

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA E DE
MATERIAIS (PPGEM)**

ELAINE GARCIA DE LIMA

**DETERMINAÇÃO DE UM ÍNDICE DE SUBSTITUIÇÃO PARA
RECURSO FLORESTAL MADEIREIRO COM ABORDAGEM NA
FUNCIONALIDADE SOB A PERSPECTIVA DA AVALIAÇÃO DE
IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)**

TESE DE DOUTORADO

CURITIBA
2018

ELAINE GARCIA DE LIMA

**DETERMINAÇÃO DE UM ÍNDICE DE SUBSTITUIÇÃO PARA
RECURSO FLORESTAL MADEIREIRO COM ABORDAGEM NA
FUNCIONALIDADE SOB A PERSPECTIVA DA AVALIAÇÃO DE
IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Engenharia. Área de Concentração: Engenharia da Manufatura.

Orientadora: Prof^a Dr^a Cássia Maria Lie Ugaya
Co-orientadora: Prof^a PhD. Cécile Bulle

CURITIBA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

L732d Lima, Elaine Garcia de
2018 Determinação de um índice de substituição para recurso florestal madeireiro com abordagem na funcionalidade sob a perspectiva da avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) / Elaine Garcia de Lima.-- 2018.
189 f.: il.; 30 cm.

Disponível também via World Wide Web.
Texto em português, com resumo em inglês.
Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba, 2018.
Bibliografia: p. 134-140.

1. Madeira. 2. Recursos naturais. 3. Ciclo de vida do produto - Avaliação. 4. Sustentabilidade. 5. Engenharia mecânica. 6. Teses. I. Ugaya, Cássia Maria Lie, orient. II. Bulle, Cécile, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, inst. IV. Título.

CDD: Ed. 22 -- 620.1



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

TERMO DE APROVAÇÃO DE TESE Nº 16

A Tese de Doutorado intitulada: **Determinação de um Índice de Substituição para Recurso Florestal Madeireiro com Abordagem na Funcionalidade sob a Perspectiva da Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)**, defendida em sessão pública pela Candidata **Elaine Garcia de Lima**, no dia 17 de maio de 2018, foi julgada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia, área de concentração: Engenharia de Manufatura, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais – PPGEM.

BANCA EXAMINADORA:

Profª Drª Cássia Maria Lie Ugaya - Presidente - UTFPR

Prof. Dr. Milton Borsato - UTFPR

Prof. Dr. José Adolfo de Almeida Neto - UESC

Profª Drª Carla Cristina Amodio Estorilio - UTFPR

Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva - UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba. 17 de maio de 2018.

Carimbo e assinatura do Coordenador do Programa

Dedico todo meu trabalho à minha filha querida
e amada Letícia Garcia de Almeida Gonçalves.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o princípio de tudo, a Jesus Cristo que sempre caminhou ao meu lado e à Nossa Senhora do Perpétuo Socorro que tantas vezes intercedeu por mim nos momentos de grande dificuldade.

À minha família, a qual devo a minha existência. Ao meu pai José Ismael (in memoriam) que sempre me incentivou nos estudos e que mesmo não tendo me acompanhado nestes últimos anos fisicamente, tenho certeza que sempre olhou por mim, onde quer que esteja. À minha mãe Tereza, presente em todos os momentos, que me compreendeu, me incentivou, me deu forças e me apoiou nas tarefas do dia-a-dia principalmente nos cuidados com minha filha. À minha filha Letícia pela paciência em entender (nem tanto) a minha ausência em determinados momentos do seu desenvolvimento. À minha irmã Idila por todo apoio me escutando e me auxiliando nas dificuldades, além de me ajudar no entendimento de algumas questões de lógica. Ao meu cunhado Charlon por ter me ajudado com algumas fórmulas do Excel e principalmente por ter recuperado meu computador, que na reta final resolveu que não ligaria mais. Aos demais membros da família que de alguma maneira estavam torcendo pelo meu sucesso.

À minha psicoterapeuta Marina Novak que tanto me ajudou nos momentos mais complicados.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) por ter me concedido o afastamento para que eu pudesse me dedicar integralmente à minha pesquisa. Aos professores do Departamento de Desenho Industrial (DADIN) por terem concordado com meu afastamento e incentivado na realização do doutorado. Ao professor Walter Mikos por ter disponibilizado um espaço no laboratório de metrologia e pelas várias conversas à cerca da pesquisa, que tivemos neste período. Ao programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM) pela oportunidade da realização do meu trabalho. Ao professor Milton Borsato pelo convite para participação de diversas palestras que enriqueceram meu conhecimento.

À professora Cássia Ugaya, minha orientadora, que acreditou na minha capacidade e que me desafiou a sempre buscar mais. À professora Cécile Bulle da Universidade de Québec de Montréal (UQAM), minha co-orientadora, pelas inúmeras discussões e considerações sobre o meu trabalho, e pela paciência com todas as

dificuldades de comunicação. À professora Graciela Muniz da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pelas palavras de apoio e sugestões no desenvolvimento do trabalho. Ao professor Dimas Agostinho, também da UFPR, que sempre esteve disponível para trocar ideias e ajudar na compreensão da pesquisa, e por ter auxiliado na avaliação dos resultados.

A todos os colegas do grupo Gyro pela troca de conhecimento. À Gabrielle pelo suporte nas últimas reuniões com minha co-orientadora. Aos amigos que fiz durante o doutorado que me deram todo apoio quando precisei e que me proporcionaram momentos de descontração: Paola, Ernani, Nara, Vitor, Blancaliz e Jéssyca. Principalmente àqueles que se tornaram amigos para vida toda: Leandro, Letícia e Giovanna, com os quais sei que posso contar em qualquer momento, seja em assuntos profissionais, pessoais e até mesmo espirituais. Em especial ao Leandro, amigo, parceiro, com quem tive exaustivas conversas, trocando ideias, dúvidas, conhecimento, e que sempre esteve disposto a me ouvir em assuntos referentes ao doutorado e questões pessoais.

*“Não tenho medo de tempestades,
porque estou aprendendo a conduzir
meu barco.”*

Louisa May Alcott

RESUMO

LIMA, Elaine Garcia de. Determinação de um Índice de Substituição para Recurso Florestal Madeireiro com Abordagem na Funcionalidade sob a Perspectiva da Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV). 2018. 188 f. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Nas últimas décadas houve uma crescente mudança de comportamento da sociedade com iniciativas voltadas para a sustentabilidade em diversas áreas. Uma das áreas de grande atuação neste sentido é a de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que por meio da sua técnica avalia um produto desde a sua extração da natureza até a sua disposição final. A técnica de ACV é dividida em quatro fases: definição do objetivo e escopo; análise de inventário; avaliação de impacto; e interpretação. Esta pesquisa é referente à terceira fase, em que os dados coletados na fase anterior são relacionados às categorias de impacto de ponto médio ou ponto final visando avaliar o dano ambiental em uma Área de Proteção (AoP). A AoP – Recursos Naturais até o momento ainda possui poucas definições claras principalmente no que se refere aos recursos bióticos. Neste contexto, a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) visa identificar fatores ligados à escassez de recursos. A abordagem na substituição de recursos está sendo utilizada em métodos de AICV com o intuito de minimizar os danos de escassez de recursos naturais. Por este motivo, o presente estudo teve como objetivo principal o desenvolvimento de um método com o intuito de obter um Índice de Substituição para a madeira, empregando uma abordagem funcional. Para tanto, o procedimento metodológico deste trabalho partiu a princípio da classificação de recursos florestais madeireiros por meio de suas funções e propriedades inerentes, seguido da seleção de substitutos para tais funções, da identificação de métodos existentes passíveis de adaptação e finalmente da elaboração de um método para determinar a possibilidade de substituição da madeira, utilizando parâmetros com base na disponibilidade e preço da madeira e de seus substitutos. O desenvolvimento deste método teve como base um método para determinação da criticidade dos metais, o qual possui indicadores relacionados à substituição de recursos. Os dados usados para o desenvolvimento foram adquiridos em bases de dados internacionais e gratuitas, os quais foram avaliados conforme a sua qualidade. Como resultados, foram obtidos Índices de Substituição para cinco funções da madeira (carvão vegetal de madeira, lenha, madeira serrada, painéis à base de madeira e polpa de madeira), por país e regiões. Os resultados mostraram que a substituição da madeira é distinta para cada função e para cada região. No geral, a possibilidade da substituição da madeira por outros recursos não é adequada, apresentando índices majoritariamente abaixo de 0,5 em uma escala de 0 a 1. O método passou por uma avaliação quanto a sua correlação com a realidade; a relação do Índice de Substituição com seus indicadores; e a sua qualidade. Desta forma o desenvolvimento desta pesquisa pôde contribuir com a disponibilização de um método quantitativo com potencial para aplicação em modelos de caracterização na AICV.

Palavras-chave: Madeira. Substituição de recursos. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida. AICV.

ABSTRACT

LIMA, Elaine Garcia de. Determination of Substitution Index for Wood Forest Resource with a Functional Approach from the Perspective of the Life Cycle Impact Assessment (LCIA). 2018. 188 f. Doctoral Thesis. Graduation Program in Mechanical and Materials Engineering, Federal University Technology - Paraná. Curitiba, 2018.

In the last decades there has been a growing change in the behavior of society with initiatives aimed at sustainability in several areas. One of the areas of great action in this sense is the Life Cycle Assessment (LCA), which through its technique evaluates a product from its nature extraction to its final disposal. The LCA technique is divided into four phases: goal and scope definition; inventory analysis; impact assessment; and interpretation. This research is related to the third phase, in which the data collected in the previous phase are related to the impact categories of midpoint or endpoint aiming to evaluate the environmental damage in an Area of Protection (AoP). The AoP- Natural Resources still has few clear definitions, especially concerning biotic resources. In this context, the Life Cycle Impact Assessment (LCIA) aims to identify factors related to the resources scarcity. The approach to resource substitution is being used in LCIA methods with the aim of minimizing natural resources scarcity damages. For this reason, the main objective of the present study was the development of a method with the purpose of obtaining a Substitution Index for wood, using a functional approach. To do so, the methodological procedure of this work was based on the principle that the proposed method is focused on identifying the classification of forest resources by means of their inherent functions and properties, followed by the selection of substitutes for such functions, identification of existing methods adaptation and finally the elaboration of a method to determine the possibility of replacement of the wood, using parameters based on the availability and price of the wood and its substitutes. The development of this method was based on a method to determine the metals criticality, which has indicators related to the resources substitution. The data used for the development were acquired in international and free databases, which were evaluated according to their quality. As a result, substitution indexes were obtained for five functions of wood (wood charcoal, firewood, sawnwood, wood-based panels and wood pulp), by country and region. The results showed that the wood substitution is distinct for each function and for each region. In general, the possibility of replacing wood with other resources is not completely adequate, with rates mostly below 0.5 on a scale of 0 to 1. The method has been evaluated for its correlation with reality; the relation of the Substitution Index with its indicators; and its quality. In this way the development of this research could contribute with the availability of a quantitative method with potential for application in characterization models in the LCIA.

Keywords: Wood. Resources Substitution. Life Cycle Impact Assessment. LCIA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Cadeia de Causa-efeito para Recursos Naturais.....	28
Figura 2	– Representação esquemática da Integração de Graedel et al. (2012) no contexto ACV sob o quadro da ASCV.....	33
Figura 3	– Esquema do conceito de criticidade.....	34
Figura 4	– Avaliação da Criticidade de acordo com a União Europeia.....	35
Figura 5	– Concepção do método.....	39
Figura 6	– Subdivisão da madeira em tora em suas principais formas de apresentação.....	41
Figura 7	– Método de Avaliação da Criticidade de Metais.....	46
Figura 8	– Comparativo Reserva e Estoque de Crescimento.....	50
Figura 9	– Escala de 0 a 1 do Índice de Substituição.....	54
Figura 10	– Cadeia Produtiva da Madeira.....	62
Figura 11	– Esquema de aplicação de corte em valores extremos.....	89
Figura 12	– Mapa do Índice de Substituição para Carvão vegetal de Madeira..	91
Figura 13	– Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira.....	92
Figura 14	– Mapa do Índice de Substituição para Lenha.....	96
Figura 15	– Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição da Lenha.....	97
Figura 16	– Mapa do Índice de Substituição para Madeira Serrada.....	102
Figura 17	– Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição da Madeira Serrada.....	103
Figura 18	– Mapa do Índice de Substituição para Painéis à base de Madeira...	108
Figura 19	– Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição dos Painéis à base de Madeira.....	109
Figura 20	– Mapa do Índice de Substituição para Polpa de Madeira.....	114
Figura 21	– Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição da Polpa de Madeira.....	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Principais Produtos Florestais Madeireiros.....	40
Quadro 2	– Desempenho do Substituto.....	42
Quadro 3	– Critérios para avaliação de metodologias com ênfase na substituição de recursos.....	44
Quadro 4	– Definições dos principais termos utilizados no desenvolvimento do método do Índice de Substituição.....	49
Quadro 5	– Fatores de Conversão.....	51
Quadro 6	– Nomenclatura das equações.....	56
Quadro 7	– Matriz de qualidade de dados “matriz <i>pedigree</i> ”	58
Quadro 8	– Comparativo do desempenho do carvão vegetal de madeira com os possíveis substitutos.....	72
Quadro 9	– Comparativo do desempenho da lenha com os possíveis substitutos.....	74
Quadro 10	– Comparativo do desempenho da madeira serrada com os possíveis substitutos.....	75
Quadro 11	– Comparativo do desempenho dos painéis à base de madeira com os possíveis substitutos.....	76
Quadro 12	– Comparativo do desempenho da polpa de madeira com os possíveis substitutos.....	78
Quadro 13	– Bases de dados utilizadas.....	80
Quadro 14	– Avaliação do Método.....	130

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Percentual de produção de produtos da conversão primária da madeira relativos à produção de madeira em tora no mundo referentes aos anos 1961 a 2015.....	63
Gráfico 2	– Percentual de produção de carvão vegetal de madeira relativo à produção madeira para combustível.....	64
Gráfico 3	– Percentual de produção de madeira serrada relativo à produção toras serradas e folheadas.....	65
Gráfico 4	– Percentual de produção de painéis à base de madeira relativo à produção toras madeira em tora industrial.....	66
Gráfico 5	– Percentual de produção de painéis à base de madeira no mundo.....	66
Gráfico 6	– Percentual de produção de madeira para painéis no Brasil.....	67
Gráfico 7	– Percentual de produção de polpa de madeira relativo à produção de polpa de madeira, partículas e fibras.....	68
Gráfico 8	– Percentual de produção de polpa de madeira no mundo.....	69
Gráfico 9	– Percentual de produção de polpa de madeira no Brasil.....	69
Gráfico 10	– Percentual de países com dados disponíveis para as funções da madeira no mundo.....	82
Gráfico 11	– Percentual de países com dados disponíveis para os substitutos no mundo.....	83
Gráfico 12	– Avaliação da qualidade de dados por meio da “matriz <i>pedigree</i> ”	84
Gráfico 13	– Normalização da Razão da Disponibilidade para Carvão vegetal de madeira.....	87
Gráfico 14	– Normalização com linha de corte da Razão da Disponibilidade para Carvão vegetal de madeira.....	88
Gráfico 15	– Normalização da Razão do Preço de Importação para Carvão vegetal de madeira.....	89
Gráfico 16	– Normalização com linha de corte da Razão do Preço de Importação para Carvão vegetal de madeira.....	90
Gráfico 17	– Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira.....	92
Gráfico 18	– Normalização da Razão do Preço de Importação para Lenha.....	95

Gráfico 19	– Normalização com linha de corte da Razão do Preço de Importação para Lenha.....	95
Gráfico 20	– Índice de Substituição da Lenha.....	97
Gráfico 21	– Normalização da Razão do Preço de Importação para Madeira Serrada.....	101
Gráfico 22	– Normalização com linha de corte da Razão do Preço de Importação para Madeira Serrada.....	101
Gráfico 23	– Índice de Substituição da Madeira Serrada.....	103
Gráfico 24	– Normalização da Razão Disponibilidade para Painéis à base de Madeira.....	107
Gráfico 25	– Normalização com linha de corte da Razão da Disponibilidade para Painéis à base de Madeira.....	107
Gráfico 26	– Índice de Substituição dos Painéis à base de Madeira.....	109
Gráfico 27	– Normalização da Razão da Disponibilidade para Polpa de Madeira.....	112
Gráfico 28	– Normalização com linha de corte da Razão da Disponibilidade para Polpa de Madeira.....	112
Gráfico 29	– Normalização da Razão do Preço de Importação para Polpa de Madeira.....	113
Gráfico 30	– Normalização com linha de corte da Razão do Preço de Importação para Polpa de Madeira.....	113
Gráfico 31	– Índice de Substituição da Polpa de Madeira.....	115
Gráfico 32	– Comparativo do Índice de Substituição entre as regiões do mundo e o Brasil ($SI=\varphi A \times \varphi IMP$).....	117
Gráfico 33	– Comparativo do Índice de Substituição entre as regiões do mundo e o Brasil ($SI=(\varphi A + \varphi IMP)/2$).....	117
Gráfico 34	– Relação Inversa do Carvão vegetal de madeira para ($SI=\varphi A \times \varphi IMP$).....	119
Gráfico 35	– Relação Inversa do Carvão vegetal de madeira para ($SI=(\varphi A + \varphi IMP)/2$).....	119
Gráfico 36	– Relação Inversa da Lenha para ($SI=\varphi A \times \varphi IMP$).....	120
Gráfico 37	– Relação Inversa da Lenha para ($SI=(\varphi A + \varphi IMP)/2$).....	120
Gráfico 38	– Relação Inversa da Madeira Serrada para ($SI=\varphi A \times \varphi IMP$).....	121

