **Revista da madeira** – Edição nº 133. Dezembro de 2012.

ROSA, A.V. *Processos de Energias Renováveis*. 3ª ed. Rio de Janeiro. **Revista Elsevier**, 2016.

SCHETTINI, B.L.S.; SILVA, M.L.; JACOVINE, L.A.G.; ALVES, E.B.B.M.; VILLANOVA, P.H. Avaliação da concentração do mercado mundial de pellets de madeira e as oportunidades para o Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13:p. 103-13, 2016.

SELVATTI, T. D. S.; BORGES, L. A. C.; SOARES, H. C. C.; SOUZA, Á. N. D.; COELHO JUNIOR, L. M. Global production concentration of medium density fiberboard (MDF) (1995 - 2016). **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 5, e420506, 2018.

SERRANO, D.M.C. **Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Polo Florestal da Região Sul do Brasil**. 2009. 104 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, SP, 2009.

SERVIÇO NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. **Produção florestal**. Brasília: SNIF, 2015. Disponível em: <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/estatisticas-florestais>. Acesso em: 11 set. 2019.

SIKKEMA, R.; STEINER, M.; JUNGIGER, M.; HIEGL, W.; HANSEN, M. T.; FAAIJ, A., The European wood pellets markets: current status and prospects for 2020. **Biofuels, bioproducts and Biorefining**, v. 3, p. 250-278.

SIMABUKULO, L. A. N.; CORREA, L. F. S.; SANTOS, M. M. O.; MARTINS, M. *Energia, Industrialização e Modernidade - História Social*. p. 1–34, 2006.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS - SNIF. **Produção florestal**. Brasília: SNIF, 2015. Disponível em: <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/estatisticas-florestais>. Acesso em: dez. 2019.

SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, São Leopoldo, v. 12, n. 1, p. 29-41, jan./jun. 2016.

SOARES, T. S.; NISHI, M. H.; OLIVEIRA, P. R. S. de; SILVA, M. L. de. Concentração no consumo de madeira e estrutura de mercado do setor moveleiro do município de Ubá, MG.

Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, São Paulo, ano 4, n. 7, p. 1-10, fev. 2006.

SOUZA M. M. **Caracterização e viabilidade econômica do uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus Taeda* L.** 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SOUZA, V. H. A.; SANTOS, L. T.; PAGEL, U. R.; SCARPATI, C. D. B. L.; Campos, A. F. Aspectos sustentáveis da biomassa como recurso energético. **Revista Augustus**, v. 20, n. 40, 2016, p. 105.

SUN, L.; NIQUIDET, K. Elasticity of import demand for wood pellets by the European Union. **Forest Policy and Economics**, v. 81, p. 83–87, 2017.

TAVARES, M. A. M. E.; TAVARES, S. R. L. Perspectivas para a participação do Brasil no mercado Internacional de pellets. *Holos*, v. 5, n. 31, p. 292–306, 2015.

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: synthesis report**. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2014. 151 p.

TRØMBORG, E.; RANTA, T.; SCHWEINLE, J.; SOLBERG, B.; SKJEVRAK, G.; TIFFANY, D. G. Economic sustainability for wood pellets production: a comparative study between Finland, Germany, Norway, Sweden and the US. **Biomass & Bioenergy**, Amsterdam, v. 57, p. 68-77, 2013.

UNITED NATIONS ORGANIZATION - ONU. The future we want: resolution adopted by the General Assembly. Rio de Janeiro: ONU, 2012. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/documentos/>. Acesso em: 20 mai. 2019.

VARUM, C.; VALENTE, H. RESENDE, J.; PINHO, M.; SARMENTO, P.; JORGE, S. **Economia Industrial: Teoria e exercícios práticos**. 1a ed. Lisboa: Sílabo, mai. 2016.

VIEIRA, Ricardo Stanzola. Rio+20: conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: contexto, principais temas e expectativas em relação ao novo “direito da sustentabilidade”. **Revista NEJ**, Itajaí, SC, v. 17, n. 1, jan./abr. 2012.

WCED. **World Commission on Environment and Development: our common future**. Oslo: WCED, 1987. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/documentos/>. Acesso em: 22 mai. 2019.

WILD, M.; DEUTMEYER, M.; BRADLEY, D.; HEKTOR, B.; HESS, J. R.; NIKOLAISEN, W.; STELTE, W.; TUMULURU, J. S.; LAMERS, P.; PROSUKURINA, S.; VAKKILAINEN, E.; HEINIMÖ, J. **Possible effects of torrefaction on biomass trade**. IEA Bioenergy Task 40, 2016. 68 p.