Gráfico 39	– Relação Inversa da Madeira Serrada para $(SI=(\varphi A+\varphi IMP)/2)$	121
Gráfico 40	– Relação Inversa dos Painéis à base de Madeira para $(SI=\varphi A \times \varphi IMP)$	122
Gráfico 41	– Relação Inversa dos Painéis à base de Madeira para $(SI=(\varphi A+\varphi IMP)/2)$	122
Gráfico 42	– Relação Inversa Polpa de Madeira para $(SI=\varphi A \times \varphi IMP)$	123
Gráfico 43	– Relação Inversa Polpa de Madeira para $(SI=(\varphi A+\varphi IMP)/2)$	123
Gráfico 44	– Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade do Carvão vegetal de madeira.....	124
Gráfico 45	– Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação do Carvão vegetal de madeira.....	125
Gráfico 46	– Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade da Lenha.....	125
Gráfico 47	– Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação da Lenha.....	126
Gráfico 48	– Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade da Madeira Serrada.....	126
Gráfico 49	– Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação da Madeira Serrada.....	127
Gráfico 50	– Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade dos Painéis à base de Madeira.....	127
Gráfico 51	– Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação dos Painéis à base de Madeira.....	128
Gráfico 52	– Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade da Polpa de Madeira.....	128
Gráfico 53	– Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação da Polpa de Madeira.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Equações para cálculo do Índice de Substituição.....	56
Tabela 2	– Percentual de Países com Dados Disponíveis por Região.....	81
Tabela 3	– Índice de Substituição do Carvão vegetal de Madeira.....	86
Tabela 4	– Índice de Substituição da Lenha.....	94
Tabela 5	– Índice de Substituição da Madeira Serrada.....	99
Tabela 6	– Índice de Substituição dos Painéis à base de Madeira.....	105
Tabela 7	– Índice de Substituição da Polpa de Madeira.....	111

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AD	Alta Densidade
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
AoP	Área de Proteção
ASC	Ajustes de Mudança de Estoque (do original <i>Adjustment Stock Change</i>)
ASCV	Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida
AWARE	Água Disponível Remanescente (do original <i>Available Water Remaining</i>)
BD	Baixa Densidade
CF	Comprimento da Fibra
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
HDF	Painel de Alta Densidade (do original <i>Hard Density Fibreboard</i>)
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
MD	Média Densidade
MDF	Painel de Média Densidade
NIR	Razão da Dependência Sobre a Importação Líquida (do original <i>Net Import Reliance Ratio</i>)
OSB	Painel de Fibras Orientadas (do original <i>Oriented Strand Board</i>)
PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
PPGEM	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais
sDI	Índice de Depleção Estática (do original <i>static Depletion Index</i>)
SETAC	Sociedade de Toxicologia Ambiental e Química
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
WPR	Taxa Mundial de Produção (do original <i>World Production Ratio</i>)
WRB	Reserva Base Mundial (do original <i>World Reserve Base</i>)
WRD	Taxa Mundial de Dissipação (do original <i>World Ratio Dissipation</i>)
WRR	Taxa Mundial de Reciclagem (do original <i>World Ratio Recycling</i>)

LISTA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURA

<i>SI</i>	Índice de Substituição (<i>substitution index</i>)
φ <i>IMP</i>	Razão do Preço de Importação (<i>price import ratio</i>)
<i>IMV</i>	Valor de Importação (<i>import value</i>)
<i>IMQ</i>	Quantidade de Importação (<i>import quantity</i>)
φ <i>A</i>	Razão da disponibilidade (<i>availability ratio</i>)
<i>IM</i>	Importação (<i>import</i>)
<i>EX</i>	Exportação (<i>export</i>)
<i>RS</i>	Reserva (<i>reserve</i>)
<i>PO</i>	Produção (<i>production</i>)
<i>RC</i>	Reciclagem (<i>recycling</i>)
<i>CGS</i>	Estoque Comercial de Crescimento (<i>commercial growing stock</i>)
<i>CA</i>	Consumo Aparente (<i>apparent consumption</i>)
<i>wf</i>	função da madeira (<i>wood function</i>)
<i>s</i>	substituto (<i>substitute</i>)
<i>uf</i>	fração de uso (<i>use fraction</i>)
n.a.	dado não disponível (<i>not available data</i>)
* <i>cf</i>	fator de conversão (<i>conversion factor</i>)
m^3	metro cúbico (<i>cubic metre</i>)
m^3 ub	metro cúbico sem considerar a casca (<i>cubic metre under bark</i>)
m^3 rw eq.	metro cúbico de madeira em tora equivalente (<i>roundwood equivalente cubic metre</i>)
mt	tonelada métrica (<i>metric ton</i>)
US\$	Dólar dos Estados Unidos (<i>United States Dollar</i>)
yr	ano (<i>year</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1	CATEGORIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS	24
2.1.1	Recursos Naturais Bióticos	24
2.1.2	Recursos Florestais Madeireiros	25
2.2	ABORDAGENS PARA RECURSOS NA AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA	27
2.2.1	Funcionalidade de Recursos	29
2.2.2	Criticidade de Recursos	31
2.2.3	Substituição de Recursos	36
3	MÉTODO	39
3.1	CLASSIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES DA MADEIRA	39
3.2	IDENTIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS SUBSTITUTOS	42
3.3	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUBSTITUIÇÃO	43
3.3.1	Definição da Razão da Disponibilidade	47
3.3.2	Definição do Cálculo da Razão do Preço de Importação	52
3.3.3	Cálculo do Índice de Substituição	53
3.3.4	Obtenção e Análise de Dados	56
3.4	AVALIAÇÃO DO MÉTODO	58
3.4.1	Relação Inversa dos Índices de Substituição	59
3.4.2	Relação dos Indicadores com o Índice de Substituição	59
3.4.3	Avaliação dos Atributos e Limitações do Método	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1	PRINCIPAIS FUNÇÕES DA MADEIRA	61
4.1.1	Madeira para Combustível	63
4.1.2	Madeira Serrada	64
4.1.3	Madeira para Painéis	65
4.1.4	Madeira para Papel e Celulose	67
4.2	SUBSTITUTOS PARA MADEIRA	70
4.2.1	Substituto para Carvão vegetal de Madeira	70
4.2.2	Substituto para Lenha	73
4.2.3	Substituto para Madeira Serrada	74
4.2.4	Substituto para Painéis à base de Madeira	75

4.2.5	Substituto para Polpa de Madeira.....	77
4.3	ANÁLISE DOS DADOS	78
4.3.1	Disponibilidade dos Dados.....	79
4.3.2	Qualidade dos Dados.....	84
4.4	ÍNDICE DE SUBSTITUIÇÃO DA MADEIRA	85
4.4.1	Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira.....	85
4.4.2	Índice de Substituição da Lenha.....	93
4.4.3	Índice de Substituição da Madeira Serrada.....	98
4.4.4	Índice de Substituição do Painéis à base de Madeira.....	104
4.4.5	Índice de Substituição da Polpa de Madeira.....	110
4.4.6	Comparação entre os Índices de Substituição por Região.....	116
4.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	118
4.5.1	Verificação da Relação Inversa dos Índices de Substituição.....	118
4.5.2	Análise de Regressão para os índices de Substituição.....	124
4.5.3	Avaliação do Método.....	129
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	131
5.1	CONCLUSÕES.....	131
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	133
	REFERÊNCIAS.....	134
	APÊNDICES.....	141
	ANEXO.....	187

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a qualidade do meio ambiente e as iniciativas sustentáveis estão presentes globalmente em diversas áreas. Neste contexto, a exploração de recursos naturais tem causado grande inquietação por provocar consequências como a escassez desses recursos.

Recursos naturais, de acordo com UNEP/SETAC (2016), são bens materiais e não-materiais, originários da natureza e que possuem alguma utilidade para o homem. Dentre os recursos naturais com grande importância para o ser humano destacam-se os recursos florestais, sendo a madeira (recurso florestal madeireiro) um dos recursos de grande valor econômico mundial.

A madeira é uma matéria-prima natural utilizada de diversas maneiras, em forma de partículas, fibras, lâminas, entre outros, sendo até mesmo seus co-produtos, como resíduos, utilizados para algumas funções específicas. Os principais usos de acordo com a FAO (2015) são voltados para energia, serrarias, produção de painéis, polpa e papel. Esta vasta utilização do recurso se dá pela grande diversidade que apresenta, além da facilidade de exploração e grande disponibilidade em determinadas regiões do mundo. Mesmo se tratando de um recurso renovável, a exploração irracional pode gerar problemas ambientais como a redução de seu estoque natural.

De acordo com estudos de criticidade da matéria-prima a madeira não oferece risco de escassez (GLÖSER et al., 2015; EC, 2014; CHAPMAN, 2013). No entanto, esses estudos são voltados para realidade Européia, o que não reflete necessariamente um cenário mundial. E mesmo não tendo risco de escassez, por se tratar de um recurso renovável, a sua exploração em curto-prazo e com mau gerenciamento pode levar a impactos ambientais (BERLIK et al., 2002). Conforme Berlik et al. (2002), algumas estratégias podem minimizar estes impactos como: a redução do consumo de produtos florestais, o aumento das taxas de reciclagem, e o aumento da produção sustentável.

No âmbito da Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV), a avaliação de impactos gerados pelo uso de recursos (depleção de recursos naturais¹) vem sendo

¹ Categoria de impacto ambiental resultante da diminuição da quantidade de recursos naturais provocada pelo seu consumo pelos seres humanos (IBICT, 2017).

abordada por diversos autores. Exemplos de recursos avaliados neste sentido são: a água (Pfister et al., 2009; Boulay et al., 2011), minerais metálicos e não metálicos (De Bruille et al., 2014), recursos fósseis (Emamgheis, 2013) e recursos pesqueiros (Emanuelsson et al., 2014; Langlois et al., 2014).

De acordo com Stewart e Weidema (2005) ainda não existe uma abordagem definitiva para quantificar os efeitos do esgotamento para a categoria de impacto de recursos. Crenna, Sozzo e Sala (2018) em estudo recente mostram que nas últimas décadas surgiram abordagens que consideram o esgotamento de recursos naturais como a madeira, contudo não contabilizam a exploração acima de sua capacidade de regeneração. Isso confirma que a depleção de recursos mesmo estando contemplada em métodos de AICV, os métodos existentes não possuem uma recomendação efetiva por apresentarem grandes incertezas ou não tratarem realmente da escassez dos recursos bióticos. De acordo com EC-JRC (2011), existe uma dificuldade em definir claramente resultados quantitativos relacionados ao esgotamento dos recursos naturais, assim como definir a categoria do impacto gerado no nível de ponto final para a Área de Proteção (AoP) - Recursos Naturais.

Kinglmair et al. (2014) identificam que existe uma falta de consenso entre os métodos de avaliação de impacto para o esgotamento de recursos naturais na AICV, sendo que os métodos atuais não geram resultados consistentes por trabalharem muitas vezes com tipos de recursos diferentes. Ainda nesse sentido, Sonnemann et al. (2015) afirmam que atualmente não existem evidências de que a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tenha uma cobertura adequada para a avaliação de recursos. Conforme UNEP/SETAC (2016) a maioria dos métodos de AICV estão relacionados aos recursos abióticos e ainda assim não existe uma concordância de como modelar os danos nesta categoria de recursos naturais.

Sonnemann et al. (2015) e Stewart e Weidema (2005) afirmam ser necessário avaliar o esgotamento dos recursos por meio da funcionalidade e seu fator de concorrência, levando em consideração a reciclagem e a substituição de recursos, bem como a adaptação do usuário ao seu esgotamento. O valor funcional de um recurso de acordo com Stewart e Weidema (2005) é o oposto de seu valor intrínseco ou de existência (e.g. paisagens que proporcionam bem-estar), ou seja, eles não trazem um benefício direto ao ser humano, mas por meio deles, permitem atingir este benefício (e.g. extração de madeira da floresta para produção de diversos produtos para satisfazer as necessidades humanas).

Em decorrência da abordagem funcional do recurso surge então a possibilidade de se trabalhar com a substituição de um determinado recurso por outro, que tenha o mesmo valor funcional, não prejudicando assim o usuário. De tal modo, métodos para a definição de um índice de substituição foram desenvolvidos. EC (2014) considera pareceres de especialistas para determinar o índice de substituição por meio do custo e do desempenho do substituto. Já Graedel et al. (2012), além do desempenho e do custo (proporção do preço), trabalham com outros indicadores como disponibilidade e impacto ambiental.

Os resultados de substituição definidos em EC (2014) foram utilizados por De Bruille et al. (2014), que conforme Sonnemann et al. (2015) foram os primeiros a avaliar a depleção de recursos dentro da AICV por meio desta perspectiva. Sonnemann et al. (2015), contudo ressaltam que a substituição de um recurso é um indicador de risco, porém importante e até mesmo essencial. Ainda assim, Sonnemann et al. (2015) indicam o método de De Bruille et al. (2014), por possuir abordagens em AICV com base em critérios socioeconômicos e funcionalidade de recursos.

Considerando que a substituição em AICV é uma abordagem relevante, e que ainda existem poucos estudos nesse sentido, torna-se importante um aprofundamento nessa área para o seu maior desenvolvimento. Também levando em conta que a avaliação de recursos bióticos é muito incipiente e controversa, a elaboração de um método para madeira poderá subsidiar novas discussões acerca do assunto.

Portanto, já que a avaliação do impacto decorrente do uso de recursos é relevante, e com a intenção de buscar alternativas do uso da madeira por outros recursos com o mesmo valor funcional, o presente estudo tem o seguinte objetivo principal: desenvolver um método com uma abordagem funcional para determinar a capacidade de substituição de recursos florestais madeireiros.

Com a finalidade de atingir o objetivo geral deste estudo, os seguintes objetivos específicos deverão ser alcançados:

- a) Identificar e classificar as funções da madeira e seus principais usos;
- b) Identificar e definir substitutos para cada uso da madeira de acordo com suas principais características;
- c) Identificar, analisar e selecionar os métodos que utilizem a substituição como um componente de avaliação de recursos naturais e que possam ser adaptados para elaboração de um novo método;

- d) Realizar as adaptações necessárias para desenvolver um método de substituição para madeira;
- e) Aplicar o método para as funções da madeira pré-definidas;
- f) Realizar avaliação qualitativa do método desenvolvido.

O presente trabalho apresenta a seguinte estrutura:

- a) Capítulo 1 – Introdução – Apresentação da pesquisa com a identificação da lacuna e determinação dos objetivos;
- b) Capítulo 2 – Referencial Teórico – Revisão na literatura dos temas pertinentes ao desenvolvimento da tese: categorização de recursos; e abordagens de AICV em relação à funcionalidade e substituição de recursos;
- c) Capítulo 3 – Método – Descrição do método para determinação da funcionalidade da madeira e do índice de substituição para as funções da madeira;
- d) Capítulo 4 – Resultados e Discussão – Apresentação dos resultados esperados com o desenvolvimento da pesquisa, discussão e avaliação do método desenvolvido;
- e) Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico utilizado como fundamento para o desenvolvimento desta pesquisa, dividido em duas grandes áreas a serem discutidas acerca de: (i) categorização de recursos – com o intuito de definir claramente qual tipo de recurso será tratado nesta pesquisa; e (ii) abordagens de recursos na AICV – fundamentação necessária já que o escopo da pesquisa é voltado para a AICV.

2.1 CATEGORIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

Os recursos naturais são aqueles encontrados na natureza e utilizados pelo homem em seu benefício. Na ACV estes recursos podem ser classificados em recursos de estoque, recursos de fundo e recursos de fluxo. O que os diferencia entre si é a sua capacidade de renovação ou potencial para exaustão (Sonderegger et al., 2017; Klinglmair et al., 2014).

Conforme Sonderegger et al. (2017), os recursos de estoque não são renováveis e por isso são finitos; os recursos de fundo são renováveis, mas se forem utilizados em excesso também podem se esgotar; e os recursos de fluxo não são esgotáveis e renováveis, mas a sua disponibilidade depende do local e do tempo.

Os recursos bióticos podem ser classificados como recursos de fundo, pois são renováveis e podem ter sua disponibilidade aumentada ou diminuída de acordo com a sua de exploração.

2.1.1 Recursos Naturais Bióticos

De acordo com UNEP (2010) os recursos bióticos são fonte de matéria-prima da biosfera (sistema natural) e somente terão um impacto promovendo a escassez, caso ocorra uma sobre-exploração do recurso, principalmente no caso de peixes e da madeira. Para Stewart e Weidema (2004), os recursos bióticos englobam plantas e

animais com valor funcional para os seres humanos, e a colheita em excesso do seu excedente natural pode causar a redução temporária ou até mesmo permanente da capacidade de produção. Igualmente, Sonderegger et al. (2017) afirmam que o uso excessivo de recursos naturais bióticos pode afetar a taxa de regeneração natural desses recursos de fundo, o que pode vir a causar o seu esgotamento. Ainda nesse sentido, De Haes et al. (2002) asseguram que o estoque natural de recursos bióticos pode aumentar ou diminuir e até mesmo apresentar extinção de determinadas espécies, dependendo da relação entre a taxa de extração humana e a taxa de regeneração natural.

De acordo com UNEP (2010), a extração de recursos pesqueiros tem levado ao esgotamento de algumas unidades populacionais de peixe, o que também pode ocorrer com algumas espécies de madeira, principalmente naquelas com crescimento lento. O maior problema é a exploração excessiva, que não permite sua renovação causando a extinção de determinadas espécies. No caso da madeira, a solução se encontra em florestas plantadas e na exploração com manejo sustentável.

No caso particular da madeira, é de grande importância identificar suas propriedades em relação ao uso, pois se trata de um recurso multifuncional com especificidades que afetam sua exploração.

2.1.2 Recursos Florestais Madeireiros

A madeira é considerada como um recurso natural biótico e pode ser classificada em *softwood* e *hardwood*. De acordo com a FAO (2013), as madeiras são classificadas em *Gimnospermas* (coníferas) que são consideradas *softwoods*, madeiras macias, e *Angiospermas* (não-coníferas) que se referem as *hardwoods* ou madeiras duras.

As coníferas são consideradas madeiras mais fáceis de trabalhar e possuem grande aplicação na construção civil e confecção de mobiliários, além de serem empregadas na produção de papel, lâminas e fibras (FERRANTE e WALTER, 2010).

De acordo com Moreschi (2005), as principais propriedades da madeira de maneira geral são as seguintes: Propriedades Organolépticas; Densidade; Umidade;

Propriedades Elétricas; Propriedades Acústicas; Propriedades Térmicas; e Propriedades Mecânicas.

As propriedades organolépticas estão ligadas aos órgãos sensitivos e relacionadas ao valor decorativo da madeira, intervindo apenas em funções onde a estética, o cheiro e o sabor podem interferir no uso final (MORESCHI, 2005). Conforme Wegner et al. (2010), a cor da madeira aumenta o valor em serrarias e na produção de folheados.

A densidade é a razão entre a massa e o volume, e no caso da madeira é calculada considerando um teor de água de 15%, já que possui relação direta com a umidade (FERRANTE e WALTER, 2010). Conforme Moreschi (2005) e Wegner et al. (2010), a densidade é uma das propriedades mais importantes por ser uma das referências na classificação da madeira determinando sua qualidade, sendo em geral as madeiras mais pesadas consideradas as mais resistentes e mais difíceis de trabalhar.

A umidade da madeira é dada em porcentagem e é a relação entre o peso da madeira completamente seca e o peso da água de impregnação. Esta propriedade está ligada à resistência, à trabalhabilidade, ao poder calorífico e à suscetibilidade aos fungos (MORESCHI, 2005).

As propriedades elétricas da madeira estão relacionadas ao teor de umidade e são importantes para realização de processos de secagem, entre outros. No caso das propriedades acústicas, estas são importantes principalmente quando a madeira é utilizada para fins de revestimentos acústicos e para fabricação de instrumentos musicais (MORESCHI, 2005).

Quanto às propriedades térmicas da madeira, quatro são as principais conforme Moreschi (2005): condutividade térmica, expansão térmica, poder calorífico e transmissão térmica, que possuem uma relação direta com a umidade e a temperatura da madeira. Por fim, as propriedades mecânicas possuem uma ligação direta com o esforço aplicado e a direção das fibras, além de ter influência da densidade, do teor de umidade e da temperatura da madeira. Ainda neste sentido, Ferrante e Walter (2010) afirmam que a resistência mecânica da madeira é menor em compressão do que em tração.

Todas estas propriedades são relacionadas diretamente às funções que a madeira desempenha sendo específicas para cada uso, como por exemplo o poder calorífico que é uma propriedade importante para o uso da madeira na geração de

energia. De acordo com Burger e Richter (1991) a densidade é de extrema importância para a produção de polpa e papel. Para maior rendimento e eficiência da polpa, Wegner et al. (2010) apontam a importância de um alto teor de celulose e baixo teor de lignina.

Conforme Wegner et al. (2010), a madeira manterá os usos convencionais nas próximas décadas, o que reforça a importância das propriedades como uniformidade e densidade. A uniformidade química, mecânica e física, proporcionam produtos de maior qualidade, enquanto que a maior densidade, colabora para um maior rendimento de polpa, aumenta a resistência da madeira sólida, e está ligada diretamente a sua capacidade energética. Contudo, Wegner et al. (2010) destacam que devido às novas tecnologias e mudanças no uso da madeira, principalmente em áreas com energia, sequestro de carbono, biorrefinação e nanotecnologia, a longo prazo essas propriedades desejáveis para madeira tendem a mudar.

Como visto, as propriedades da madeira assim como de outros recursos naturais são importantes quesitos para determinar em que produtos podem ser utilizados, e o uso desses recursos para produção de produtos específicos pode afetar diretamente a sua disponibilidade. Por esse motivo, serão exploradas na sequência algumas abordagens de avaliação de impacto na área de recursos naturais.

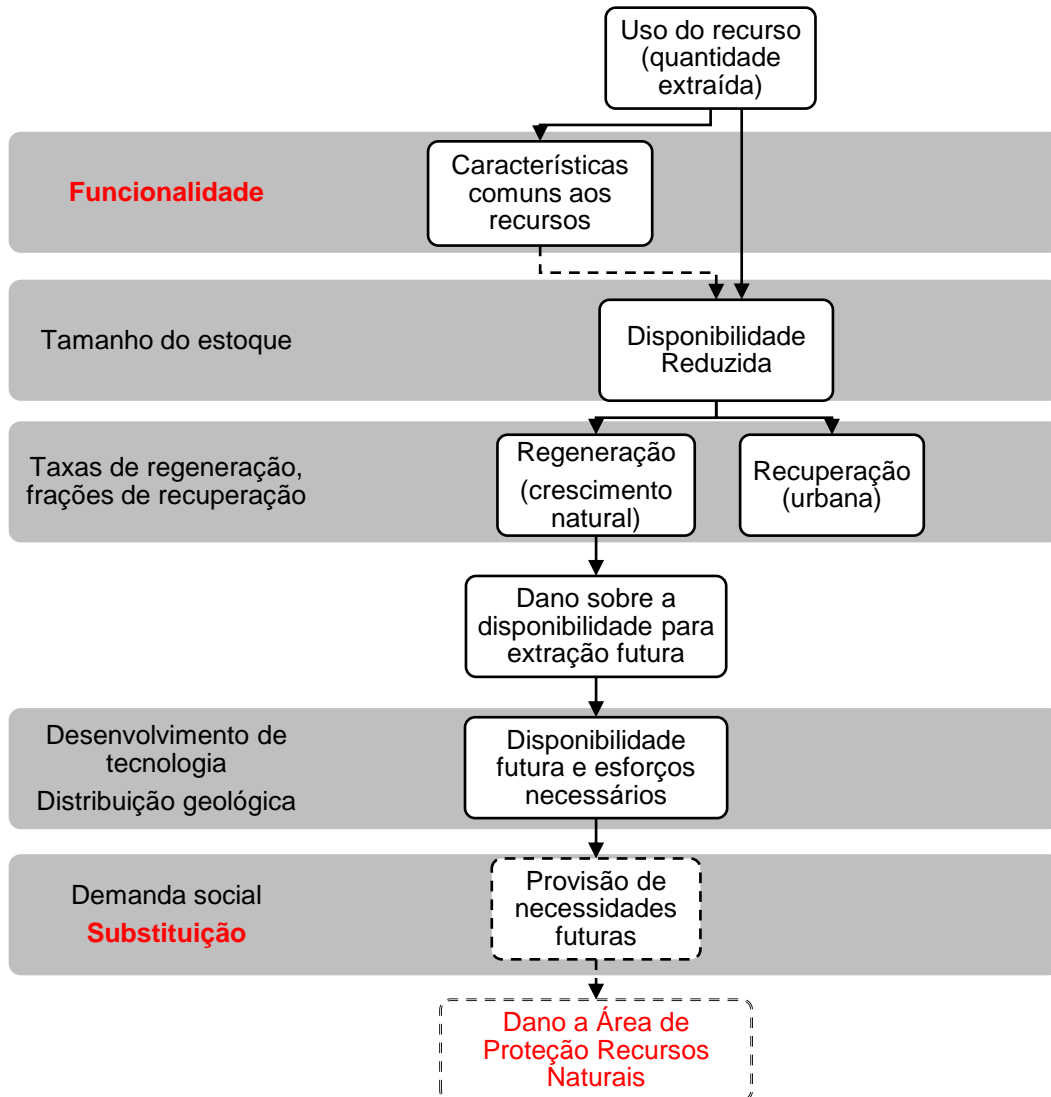
2.2 ABORDAGENS PARA RECURSOS NA AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA

A ACV é uma técnica que contabiliza os impactos ambientais ligados a um produto ou serviço (CONSOLI et al., 1993; DE HAES et al., 2002). Conforme Consoli et al. (1993) estes impactos são avaliados dentro de três AoP (Saúde Humana; Qualidade do Ecossistema e Depleção de Recursos). A ACV é dividida em quatro fases: definição do objetivo e escopo; análise de inventário; avaliação de impacto; e interpretação. Sendo a AICV, a fase que estuda os potenciais impactos ambientais a partir dos resultados obtidos na fase de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) (ABNT, 2009).

Os impactos ambientais quantificados na AICV são definidos por meio de indicadores que estão diretamente ligados a uma categoria de impacto, como por

exemplo, efeito sobre a saúde humana ou a depleção de recursos (DE HAES et al., 2002). Esta ligação é representada por uma cadeia de causa-efeito a qual descreve o mecanismo ambiental, que no caso de recursos diz respeito à redução da sua disponibilidade pelo uso. A cadeia de causa-efeito para recursos é apresentada por EC-JRC (2011), conforme a figura 1.

Figura 1 - Cadeia de Causa-efeito para Recursos Naturais



Fonte: Traduzida e adaptada de EC-JRC (2011).

A figura 1 mostra que a funcionalidade do recurso possui relação com seu uso e que depende diretamente de suas características, e a substituição se apresenta como uma alternativa para provisão de necessidades futuras.

Atualmente na área de depleção de recursos, tanto os recursos bióticos quanto os abióticos são avaliados basicamente pela extração (DE HAES et al., 2002). De

acordo com Heijungs et al. (1997) a extração de recursos bióticos só pode ser considerada quando este recurso não for cultivado e sim retirado da natureza. Por exemplo, no caso de plantações gerenciadas pelo homem, estas não podem ser consideradas como fonte de recursos naturais, portanto não são passíveis de esgotamento. Em contrapartida Bach et al. (2017) aponta que mesmo não havendo métodos em AICV que tratam da disponibilidade antrópica de recursos bióticos, os estoques antrópicos exercem influência direta sobre a disponibilidade de materiais bióticos, e que sua disponibilidade e acessibilidade também podem ser restritas devido à sua alta demanda.

Stewart e Weidema (2005) afirmam que todos os métodos existentes que quantificam os impactos da depleção de recursos se concentram na extração de recursos. Neste sentido Sonnemann et al. (2015) elucidam que a maioria dos métodos de AICV não consideram a funcionalidade do recurso, e tampouco barreiras que dificultam a sua acessibilidade, focando apenas na disponibilidade geológica.

Stewart e Weidema (2005) enfatizam que as principais abordagens para a avaliação do impacto da utilização de recursos possuem ênfase no consumo atual, escassez percebida, entropia e exergia. Estas abordagens de acordo com Stewart e Weidema (2005) podem apresentar problemas como a dificuldade de mostrar a perda de funcionalidade relativa ao uso do recurso. Crenna, Sozzo e Sala (2018) apontam que existiram esforços em busca de métodos para avaliar o esgotamento de recursos bióticos nos últimos anos, contudo, a contabilização da exploração excessiva de recursos naturais apresenta-se ausente em métodos de avaliação de impacto.

2.2.1 Funcionalidade de Recursos

Considerando que a funcionalidade é uma abordagem com potencial para avaliar o uso de recursos naturais, torna-se significativo explorar este assunto. De acordo com Stewart e Weidema (2005), os recursos normalmente não possuem um valor intrínseco e sim um valor funcional para o ser humano, através do qual podem gerar bem-estar e saúde, entre outros, por isso a necessidade de considerar a função do mesmo. Essa função pode ser observada, na maioria dos casos, de forma distinta dependendo do tipo de recurso considerado: por concentração (minerais metálicos);

forma (minerais não-metálicos); qualidade (água, solo); capacidade de produção temporária (recursos bióticos). Assim, o recurso com determinada funcionalidade possui uma qualidade específica que ao final de um sistema de produto pode ser modificada alterando o seu estado natural. Isso quer dizer que um material virgem que entra no sistema pode sair como um material dissipado, degradado ou reciclável (STEWART e WEIDEMA, 2005).

Ainda, conforme Stewart e Weidema (2005), o recurso irá apresentar um limite de qualidade final que deverá ser determinado individualmente dependendo da especificidade de cada um, ou seja, um recurso precisa de uma certa qualidade apresentada por meio de suas características, que o qualifique para um uso específico. Em determinados casos é necessário e possível utilizar uma tecnologia de *backup*² para manter a qualidade necessária para a função requerida, se for economicamente viável, contudo, a quantificação desses limites pode exigir mais pesquisas. De acordo com Stewart e Weidema (2005), o entendimento da funcionalidade dos recursos aliado aos limites de qualidade e às tecnologias de *backup* podem determinar valores que possam integrar os modelos de avaliação de impacto, possibilitando quantificar os efeitos da depleção de recursos.

Neste sentido, ainda poucos métodos em AICV tratam da funcionalidade dos recursos, como por exemplo: Boulay et al. (2011) que desenvolveram um método para categorização da água, no qual definiram categorias da água por qualidade e por funcionalidade, determinando usuários diferentes de acordo com a qualidade da água necessária por uso específico; De Bruille et al. (2014) que trabalharam com uma abordagem de recursos minerais monofuncionais e multifuncionais e sua possível adaptação no tempo; e, Emamgheis (2013) que discute sobre a funcionalidade aplicada aos recursos fósseis.

Esta nova abordagem em métodos de AICV voltada para a funcionalidade, conforme Sonnemann et al. (2015), colabora na avaliação de impacto do uso de recursos considerando a reciclagem e a substituição do recurso, assim como a adaptação do usuário ao esgotamento deste recurso. De acordo com Sonnemann et al. (2015) um recurso que fornece determinada função ao usuário pode ser substituído

² Tecnologia alternativa aplicada para que o recurso possa manter a sua qualidade e funcionalidade. No caso de recursos bióticos, atividades de manutenção para melhorar condições de reprodução e crescimento e trazer a produtividade original e/ou meios alternativos para produção de produtos equivalentes, são considerados como tecnologia de backup (Stewart e Weidema, 2005).

por outro com a mesma funcionalidade, amenizando desta forma o uso de um recurso com risco de escassez. Ainda, conforme Sonnemann et al. (2015), abordagens em AICV com base em critérios socioeconômicos e funcionalidade de recursos possuem a vantagem de combinar índices de impactos ambientais com questões de risco de oferta relacionados às três AoP. Stewart e Weidema (2005) destacam que o reconhecimento da funcionalidade de um recurso, juntamente com a consideração dos parâmetros referentes à tecnologia de backup e ao limite de qualidade são fundamentais para quantificar os efeitos da depleção de recursos.

Por fim, de acordo com Sonnemann et al. (2015), estas abordagens recentes permitem integrar a avaliação da criticidade na AICV, contudo os estudos neste sentido ainda não foram desenvolvidos de forma consistente. Por este motivo o avanço de pesquisas acerca da criticidade de recursos é um assunto de grande relevância nesta área.

2.2.2 Criticidade de Recursos

A identificação da escassez de recursos pode ser determinada pela avaliação da criticidade destes. A criticidade de um recurso determina se um recurso essencial para o uso na atualidade corre o risco de ser escasso, considerando além dos aspectos ambientais, os aspectos econômicos, sociais e geopolíticos (VAN OERS & GUINÉE, 2016).

Chapman et al. (2013) apresentam uma avaliação da criticidade, na qual são abordadas três medidas: importância econômica, risco de abastecimento por má governança e risco de abastecimento por risco ambiental do país. Para este tipo de análise ainda é necessária uma averiguação de muitas outras variáveis implícitas, pois de acordo com Graedel et al. (2012) é importante realizar uma avaliação adequada e abrangente, como dados de tecnologia, economia, comportamento humano, avaliação de peritos, entre outros. Estes dados podem ser quantitativos ou qualitativos apresentando certa complexidade.

A criticidade de recursos é uma abordagem que vem sendo avaliada no escopo da ACV, contudo, de acordo com Sonnemann et al. (2015) essa abordagem ainda não é totalmente compatível. Atualmente o estudo mais avançado neste sentido é o de

Graedel et al. (2012), que pode ser trabalhado no âmbito da Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV) (SONNEMANN et al., 2015).

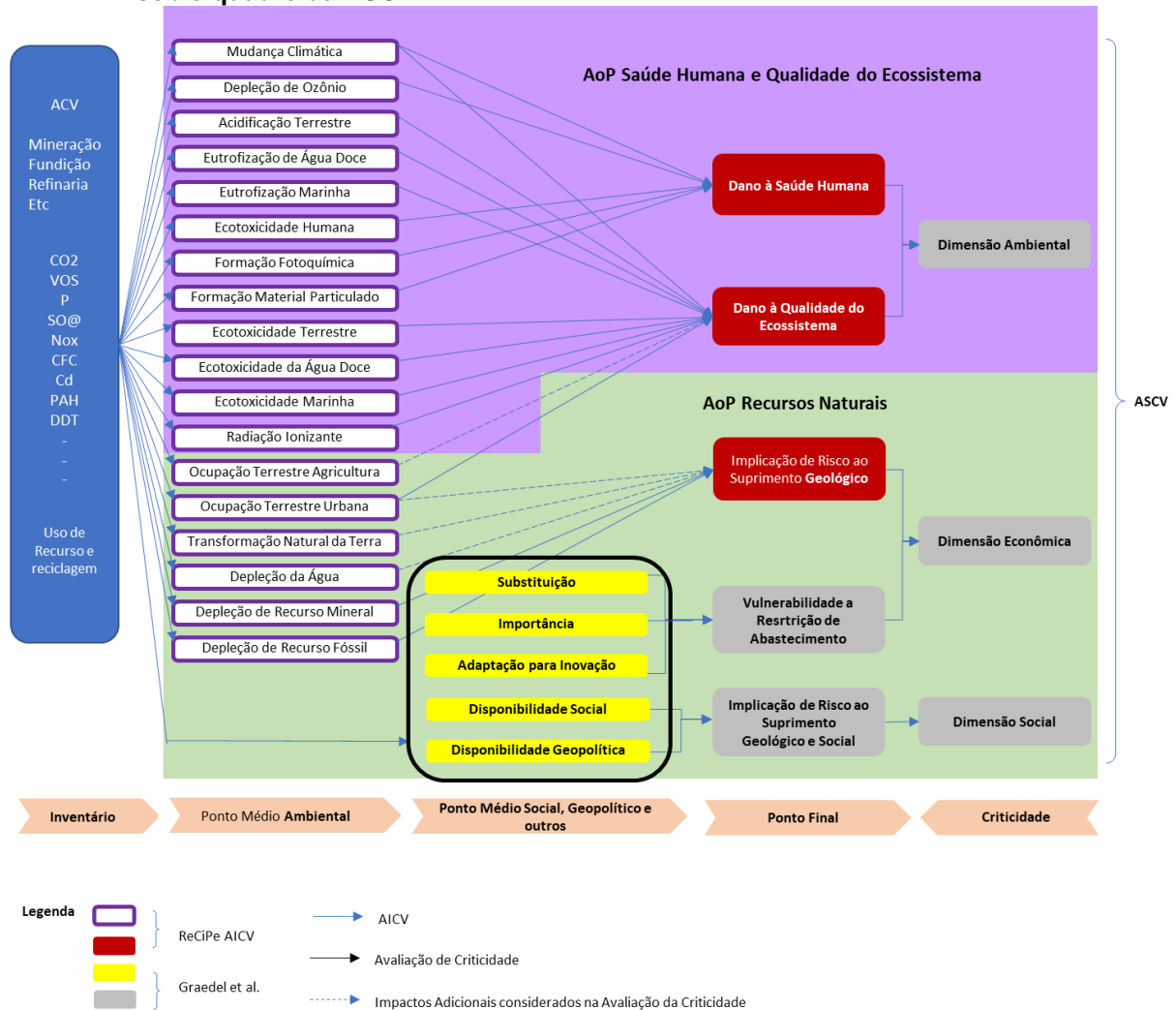
Conforme Sonnemann et al. (2015) e Graedel et al. (2012) a abordagem da criticidade avalia os principais fatores de risco de abastecimento: aspectos geológicos, econômicos e tecnológicos; aspectos sociais; e aspectos geopolíticos. De fato, Sonnemann et al. (2015) ressaltam que os métodos de AICV possuem um foco na disponibilidade geológica dos recursos, desconsiderando outros fatores de risco.

Neste sentido Van Oers e Guinée (2016) afirmam que a avaliação da criticidade no caso específico de metais, é essencialmente fundamentada em critérios ambientais, sendo que deveria sempre levar em conta as considerações geopolíticas, sociais e econômicas também. Contudo, ainda de acordo com Van Oers e Guinée (2016), a ACV não deveria considerar todos os diferentes aspectos da criticidade, pois estes fazem parte de uma avaliação mais ampla da sustentabilidade do ciclo de vida, a ASCV.

De maneira contrária Sonnemann et al. (2015) acreditam que os aspectos sócio-econômicos e geopolíticos abordados por Graedel et al. (2012) podem ser integrados à ACV, ampliando o foco ambiental para uma estrutura similar à da ASCV. Sonnemann et al. (2015) afirmam que realmente a integração da criticidade na ACV pode apresentar dificuldades, mas que pode ser realizada de forma eficiente.

A figura 2 mostra como ocorre a integração dos aspectos abordados por Graedel et al. (2012) com a ACV e a ASCV. De acordo com Sonnemann et al. (2015), os impactos do uso direto de recursos estão relacionados à dimensão socioeconômica como escassez de recursos ainda não considerados na AICV.

Figura 2 - Representação esquemática da Integração de Graedel et al. (2012) no contexto ACV sob o quadro da ASCV



Fonte: Traduzida de Sonnemann et al. (2015)

Observando a figura 2 pode-se notar que a depleção de recursos está relacionada ao risco de suprimento geológico e que por sua vez tem relação direta à dimensão econômica em um estudo de criticidade. A abordagem de Graedel et al. (2012) acrescenta a substituição, a importância e adaptação para inovação, como indicadores para esta dimensão, relacionados a AoP de recursos naturais. A sugestão de Sonnemann et al. (2015) é que essa dimensão econômica, assim como a dimensão social, possa ser integrada a AICV acrescentando outros indicadores de categoria como apresentados na figura 2.

A abordagem de criticidade utilizada por Graedel et al. (2012), Chapman et al. (2013) e EC (2014) apresenta ênfase maior em recursos abióticos, sendo que Chapman et al. (2013) indicam a importância de rever a metodologia utilizada para

recursos bióticos e adaptá-la caso seja necessário, assim como aumentar a variedade de recursos avaliados. Em acréscimo, Buijs et al. (2012) sugerem que as metodologias para avaliação da criticidade dos materiais devem ser aprimoradas, ampliando a lista de materiais avaliados, além de considerar outros indicadores que possam ser relevantes ao tema, como: identificar a influência do uso emergente dos materiais, o potencial de reciclagem, a influência da nacionalidade dos recursos nas tendências de abastecimento e impactos ambientais.

Igualmente Sonnemann et al. (2015) mencionam que a criticidade deve ser mais ampla, não levando em conta apenas minerais, mas sim ser expandida para outros recursos, como por exemplo a água e o uso da terra.

A União Europeia apresentou relatórios (EC, 2010; EC, 2014), com a análise da criticidade da matéria-prima, identificando assim uma série de materiais que se apresentam críticos.

As medidas adotadas para a avaliação da criticidade utilizam a identificação da importância econômica, do risco de suprimento e das implicações ambientais, contudo, os relatórios a representam apenas considerando a importância econômica e o risco de suprimento como medida de simplificação, como no exemplo da figura 3, apresentada por Buijs et al. (2012).

Figura 3 - Esquema do conceito de criticidade

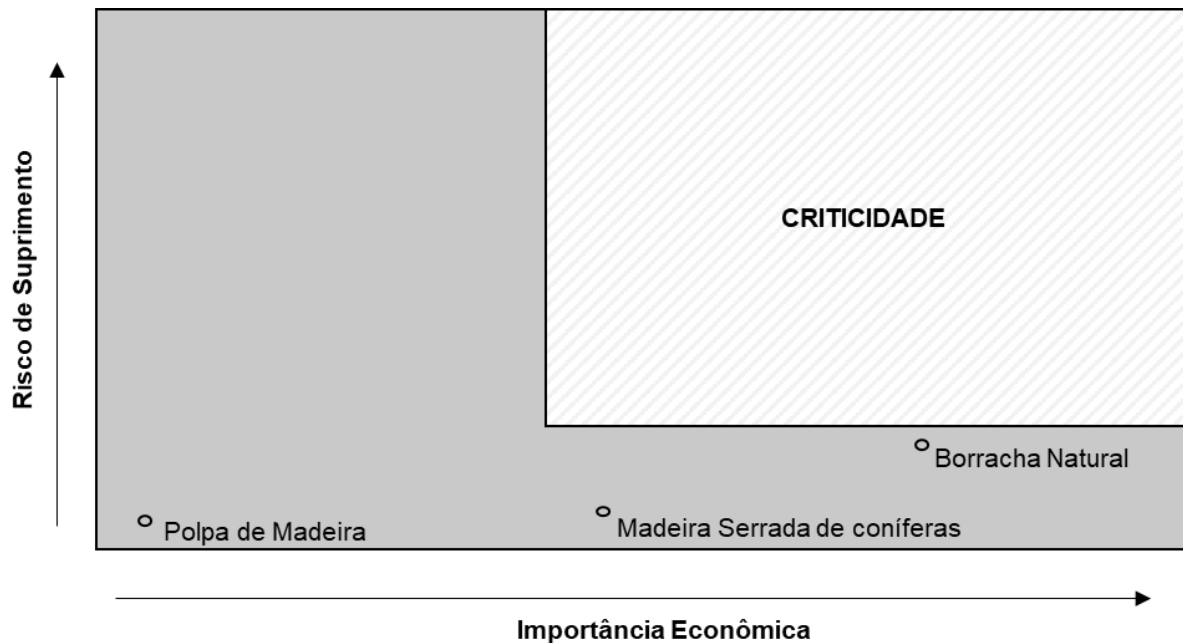


Fonte: Traduzido de Buijs et al. (2012)

Observando a figura pode-se notar que para um material ser considerado crítico, ele deve exceder o limiar do risco para o fornecimento, assim como o limiar da importância econômica.

Como resultado desta avaliação, EC (2014) conseguiu identificar 21 matérias-primas críticas dentre as 54 avaliadas para o contexto europeu. Os materiais bióticos avaliados foram: polpa de madeira, madeira serrada de coníferas e borracha natural, sendo que não foram encontrados materiais bióticos críticos, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4 - Avaliação da Criticidade de acordo com a União Europeia



Fonte: Traduzido e adaptado de EC (2014)

Os materiais bióticos avaliados não apresentaram criticidade na Europa como pode ser observado na figura 4, pois eles estão aquém dos limites que consideram a matéria-prima como crítica, sendo a borracha natural o material com maior risco de criticidade. Faz-se necessário uma avaliação destes recursos para outras regiões. Além disso, os recursos florestais avaliados por EC (2014), não representam a madeira como um todo.

Tendo em vista que a criticidade de recursos é ainda uma avaliação muito incipiente no âmbito da ACV e de acordo com De Bruille (2014), Graedel et al. (2012) e Chapman et al. (2013) ela pode ser influenciada diretamente por sua capacidade de substituição, julga-se pertinente explorar mais a fundo este tema.

2.2.3 Substituição de Recursos

De acordo com De Bruille et al. (2014), a criticidade dos recursos pode ser influenciada diretamente por sua possibilidade de substituição. Quanto maior for a capacidade de um recurso ser substituído, menor será o risco de escassez.

Quando um recurso possui uma taxa de dissipação da funcionalidade maior que sua taxa de adaptação, ou seja, quando o recurso dissipa antes mesmo que possa ocorrer uma substituição por outro recurso (p.e. se o fósforo utilizado na agricultura for dissipado, não poderá ter adaptação por outro recurso por não ter substituto que cumpra a mesma função) então ele terá problemas de escassez (DE BRUILLE et al., 2014).

Para Pearce et al. (2009) a escassez de recursos não apresenta grandes consequências se a economia permitir que o recurso escasso seja substituído, entretanto, se a substituição for restrita os efeitos serão mais graves. De acordo com Coulomb et al. (2015), a substituição é um fator que pode abrandar o risco de oferta de um recurso, reduzindo o poder de mercado dos fornecedores.

A avaliação da substituição torna-se, portanto, necessária para determinar a possível escassez do recurso, já que quanto maior for a possibilidade de substituição de um recurso, menor será a chance de haver carência deste no futuro.

A substituição é uma dimensão que não foi utilizada anteriormente a De Bruille et al. (2014) para avaliar o esgotamento de recursos em ACV, no entanto, pode ser considerada essencial porque uma função fornecida por um recurso também pode ser fornecida por um substituto se houver viabilidade econômica e tecnológica para substituição (SONNEMANN et al., 2015).

De acordo com Graedel et al. (2012), para se avaliar a substituição de um recurso é necessária a identificação dos principais usos finais e a determinação da fração do recurso utilizado, identificando o material substituto mais provável para cada uso final e avaliando as propriedades do substituto.

Conforme o método adotado por Graedel et al. (2012) a substituição de um recurso é composta por quatro indicadores: desempenho, disponibilidade, proporção do impacto ambiental e proporção do preço do substituto. Este método é aplicado para metais, e de acordo com os autores nenhum metal é completamente insubstituível;

estes podem ser mais ou menos fáceis de substituir de acordo com suas propriedades, sendo que alguns podem ter mais de uma opção de substituição.

Graedel et al. (2012) afirmam que a escolha de um substituto adequado é tarefa para cientistas de materiais e designers de produto. Em concordância a essa afirmação, Sonnemann et al. (2015) declaram que a avaliação da substituição de um recurso pode implicar em pareceres específicos de peritos, tornando-se uma tarefa desafiadora. Ainda, de acordo com Sonnemann et al. (2015), a substituição de um recurso é um indicador importante, mas também pode ser considerado um indicador de risco, pois a substituição pode ser conduzida pelos custos de mercado afetando assim o risco de abastecimento. Para Coulomb et al. (2015) o desenvolvimento da substituição ao longo do tempo é de difícil previsão, pois é um fator que depende diretamente da inovação tecnológica, dos preços relativos e das futuras iniciativas políticas, entre outros.

De acordo com EC (2014), o índice de substituição é uma medida da dificuldade de substituir o material, onde a escala de valores é determinada da seguinte maneira: 1 (não existe substituição); 0,7 (substituível com alto custo e perda de desempenho); 0,3 (substituível a baixo custo) e 0 (totalmente substituível). De Bruille et al. (2014) utilizam os dados de EC (2014) com base nesta escala para determinar o índice de substituição dos recursos, relativo ao tempo de adaptação.

No caso de não eleger o parecer de peritos, ou até mesmo não se ter acesso a estes pareceres, Graedel et al. (2012) desenvolveram uma escala para avaliação da substituição, na qual considera quatro pontos que são avaliados em 1 ou 0 (se cumpre ou não o critério):

- a) utilização passada do substituto – caso o substituto tenha sido utilizado no passado para a mesma aplicação (sim 1 - não 0);
- b) uso simultâneo – caso substituto seja utilizado atualmente para a mesma aplicação (sim 1 - não 0);
- c) utilização futura – caso exista a possibilidade de o substituto ser utilizado para a mesma aplicação no futuro (sim 1 - não 0);
- d) nenhuma diferenciação significativa - caso não exista uma diferença em termos de características relevantes entre o recurso e o seu substituto (sim 1 - não 0).

Estes critérios são somados e determinam a seguinte escala: 1 (substituto pobre); 2 (substituto adequado); 3 (bom substituto) e 4 (substituto exemplar). Esta avaliação, contudo, determina apenas um dos indicadores utilizados para identificar se o recurso pode ou não ser substituído (GRAEDEL et al., 2012).

A EC (2014) apresenta os resultados para a substituição de um recurso (tanto para recursos abióticos quanto para bióticos), enquanto que Graedel et al. (2012) apresentam um método para ser aplicado exclusivamente para metais. EC (2014) fornece índices de substituição para diversos recursos, contudo, para madeira disponibiliza apenas para duas funções (polpa de madeira, madeira serrada de coníferas), como citado anteriormente, obtidos por pareceres de especialistas.

Essas duas funções principais são desmembradas em aplicações específicas: Polpa de madeira – papel gráfico; papel para embalagem; papel doméstico e sanitário e outros papéis. Madeira serrada de coníferas – construção; mobiliário, contudo, o índice de substituição (0,7) é o mesmo para todas, ou seja, substituível com alto custo e perda de desempenho [EC, 201-].

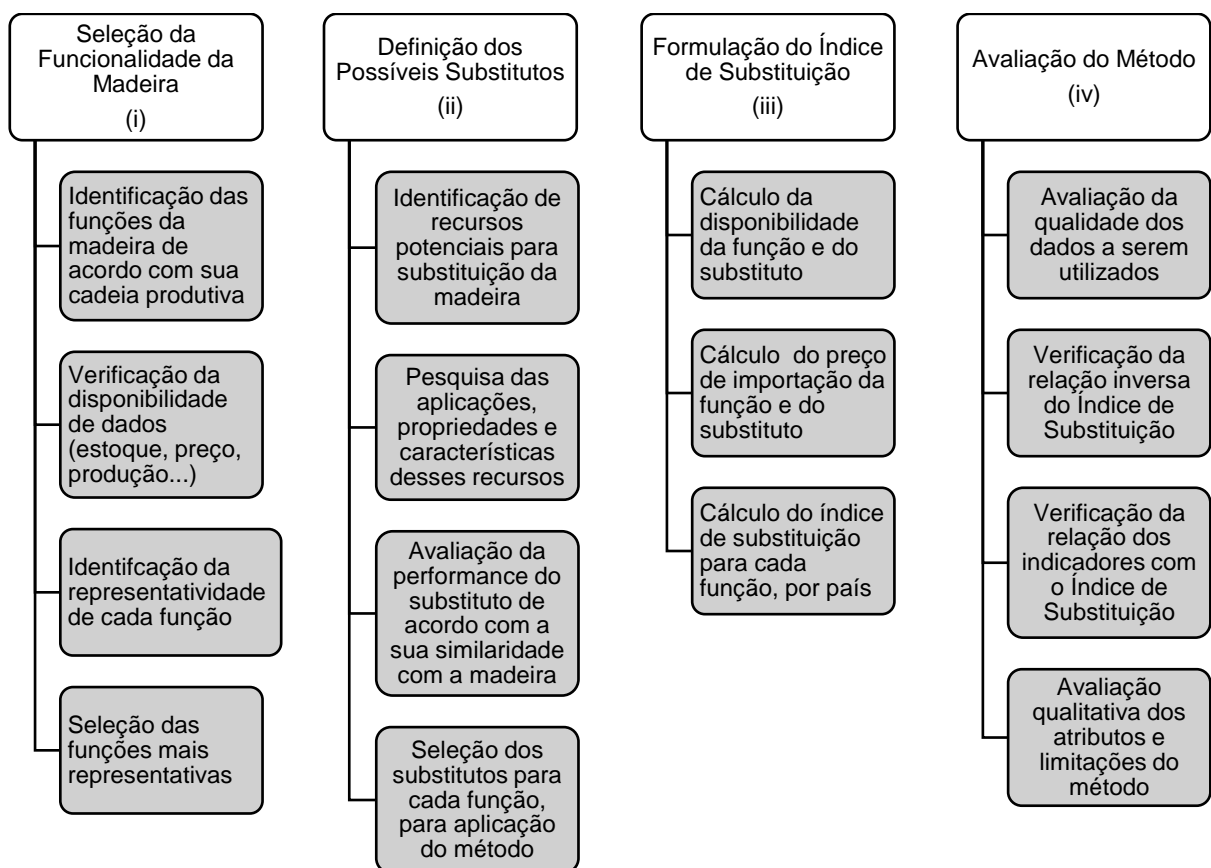
Como estes índices são subjetivos e limitados, por isso na sequência será apresentado o método para obtenção e futura disponibilização de índices de substituição para funções da madeira. Outras questões apresentadas neste capítulo vão ser abordadas no método a ser desenvolvido, como o foco na funcionalidade de recursos e a substituição destes por outros com performance similar.

3 MÉTODO

Este capítulo apresenta os procedimentos necessários para o cumprimento dos objetivos propostos na pesquisa. Para isso, foram realizadas as seguintes etapas: (i) seleção da funcionalidade da madeira; (ii) definição dos possíveis substitutos; (iii) formulação do índice de substituição; e (iv) avaliação do método.

A figura 5 apresenta de forma esquemática os passos que foram utilizados para a concepção do método.

Figura 5 - Concepção do método



Fonte: Autoria própria

3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES DA MADEIRA

Para a determinação da funcionalidade do recurso florestal madeireiro, as principais funções e usos da madeira foram classificadas de acordo com as definições disponíveis no anuário da FAO de produtos florestais (FAO, 2015). Esta seleção teve

como base a necessidade de obtenção de dados globais, por se tratar do desenvolvimento de um método generalista, buscando maior padronização, não optando por fontes nacionais em um primeiro momento, o que não se torna um impeditivo de futuramente os dados serem substituídos. Este anuário apresenta dados de produção e comércio dos produtos florestais, assim como, estabelece uma nomenclatura com a descrição destes produtos.

Assim, foram determinadas as principais funções de acordo com a sua forma de apresentação (produtos florestais madeireiros), fundamentadas no quadro 1, que apresenta os principais produtos florestais listados pela FAO, com uma breve descrição. Os demais subprodutos encontram-se no Anexo A.

Quadro 1 - Principais Produtos Florestais Madeireiros

Produto Florestal (<i>forest product</i>)	Descrição (<i>description</i>)
1 Madeira em tora (<i>roundwood</i>)	madeira em tora caída e/ou removida da floresta (representa a soma das demais)
2 Carvão vegetal de madeira (<i>wood charcoal</i>)	madeira carbonizada
3 Aparas, partículas e resíduos de madeira (<i>wood chips, particles and residues</i>)	madeira reduzida a pequenos pedaços e resíduos de madeira destinados a produção de outros produtos de madeira
4 <i>Pellets</i> de madeira e outros aglomerados (<i>wood pellets and other agglomerates</i>)	aglomerados cilíndricos produzidos por compressão ou por adição de um aglutinante (proporção não superior a 3% do peso)
5 Madeira serrada (<i>sawnwood</i>)	madeira processada longitudinal ou transversalmente acima de 5mm de espessura
6 Painéis à base de madeira (<i>wood based panels</i>)	madeira utilizada para produção de painéis, incluindo lâminas, compensado, painéis de partícula e painéis de fibra
8 Outros tipos de polpa (<i>other pulp</i>)	polpa fabricada a partir de outras fibras vegetais que não a madeira
9 Papel recuperado (<i>recovered paper</i>)	resíduos e restos de papel ou cartão coletados para reutilização ou comercialização
10 Papel e cartão (<i>paper and paperboard</i>)	papel jornal, papel para impressão e escrita, cartão e outros tipos de papéis

Fonte: Elaborado a partir de FAO (2015)

Estes produtos possuem dados disponíveis na base de dados (FaoStat, 2017) para diversos países de todas as regiões do mundo. Os dados da FaoStat (2017) exibem a produção de madeira do mundo, representada pelo volume ou o peso de produtos que podem ser utilizados na produção de outro produto (e.g.: pasta de madeira, que pode ser convertida em papel). Esta produção inclui todas as fontes dentro do país (públicas, privadas e informais) e é relatada em metros cúbicos (m³)

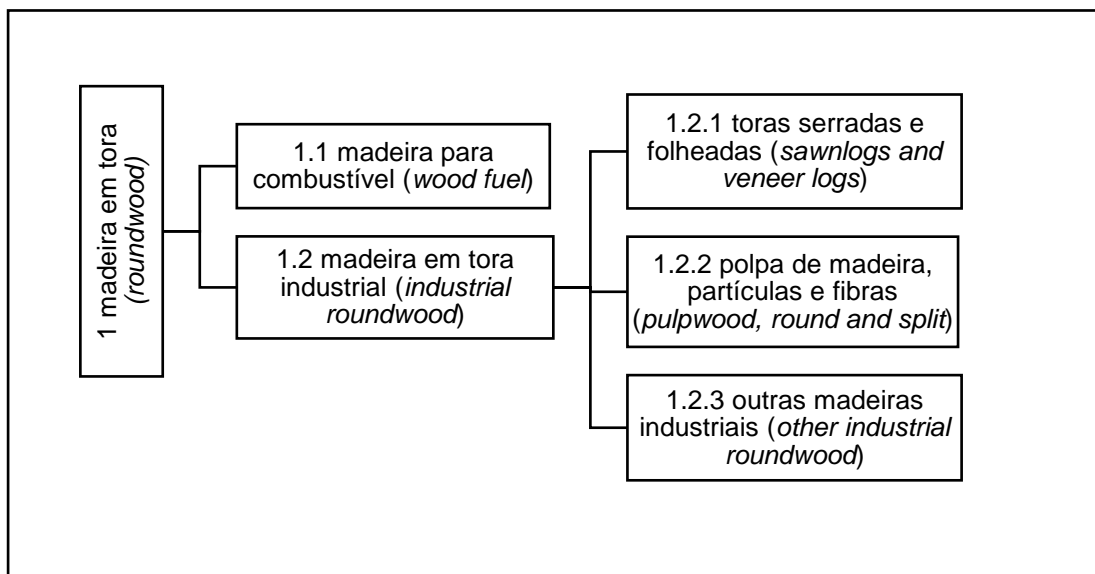
para madeira em tora, madeira serrada e painéis à base de madeira, e toneladas métricas (mt) para carvão vegetal de madeira e produtos de papel e celulose.

Tanto o anuário quanto a base de dados possuem categorias de produtos que podem ser divididas em coníferas e não-coníferas. No entanto, nem todas as categorias possuem esta divisão, apresentando dados agrupados, principalmente para as funções mais específicas. Por este motivo, coníferas e não-coníferas foram agregadas em cada uma das funções, não havendo distinção entre elas.

Os produtos foram analisados e classificados separadamente e em grupos relacionados ao produto principal para definição das principais funções a serem utilizadas no estudo.

O grupo principal, referente ao primeiro grupo do quadro 1 (Anexo A), trata-se de um compêndio de toda madeira em tora dividida em dois principais produtos (madeira para combustível e madeira em tora industrial), conforme pode ser observado na figura 6.

Figura 6 - Subdivisão da madeira em tora em suas principais formas de apresentação



Fonte: Elaborado a partir de FAO (2015)

Foi então analisada a representatividade dos quatro principais produtos advindos da colheita de madeira no mundo, a partir de dados levantados na base de dados FaoStat (2017).

Com as funções da madeira estabelecidas, o seguinte passo foi investigar quais os recursos potenciais a serem utilizados para substituição da madeira.

3.2 IDENTIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS SUBSTITUTOS

Nesta etapa foram identificados os principais substitutos para cada função da madeira de acordo com as suas características. A identificação foi realizada por meio de uma investigação na literatura, buscando principalmente informações sobre pesquisas já realizadas, nas quais são apresentados substitutos viáveis para usos específicos da madeira, ou recursos que desempenham as mesmas funções.

Para cada uma das funções estabelecidas, foram identificados os principais usos, e então correlacionadas com possíveis substitutos. Com o substituto selecionado, foi então determinado se o desempenho deste substituto é análogo ao da madeira para a função específica a ser substituída.

Este desempenho foi medido e adaptado conforme a avaliação da performance do substituto elaborada por Graedel et al. (2012), os quais afirmam que a performance de um recurso é um indicador independente de considerações de preço. Em alguns casos pode ser obtido pela avaliação de especialistas, o que nem sempre é disponível ou de fácil acesso. Por esse motivo, Graedel et al. (2012) elaboraram e disponibilizaram uma escala binária (0-1) de quatro pontos, onde são avaliadas questões referentes ao uso do recurso em uma relação temporal, em conjunto com questões relativas às características deste recurso.

A partir das questões elaboradas por Graedel et al. (2012), foi então elaborado um quadro comparativo (quadro 2) para avaliação do desempenho das funções da madeira e de seus substitutos, possibilitando assim a escolha do substituto mais adequado. Em acréscimo foi inserido um item referente à disponibilidade de dados, o que é essencial para a aplicação do método. A avaliação foi realizada e fundamentada em literatura da área, em caráter qualitativo.

Quadro 2 – Desempenho do Substituto

Matéria-prima	Principais Usos	Principais Características	Uso Passado	Uso Atual	Uso Futuro	Disponibilidade de dados
Função da Madeira						
Substituto 1						
Substituto 2						
Substituto 3						

Fonte: Adaptado de Graedel et al. (2012)

A avaliação foi efetuada da seguinte maneira:

- a) Principais Usos: foram identificadas as principais aplicações do substituto, verificando assim se estas são similares às da função da madeira;
- b) Principais Características: foram analisadas as características e propriedades mais relevantes para o desempenho eficaz da função;
- c) Uso Passado: foi verificado se o substituto já tinha sido usado no passado para a mesma função;
- d) Uso atual: foi verificado se o substituto é usado atualmente para a mesma função;
- e) Uso Futuro: foi verificado se existe a probabilidade de o substituto continuar a ser usado, ou se existem pesquisas que apontem o uso do substituto no futuro para a mesma função;
- f) Disponibilidade de dados: foi verificado se a disponibilidade de dados é suficiente ou insuficiente para a aplicação do método, para a maior quantidade possível de países.

Para cada um dos possíveis substitutos foram analisadas as questões acima e preenchidas no quadro 2 de maneira a identificar qual o substituto com melhor desempenho para a função considerada.

Após a seleção dos principais substitutos da madeira por função específica passou-se para a etapa de obtenção do Índice de Substituição para as funções da madeira.

3.3 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUBSTITUIÇÃO

Nesta etapa foi realizada uma comparação de métodos que utilizam a substituição como um indicador para cálculos de escassez de recursos.

Os métodos avaliados foram selecionados da seguinte forma: Elasticidade de Substituição – não se trata de um estudo específico, mas sim um método na área econômica já estabelecido e aplicado a diversos recursos que fornece um índice de substituição; De Bruille et al. (2014) – único estudo na área de ACV que utiliza a

substituição de recursos para cálculos de escassez; EC (2014) – relatório de criticidade que apresenta um índice de substituição para diversos materiais; Graedel et al. (2012) – estudo da criticidade de metais que determina um cálculo para identificação da substituibilidade de metais, com potencial de interação com a ACV.

O quadro 3 apresenta os estudos levantados e avaliados conforme critérios que mostram quais deles tem potencial para uma possível adaptação.

Os critérios avaliam os estudos da seguinte forma:

- a) Escopo – identifica em que nível o estudo apresenta seus resultados (global, regional, nacional, corporativo);
- b) Recursos considerados – verifica quais recursos são avaliados em tipo e quantidade;
- c) Resultado principal – identifica qual o objetivo principal do estudo e os resultados alcançados;
- d) Clareza – examina se o estudo é de fácil compreensão;
- e) Complexidade – averigua o nível de complexidade do estudo para possíveis aplicações futuras;
- f) Facilidade de reprodução – constata se o estudo é claro, e se pode ser reproduzido por outros pesquisadores da área.

Quadro 3 - Critérios para avaliação de metodologias com ênfase na substituição de recursos

Critérios	Métodos			
	Graedel et al. (2012)	EC (2014)	De Bruille et al. (2014)	Elasticidade de Substituição
Escopo	Global Nacional Corporativo	Global	Global	Indefinido
Recursos Considerados	Metais	Recursos abióticos Recursos bióticos	Metais e Minerais	Indefinido
Resultado Principal	Criticidade	Criticidade	Índice de Competição	Índice de Substituição
Clareza	Alta	Alta	Média	Alta
Complexidade	Média	Média	Média	Alta
Facilidade de reprodução	Alta	Média	Baixa	Alta

Fonte: Autoria Própria

O método apresentado por Graedel et al. (2012) é voltado para avaliação da criticidade de metais e aplicada em três níveis (global, nacional e corporativo) de forma diferenciada. É um estudo de média complexidade, trabalhando com diversos

indicadores, dentre eles o de substituíbilidade, mas que é de fácil compreensão por ser detalhadamente explicado, possibilitando a sua reprodução com certa facilidade.

O estudo realizado por EC (2014) também se trata da avaliação da criticidade, contudo um pouco mais amplo, apresentando resultados para diversos recursos bióticos e abióticos, apenas em nível global. Por se tratar de um estudo de criticidade também apresenta diversos indicadores, tornando-se de média complexidade. É de fácil compreensão, contudo não tão simples de reproduzir principalmente quando se trata do indicador de substituíbilidade, que é realizado por parecer de especialistas e se apresenta um tanto subjetivo.

De Bruille et al. (2014) apresentam um estudo direcionado para metais e minerais, identificando um índice de competição que tem como base a substituíbilidade em nível global. Possui certa complexidade e clareza razoável, contudo, de difícil reprodução, pois algumas relações entre o índice de substituição com os demais indicadores não são compreensíveis.

Por fim, a Elasticidade de Substituição foi desenvolvida para apresentar índices de substituição de maneira generalista que pode ser aplicada em diversas situações e por esse motivo não tem escopo e recursos definidos. Pelo fato de ser um método muito bem constituído é claro e de fácil reprodução, no entanto, tem alta complexidade pela quantidade de variáveis necessárias para sua aplicação.

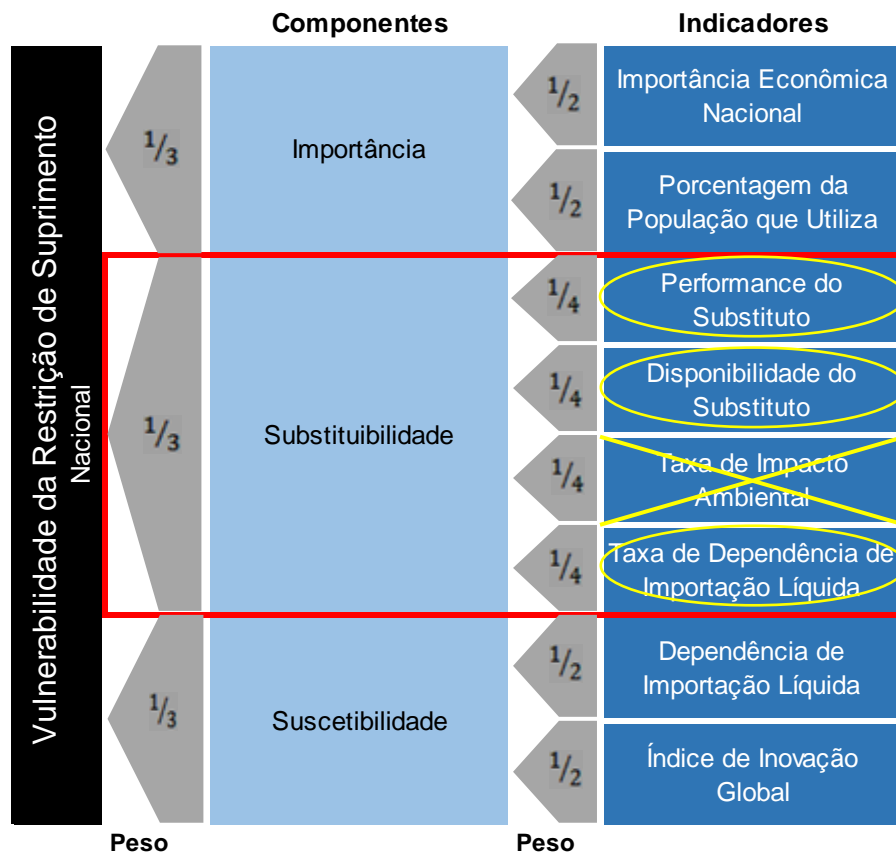
No caso do desenvolvimento do índice de substituição para madeira o método que apresentou maior potencial de adaptação foi o de Graedel et al. (2012), que utiliza critérios de análise de desempenho, disponibilidade, e preço do substituto. De Bruille et al. (2014) utilizam índices pré-estabelecidos por EC (2010), que traz índices de substituição para poucas funções da madeira, utilizando pareceres de especialistas. E a Elasticidade de Substituição, por ser da área de economia, possui parâmetros muitos distintos dos utilizados pela técnica de ACV.

O método de Graedel et al. (2012) foi desenvolvido para determinar o grau de criticidade do metal em três níveis (global, nacional e corporativo). Para cada um dos níveis os componentes e indicadores variam. A Figura 7 apresenta um esquema desta avaliação para o nível nacional. No caso do desenvolvimento da presente pesquisa, apenas o componente substituíbilidade foi utilizado para adequação, como destacado na figura 7.

Os indicadores que determinam a possibilidade do material ser substituído são: performance do substituto; disponibilidade do substituto; taxa de impacto ambiental; e

taxa de dependência de importação líquida. Isto para o nível nacional, no caso do nível global o indicador referente a importação é suprimido e para o nível corporativo este mesmo indicador é substituído pela razão do preço (GRAEDEL et al., 2012).

Figura 7 - Método de Avaliação da Criticidade de Metais



Fonte: Traduzido de Graedel et al. (2012)

A adaptação da substituibilidade foi realizada utilizando-se apenas três dos quatro indicadores relacionados por Graedel et al. (2012). O indicador referente à razão do impacto ambiental foi descartado devido a substituibilidade da madeira gerar um índice que futuramente poderá compor um cálculo para a avaliação do impacto ambiental causado pelo uso deste recurso. O indicador relativo à taxa de dependência de importação líquida foi adaptado para razão do preço de importação, levando em consideração que a substituição de um recurso só é viável se o preço de seu substituto não impossibilite a sua utilização. O indicador respectivo à disponibilidade do substituto foi acrescido da disponibilidade do recurso, gerando assim a sua razão, pois se a disponibilidade do substituto for menor que a do recurso, isto diminui a

possibilidade de substituição. E o indicador que diz respeito à performance do substituto foi utilizado na etapa de seleção do substituto (item 3.2), não sendo utilizado para questões relativas ao cálculo.

Assim, para determinar o índice de substituição da madeira foram combinados dois indicadores: (i) razão da disponibilidade; e (ii) razão do preço de importação.

3.3.1 Definição da Razão da Disponibilidade

A disponibilidade do recurso é calculada por Graedel et al. (2012) para duas escalas de tempo: curto e longo prazo, sendo a de curto prazo direcionada para avaliação corporativa e a de longo prazo para avaliação nacional e global. Neste caso será abordada a de longo prazo, considerando que o presente estudo não tem o intuito de trabalhar com especificidades relativas a níveis corporativos e empresariais.

Para longo prazo, Graedel et al. (2012) utilizam um componente geológico, tecnológico e econômico, composto por dois indicadores: tempo de depleção; e fração de metal complementar.

A fração de metal complementar é calculada no caso de o minério ser composto por outros metais considerados hospedeiros, por esse motivo é importante conhecer a sua composição para identificar esta fração desejada. No caso da madeira, este é um indicador inconsistente, pois não existem outros materiais que estejam misturados na sua composição, por isso não será utilizado para efeitos de cálculos.

Para o cálculo do tempo de depleção, Graedel et al. (2012) consideram variáveis como: produção de mineração; demanda estimada futura; perda em rejeitos, escórias e outros processos; agregados de recursos secundários (sucata); taxa de reciclagem no fim de vida; e dissipação para alguns metais.

Cabe salientar que a determinação da disponibilidade de um recurso para ser incondicional depende de uma avaliação dinâmica que considere todas as possibilidades de obtenção do recurso, assim como Graedel et al. (2012) buscaram estimar. No caso deste trabalho não existe a pretensão de quantificar o tempo total de recurso disponível até a sua exaustão, e sim definir o quanto deste recurso esteve disponível em um determinado período (ano), realizando uma relação entre a disponibilidade imediata do recurso e de seu possível substituto.

Neste sentido, De Bruille et al. (2014) realizaram um estudo onde calculam o tempo de disponibilidade de recursos minerais e metálicos. Para isso apresentam o cálculo de um índice de depleção estática (*sDI*) que estabelece o número de anos de disponibilidade do recurso antes de sua completa dissipação, conforme a equação 1,

$$sDI = WRB/WPR - WRR = WRB/WRD \quad (1)$$

sendo, *WRB* a reserva base mundial, *WPR* a taxa de produção mundial, *WRR* a taxa de reciclagem mundial e *WRD* a taxa de dissipação mundial.

Brandt (2010) afirma que para prever a disponibilidade futura de um recurso em anos até o seu esgotamento é razoável utilizar um modelo simples, calculando a razão da reserva pela produção (R/P). Igualmente BP (2011) esclarecem que o período em que uma reserva pode durar é análogo à razão das reservas restantes no final de qualquer ano, pela produção deste mesmo ano (se a produção se mantiver estável).

Realizando uma analogia destes procedimentos é plausível determinar a disponibilidade por meio da razão (R/P). No caso de substitutos que são passíveis de reciclagem é importante acrescentar esta variável conforme De Bruille et al. (2014), reduzindo a reciclagem da produção.

Portanto, este trabalho considera a disponibilidade de forma estática, ou seja, considera que as variáveis utilizadas são constantes no decorrer dos anos. Assim, o cálculo pode ser realizado para um ano específico, sem, contudo, identificar uma tendência para anos futuros. O quadro 4 apresenta as definições básicas, em destaque, das variáveis que foram consideradas no presente estudo:

- a) Reserva;
- b) Produção;
- c) Reciclagem;
- d) Estoque comercial de crescimento;
- e) Valor de importação;
- f) Quantidade de importação;
- g) Quantidade de exportação.

Outros termos não utilizados no estudo estão descritos no quadro 4, com o intuito de traçar um comparativo entre eles.

Quadro 4 – Definições dos principais termos utilizados no desenvolvimento do método do índice de Substituição

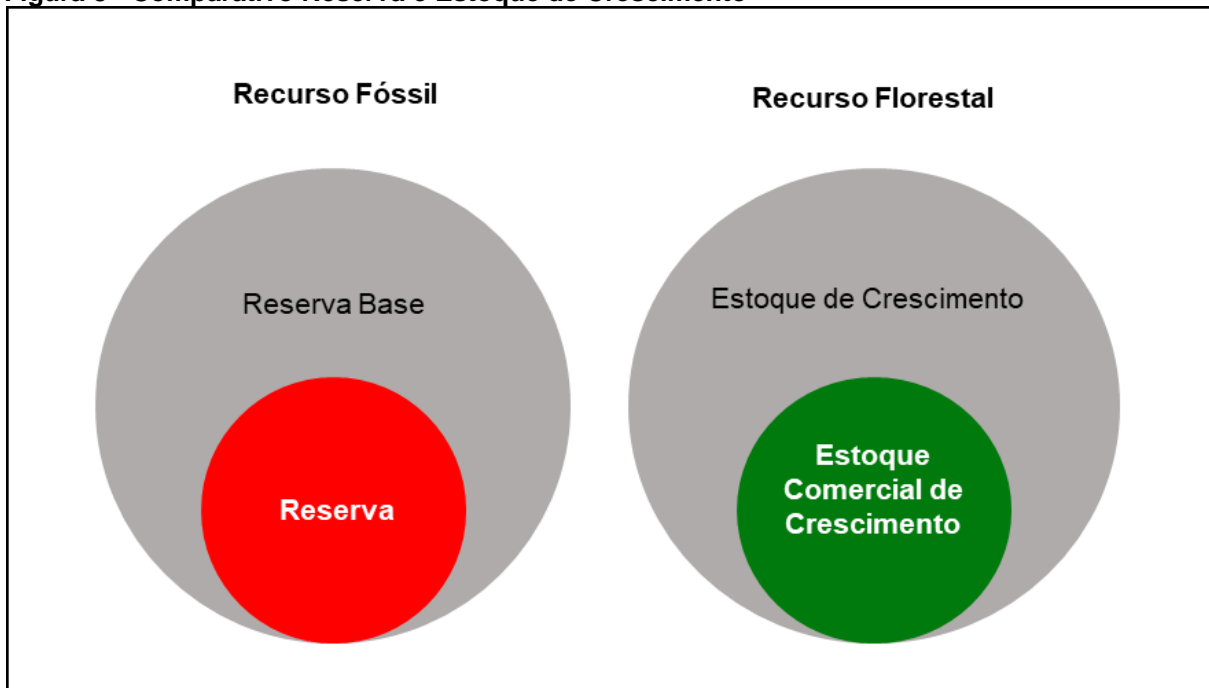
TERMO (variável)	DEFINIÇÃO	FONTE
Reserva Base	Parte de um recurso identificado que atende critérios físicos e químicos mínimos especificados relacionados às práticas atuais de mineração e produção, incluindo grau, qualidade, espessura e profundidade. Inclui os recursos atualmente econômicos (reservas), marginalmente econômicos (reservas marginais) e alguns dos que atualmente são sub-econômicos (recursos sub-econômicos).	Ober, 2017
Reserva	Parte da reserva base que poderia ser economicamente extraída ou produzida no momento da determinação. O termo reserva não precisa significar que as instalações de extração estejam em vigor e operacionais.	Ober, 2017
Reserva marginal	Parte da reserva base que, no momento da determinação, limita-se a ser economicamente produtiva. Sua característica essencial é a incerteza econômica. São incluídos os recursos que poderiam ser produzidos, tendo em conta as mudanças postuladas em fatores econômicos ou tecnológicos.	Ober, 2017
Produção	Quantidade produzida no ano.	FAOSTAT, 2017
Consumo aparente	O consumo aparente é calculado pela adição da produção de um país às importações e pela subtração das exportações.	FAO, 2015
Reciclagem	Quantidade reciclável de material utilizada para produção.	
Estoque de Crescimento	Volume sobre a casca de todas as árvores vivas com um diâmetro mínimo de 10 cm na altura do peito (ou acima do contraforte se estas forem maiores). Inclui o caule do nível do solo, excluindo os ramos.	FAO, 2012
Estoque Comercial de Crescimento	Parte do estoque de crescimento que é considerado comercial ou potencialmente comercial nas condições atuais do mercado. Inclui todas as espécies comerciais e potencialmente comerciais para mercados nacionais e internacionais. Exclui estoque em crescimento em áreas onde restrições legais, econômicas ou outras restrições específicas impedem o corte e remoção de madeira.	FAO, 2012
Estoque de Crescimento de Espécies Comerciais	As espécies comerciais são todas espécies que atualmente estão sendo comercializadas para mercados domésticos e / ou internacionais. Inclui todas as árvores de espécies comerciais dentro dos limites indicados para o estoque de crescimento, independentemente de terem alcançado dimensões comerciais ou não.	FAO, 2012
Valor de Importação	Valor pago pelo montante de importação do referido ano	FAOSTAT, 2017
Quantidade de importação	Quantidade importada no ano	FAOSTAT, 2017
Quantidade de exportação	Quantidade exportada no ano	FAOSTAT, 2017

Fonte: Elaborado a partir das fontes citadas

Tendo em vista tais definições, pode-se observar que a razão (R/P) para recursos fósseis utiliza a reserva potencialmente econômica. Da mesma forma, para madeira foram utilizados dados referentes à madeira que pode ser extraída

legalmente para produção, ou seja, o estoque comercial de crescimento. A figura 8 apresenta de forma ilustrativa um comparativo entre reserva e estoque de crescimento, destacando o montante de recurso utilizado para determinação da disponibilidade.

Figura 8 - Comparativo Reserva e Estoque de Crescimento



Fonte: Autoria própria

A produção é determinada pelo consumo aparente acrescido da quantidade exportada e diminuído da quantidade importada, conforme equação 2.

$$PO = CA + EX - IM \quad (2)$$

Assim, a disponibilidade do recurso florestal na produção de madeira para uma função específica é determinada pela fração de uso do estoque comercial de crescimento pela quantidade produzida desta função de madeira em tora equivalente, diminuída da quantidade de matéria-prima reciclada (caso haja reciclagem incluída na produção), de acordo com as equações 3 e 4. Tendo em vista as diferentes unidades das variáveis a serem utilizadas, quando necessário são obtidas utilizando o fator de conversão dado no quadro 5, para que se tenha o valor de madeira em tora equivalente.

Quadro 5 - Fatores de Conversão

Função da madeira (<i>wood function</i>)	Unidade de entrada / Unidade de saída (<i>unit in / unit on</i>)	Fator de conversão (<i>conversion factor</i>)
Wood Fuel	m ³ rw/odmt	2,22
Wood Charcoal	m ³ rw/odmt	6,00
<i>Pellets</i>	m ³ rw/m ³ p	2,55
Briquettes	m ³ rw/odmt	2,29
Wood pulp	m ³ rw/mt	3,37
Sawnwood	m ³ rw/m ³ p	1,82
Wood-based Panels	m ³ rw/m ³ p	1,60

Fonte: Elaborado a partir Fonseca et al. (2010)

Notas: m³rw (metro cúbico de madeira em tora); odmt (tonelada métrica seca em estufa); m³ p (metro cúbico de produto); mt (tonelada métrica).

A disponibilidade do substituto no caso de ser um recurso fóssil é determinada pela razão da reserva deste recurso pela quantidade produzida, diminuída da quantidade reciclada, conforme equações 5 e 6. No caso de o substituto ser de origem florestal a disponibilidade é calculada da mesma forma que para função da madeira (equações 3 e 4). Em se tratando de substitutos que são subprodutos e/ou que não são retirados diretamente da natureza, a disponibilidade é calculada apenas com a soma da produção e da importação (consideradas como o montante disponível para uso) dividida pela produção menos a reciclagem, conforme equação 7.

Para efeitos de aplicação, os cálculos foram adaptados conforme a origem do recurso utilizado para substituição.

Tais cálculos são descritos nas equações a seguir,

$$A_{wf} = (CGS \times uf) / ((CA + EX - IM) - RC) \quad (3)$$

$$A_{wf} = (CGS \times uf) / (PO - RC) \quad (4)$$

$$A_s = RS / ((CA + EX - IM) - RC) \quad (5)$$

$$A_s = RS / (PO - RC) \quad (6)$$

$$A_s = PO + IMQ / (PO - RC) \quad (7)$$

onde, A_s é a disponibilidade do substituto, A_{wf} a disponibilidade da função específica da madeira, RS a reserva, PO a produção, RC a reciclagem, CGS o estoque comercial de crescimento, CA o consumo aparente, IM a importação, EX a exportação, e uf a fração de uso. A fração de uso é calculada dividindo a produção da função da madeira em madeira em tora equivalente pela produção de madeira em tora (ou seja, representa a quantidade de madeira em tora que é necessária para produção desta função).

Tanto a disponibilidade da madeira utilizada para uma função específica, quanto a disponibilidade do substituto são dadas em anos de recurso disponível, considerando a produção constante e a reserva ou estoque sem aumento. Na sequência foi então determinada a razão da disponibilidade pela equação 8,

$$\varphi A = A_s / A_{wf} \quad (8)$$

sendo, φA , a razão da disponibilidade, A_s a disponibilidade do substituto e A_{wf} a disponibilidade da função da madeira.

3.3.2 Cálculo da Razão do Preço de Importação

Graedel et al. (2012) diferenciam a substituíbilidade dos recursos como indicador referente à importação. No nível nacional é utilizada a razão de dependência sobre a importação líquida (NIR), que é determinada pela importação (IM), exportação (EX), consumo aparente (AC) e ajustes industriais e governamentais relacionados às mudanças de estoque (ASC). Esta relação pode ser observada na equação 9.

$$NIR = ((IM - EX + ASC) / AC) \times 100 \quad (9)$$

Já para o nível corporativo é utilizada a razão de preços (PR) para medir o impacto econômico da substituição, avaliando a proporção de preço do substituto (P_s) para o preço do metal em foco (P_m) a ser substituído conforme equação 10. Esta razão é multiplicada por 50 para normalizar a escala dos resultados (GRAEDEL et al., 2012).

$$PR = 50 \times (P_s/P_m) \quad (10)$$

Como explanado anteriormente no caso da madeira, o indicador *NRI* em nível nacional utilizado para metais foi substituído pelo indicador *PR* no nível corporativo, já que as variáveis correspondentes à importação, exportação e consumo são consideradas na avaliação da disponibilidade dos recursos. Ressalta-se a importância de se utilizar um indicador que estime o preço de importação com o intuito de manter o impacto econômico da substituição. A adaptação é referente ao preço que neste caso é utilizado somente o de importação, já que no caso da falta de um recurso ou de seu substituto em um país, existe a dependência das importações de outros países. Desta forma o preço de importação é dado pelas equações 11 e 12 e a razão do preço de importação é dada pela equação 13,

$$IMP_{wf} = IMV_{wf}/IMQ_{wf} \quad (11)$$

$$IMP_s = IMV_s/IMQ_s \quad (12)$$

$$\varphi IMP = IMP_s/IMP_{wf} \quad (13)$$

sendo, φIMP a razão do preço de importação, IMP_s o preço de importação do substituto, IMP_{wf} o preço de importação da função específica da madeira, IMV_s o valor de importação do substituto, IMQ_s a quantidade de importação do substituto, IMV_{wf} o valor de importação da função específica da madeira, IMQ_{wf} a quantidade de importação da função específica da madeira.

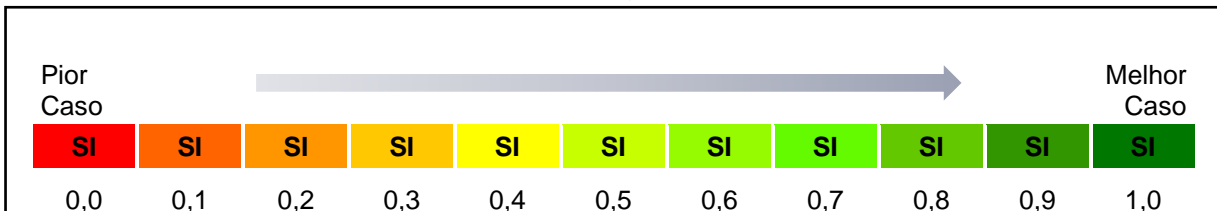
3.3.3 Cálculo do Índice de Substituição

O Índice de Substituição (SI) é um índice que mede a facilidade de substituir um recurso por outro. Neste caso, os valores são calculados em uma escala de 0 a 1, sendo que: 0 indica que não há substituição e 1 indica que o recurso é perfeitamente substituível. Considerando os indicadores de Disponibilidade e Preço, o SI é maior

quanto maior for a disponibilidade e menor for o preço de importação do substituto em relação ao recurso original.

Quanto maior for o SI, maior a perspectiva de substituir a madeira por outro recurso, como mostrado na figura 8.

Figura 9 – Escala de 0 a 1 do Índice de Substituição



Fonte: Autoria própria

Como cada um dos indicadores possui métricas diferenciadas, foi necessário adequar as escalas. Com este intuito as escalas de valores, dos indicadores (φA e φIMP) utilizados para o cálculo do índice de substituição da madeira, foram ajustados para o mesmo intervalo [0,1] por meio de uma normalização linear. Tal normalização é dada pela equação 14:

$$f(x) = (x - \text{min.}) / (\text{máx.} - \text{min.}) \quad (14)$$

onde, $f(x)$ é o dado normalizado, x é o valor do dado original, e os índices *mín.* e *máx.* são os valores mínimos e máximos, respectivamente, dos dados referentes a cada indicador.

Alguns valores, contudo, podem distorcer o resultado por estarem muito fora do intervalo, ou seja, no caso da razão da disponibilidade ou, da razão do preço de importação serem muito elevados ou muito baixos, estando distantes da realidade.

Então, por esta razão foi determinado um ajuste por meio de uma linha de corte, particular para cada caso, na qual a partir de um ponto máximo e um ponto mínimo a razão da disponibilidade e a razão do preço de importação são considerados iguais (máximo = 1, mínimo = 0).

Assim os dados normalizados e ajustados foram aplicados em duas equações (15 e 16) para estabelecer o SI. A primeira calcula o SI por meio da média dos dois indicadores, seguindo o mesmo critério de Graedel et al. (2012), e a segunda por meio da multiplicação destes mesmos indicadores, como uma sugestão ao método utilizado como base, para testar uma nova alternativa. Essa nova alternativa apresenta uma

relação física entre os indicadores - a qual exclui a possibilidade de substituição no caso de não haver disponibilidade do substituto, ou caso o preço do substituto seja impraticável - relação essa que não existe na primeira alternativa.

Da mesma forma como Graedel et al. (2012) não fizeram uma ponderação diferente para cada um dos indicadores, o presente estudo também manteve um peso igual para cada um deles. Assim, presume-se que as implicações de cada um dos indicadores são similares para a determinação da substituíbilidade das funções da madeira. Disponibilidade e preço possuem o mesmo peso, o que pode ser alterado em estudos futuros caso seja comprovada a diferença da influência destes indicadores sobre o SI,

$$SI = (\varphi A + \varphi IMP)/2 \quad (15)$$

$$SI = \varphi A \times \varphi IMP \quad (16)$$

onde, SI é o índice de substituição, φA a razão da disponibilidade, e φIMP a razão do preço de importação.

Os resultados dos SI para cada uma das equações se apresentam distintos. No caso da média, quando se aplica o mesmo valor para os dois indicadores, o SI apresenta exatamente o mesmo valor dos indicadores gerando uma tendência linear e constante no intervalo de 0 a 1, o que não ocorre no caso da multiplicação. Ao se aplicar a multiplicação quando um dos indicadores for igual a 0, o SI também será 0, ou seja, se não houver disponibilidade do recurso, ou se o preço de importação for excessivamente elevado, não haverá substituição, o que proporciona um resultado plausível.

Como os indicadores são calculados por país, mesmo que não haja disponibilidade do substituto naquele país, ainda é possível importar o recurso se o preço for condizente com a necessidade de suprir a demanda pela função, o que mostra que o cálculo pela média também se apresenta razoável.

Sendo assim, as duas alternativas foram aplicadas, comparadas e discutidas caso a caso.

A tabela 1 expõe as equações elaboradas para realização do cálculo do Índice de Substituição para madeira, e o quadro 6 apresenta em síntese a nomenclatura utilizada na formulação das equações.

Tabela 1 – Equações para cálculo do Índice de Substituição

	Definições (Definitions)	Equações (Equations)	Unidade (unit)	Número (number)
Disponibilidade (availability)	Disponibilidade da função da madeira (wood function availability)	$A_{wf} = \frac{CGS \times uf}{PO - RC}$	ano (year)	(4)
	Disponibilidade do substituto (substitute availability)	$A_s = \frac{RS}{PO - RC}$	ano (year)	(6)
		$A_s = \frac{PO + IMQ}{PO - RC}$	ano (year)	(7)
	Razão da disponibilidade (availability ratio)	$\varphi A = \frac{A_s}{A_{wf}}$	-	(8)
Preço de Importação (import price)	Preço de importação da função da madeira (wood function import price)	$IMP_{wf} = \frac{IMV_{wf}}{IMQ_{wf}}$	US\$/m ³ US\$/mt	(11)
	Preço de importação do substituto (substitute import price)	$IMP_s = \frac{IMV_s}{IMQ_s}$	US\$/m ³ US\$/mt	(12)
	Razão do preço da importação (import price ratio)	$\varphi IMP = \frac{IMP_{wf}}{IMP_s}$	-	(13)
Normalização linear (normalization linear)		$f(x) = \frac{(x - \text{min.})}{(\text{máx.} - \text{min.})}$	-	(14)
Substituição (substitution)	Índice de Substituição - média (substitution index - average)	$SI_{wf} = \left(\frac{\varphi A + \varphi IMP}{2} \right)$	-	(15)
	Índice de Substituição - multiplicação (substitution index - multiplication)	$SI_{wf} = \varphi A \times \varphi IMP$	-	(16)

Fonte: Autoria própria

Quadro 6 – Nomenclatura das equações

Nomenclatura (Nomenclature)		
SI	Índice de substituição	Substitution index
φIMP	Razão do preço de importação	Price import ratio
IMV	Valor de importação	Import value
IMQ	Quantidade de importação	Import quantity
φA	Razão da disponibilidade	Availability ratio
RS	Reserva	Reserve
PO	Produção	Production
RC	Reciclagem	Recycling
CGS	Estoque Comercial de crescimento	Commercial Growing Stock
wf	Função da madeira	Wood function
s	Substituto	Substitute
uf	Fração de uso	Use fraction

Fonte: Autoria própria

3.3.4 Obtenção e Análise de Dados

Os dados utilizados para a aplicação das equações foram obtidos da seguinte maneira:

- a) Foram utilizados dados referentes ao ano de 2010, considerando que este é o último ano com dados de estoque comercial de crescimento disponibilizado pela FAO. Sendo estes dados de grande importância para os cálculos da disponibilidade da madeira;
- b) Os dados dos substitutos também foram referentes ao ano de 2010. No caso da indisponibilidade de dados para este ano específico foram utilizados os dados do ano mais próximo desta referência;
- c) Para aquisição de dados foram priorizadas as bases de dados com acesso gratuito e com informações para a maior quantidade de países, mesmo considerando a possibilidade de se trabalhar com dados estimados.

A obtenção dos dados conforme explanado apresenta certas limitações, refletindo em dados nem sempre atualizados. Isto gera um impacto referente à qualidade, e por esse motivo fez-se necessária uma avaliação destes dados. Para isso, após a seleção das bases de dados a serem utilizadas foi realizada uma averiguação dos dados quanto a sua disponibilidade e qualidade.

Os dados necessários para aplicação do método foram tabulados e quantificados, podendo assim verificar o percentual de dados disponíveis por país.

Além disso, foi realizada uma avaliação da qualidade destes dados, tendo como referência a “matriz *pedigree*” (matriz de qualidade de dados), desenvolvida por Weidema e Wesnaes (1996) e adaptada - incluindo questões monetárias - por Ciroti (2009).

O quadro 7 apresenta a “matriz *pedigree*” com a explicação para cada um dos indicadores e suas respectivas pontuações.

A matriz foi então aplicada considerando apenas os quatro primeiros indicadores: confiabilidade da fonte; completeza; correlação temporal; e correlação geográfica. O indicador referente à correlação de avanços tecnológicos não foi utilizado, pois se refere diretamente aos materiais e processos, o que não corresponde ao escopo deste estudo.

Quadro 7 – Matriz de qualidade de dados “matriz pedigree”

Pontuação do indicador	1	2	3	4	5
Confiabilidade da fonte	dados verificados com base em medidas	dados verificados com base em premissas ou não verificados com base em medidas	dados não verificados parcialmente baseados em suposições	estimativa qualificada (por exemplo, por perito industrial)	estimativa não qualificada ou origem do dado desconhecida
Completeza	dados representativos de uma amostra suficiente dos locais durante um período adequado	dados representativos de um número menor de locais, mas por períodos adequados	dados representativos de períodos mais curtos	dados representativos de um número menor de locais e períodos mais curtos ou dados incompletos de um número adequado de locais e períodos	representatividade de dados desconhecidos ou incompletos de um número menor de locais e / ou de períodos mais curtos
Correlação temporal	menos de 3 anos de diferença para ano de estudo	diferença de menos de 6 anos	diferença de menos de 10 anos	diferença de menos de 15 anos	idade dos dados desconhecidos ou mais de 15 anos da diferença
Correlação Geográfica	dados da área estudada	dados médios de área maior em que a área estudada está incluída	dados da área com condições de produção e custo similares	dados da área com condições de produção e custo ligeiramente similares	dados de área desconhecida ou com condições de produção e custo muito diferentes
Correlação de Avanços Tecnológicos	dados de empresas, processos e materiais em estudo	dados de processos e materiais em estudo de diferentes empresas e sistemas contábeis similares	dados de processos e materiais em estudo, mas de diferentes tecnologias e / ou diferentes sistemas de reconhecimento	dados sobre processos ou materiais relacionados, mas a mesma tecnologia	dados sobre processos ou materiais relacionados, mas tecnologia diferente

Fonte: Traduzido e adaptado de Weidema e Wesnaes (1996) e Ciroth (2009).

A avaliação da qualidade dos dados foi realizada primeiramente de forma geral, e em um segundo momento para cada função da madeira, pelo fato do indicador de completeza ter uma pontuação diferenciada.

3.4 AVALIAÇÃO DO MÉTODO

O método foi avaliado de três modos distintos: (i) verificação da relação inversa dos Índices de Substituição; (ii) avaliação da relação dos indicadores com o Índice de Substituição; e (iii) avaliação dos atributos e limitações do método.

3.4.1 Relação Inversa dos Índices de Substituição

Ao determinar que um recurso pode ser substituído por outro, acredita-se que a relação inversa deva ser verdadeira, ou seja, se a lenha pode ser substituída por briquetes, supõe-se que os briquetes também possam ser substituídos pela lenha. Quando essa substituição é quantitativa, como no caso utilizado por este método, no qual, quanto maior for o valor em uma escala de 0 a 1, maior a possibilidade de substituição, espera-se que os valores passem a ser inversos ao alternar o recurso com o substituto.

Assim, foi feita a verificação se ao substituir uma função da madeira por um outro recurso, a sua relação inversa também se tornou verdadeira (p.ex. no caso da substituição do carvão vegetal de madeira por carvão mineral ser ruim, então a substituição do carvão mineral por carvão vegetal de madeira deve ser boa).

Para efetuar esta verificação, todos os cálculos, das cinco funções trabalhadas, foram refeitos invertendo as variáveis nas equações da Razão da Disponibilidade (equação 8) e da Razão do Preço de Importação (equação 13).

3.4.2 Relação dos Indicadores com o Índice de Substituição

Com a intenção de verificar qual dos indicadores (Razão da Disponibilidade - ϕ_A e Razão do Preço de Importação - ϕ_{IMP}) teve maior influência nos resultados do Índice de Substituição, foi realizada uma análise de regressão linear em todos os resultados, identificando o coeficiente de determinação (R^2) para as duas alternativas apresentadas pelo método.

A hipótese neste caso é de que ambos os indicadores fossem 50% responsáveis pelos resultados, já que as equações utilizadas trabalham com pesos iguais para os indicadores.

Sendo assim, a alternativa com o R^2 mais próximo de 0,5 para cada um dos indicadores é a que apresenta resultados mais apropriados.

3.4.3 Avaliação dos Atributos e Limitações do Método

Para fins de avaliar a qualidade do método, foram utilizados critérios de verificação de atributos e limitações, utilizando conceitos como operacionalidade, eficiência, generalidade, e facilidade de uso conforme Lacerda et al. (2013) e outros também considerados importantes. Os critérios utilizados para avaliar o método são os seguintes:

- a) Operacionalidade – habilidade de execução da tarefa pretendida, ou capacidade de utilização do método;
- b) Eficiência – capacidade de apresentar resultados claros;
- c) Generalidade – capacidade de aplicação de forma genérica;
- d) Facilidade de uso – facilidade de aplicação por pesquisadores da área;
- e) Reprodutibilidade – facilidade de reprodução;
- f) Comparação – vantagens e desvantagens ao se comparar com outros métodos similares;
- g) Representação da realidade – apresenta resultados que refletem de forma segura a realidade (para isso foi realizada uma consulta com especialista da área de Engenharia Florestal³);
- h) Utilidade – ser útil para uma comunidade específica de usuários.

Todos estes critérios foram analisados e discutidos, apontando os atributos e as limitações do método.

³ Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva – especialista da área de Engenharia Florestal (Apêndice A)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

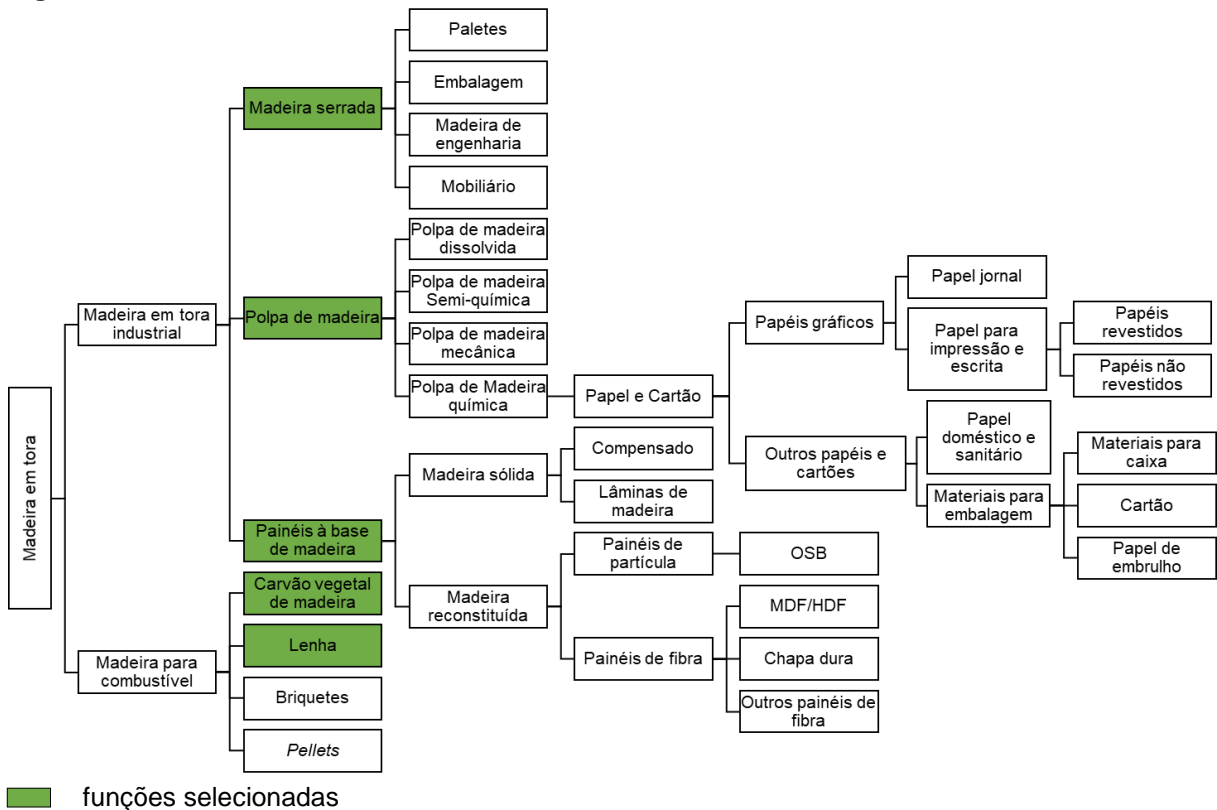
Este capítulo apresenta os resultados obtidos para o cumprimento do objetivo proposto. Para isso são apresentadas as principais funções da madeira e apresentados os substitutos viáveis para cada função. Na sequência é realizada uma análise dos dados acerca da disponibilidade e qualidade, para então serem calculados os índices de substituição. E finalmente, é realizada uma avaliação do método proposto. Além disso, este capítulo conta com uma discussão dos resultados.

4.1 PRINCIPAIS FUNÇÕES DA MADEIRA

Como explanado no capítulo 3.1 a determinação das principais funções, conforme sua forma de apresentação, que foram utilizadas para a aplicação do método proposto teve como base a classificação disponível no anuário da FAO de produtos florestais (FAO, 2015).

A utilização da madeira no âmbito global é dividida em duas principais categorias, que são: madeira para uso combustível e madeira para fins industriais. Estas categorias são subdivididas em outras, até um nível mais próximo do produto a ser comercializado, como mostra a figura 10.

Figura 10 – Cadeia Produtiva da Madeira



■ funções selecionadas

Fonte: Elaborada a partir de FAO (2015), Buainain e Batalha (2007) e SNIF (2014).

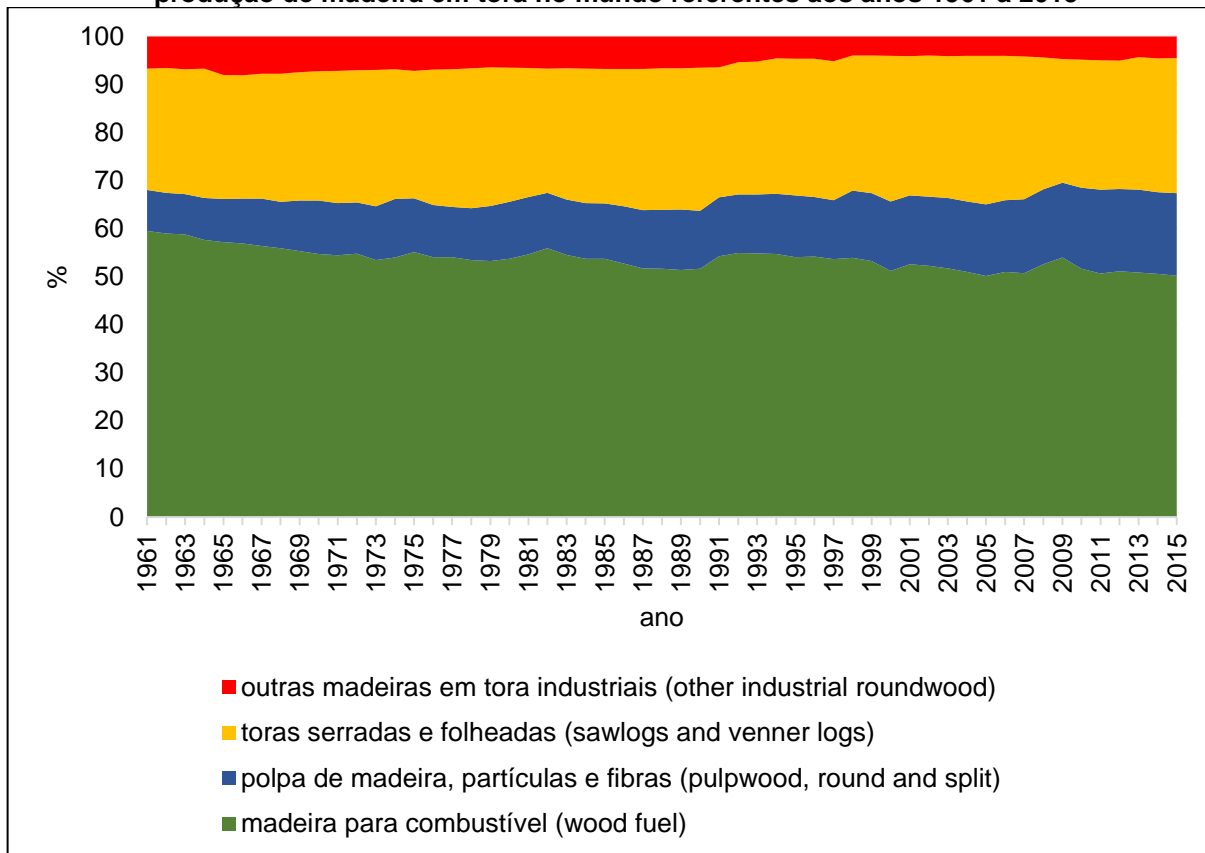
As funções apresentadas na figura 10 foram selecionadas da seguinte forma: primeiramente foi realizado um cruzamento da cadeia produtiva (Buainain e Batalha, 2007 e SNIF, 2014) com as definições de FAO (2015) para identificar a disponibilidade de dados referentes a estas funções. Deste modo, as funções sem dados disponíveis não foram escolhidas por dificultar a realização dos cálculos necessários. Na sequência foi realizada uma linha de corte, nas quais funções (p.ex. papel e cartão, mobiliário) que são abastecidas pela produção de outras funções não foram selecionadas, pois podem apresentar dupla contagem, e como são produtos acabados, contam com outras matérias-primas, que não a madeira em sua composição. Considerando que o foco deste trabalho é referente exclusivamente ao uso da madeira, buscou-se identificar as funções em um grau de maior especificidade, sem, contudo, avançar para planos onde a madeira deixasse de ser a matéria-prima principal destas funções.

Na continuidade são apresentadas as funções primárias das quais originam as funções escolhidas para o desenvolvimento da pesquisa.

4.1.1 Madeira para Combustível

A madeira destinada para produção de combustível é responsável por aproximadamente 50% de toda a utilização de madeira no mundo, sendo o produto mais representativo e, conseqüentemente, mais importante na cadeia produtiva, como pode ser observado no gráfico 1.

Gráfico 1 - Percentual de produção de produtos da conversão primária da madeira relativos à produção de madeira em tora no mundo referentes aos anos 1961 a 2015



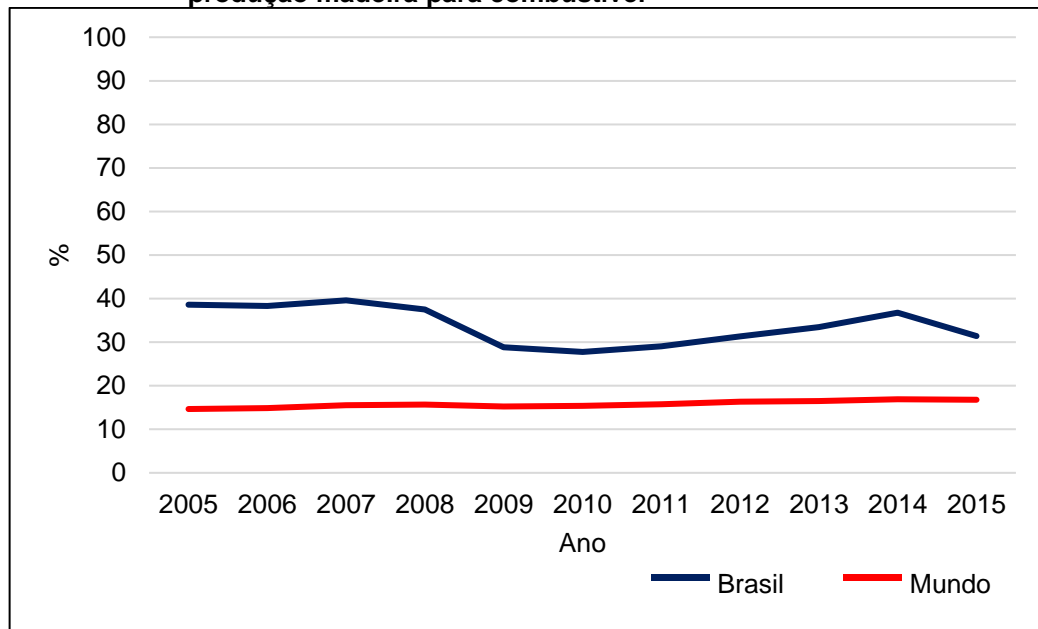
Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017).

De acordo com a FAO (2015), a madeira destinada para combustível engloba toda madeira em tora utilizada para gerar energia, produzir aquecimento e para cozinhar, incluindo o carvão de origem vegetal. Essa categoria também considera *pellets* de madeira e briquetes.

Embora o percentual de carvão vegetal de madeira referente ao montante de madeira para combustível não seja tão representativo, ainda é maior que o percentual de *pellets* de madeira e briquetes, que são relatados somente a partir do ano de 2012 e com um percentual abaixo de 10%. A realidade do carvão vegetal de madeira para

o Brasil nos últimos anos é um pouco diferente, apresentando uma representatividade bem maior comparada ao resto do mundo, isso pode ser observado no gráfico 2.

Gráfico 2 – Percentual de produção de carvão vegetal de madeira relativo à produção madeira para combustível



Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017).

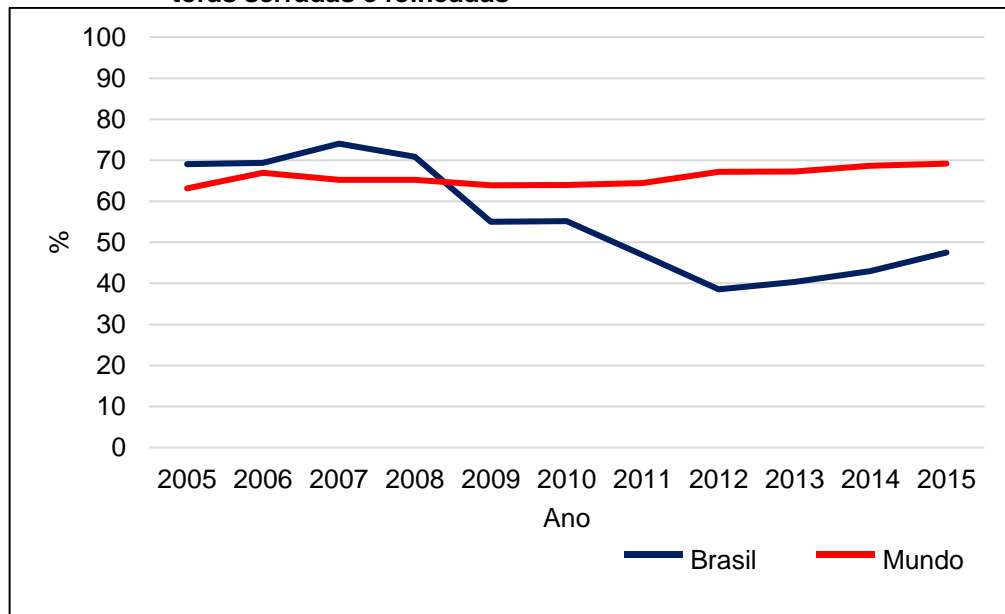
A base de dados utilizada para aplicação do método desenvolvido apresenta dados referentes ao carvão vegetal de madeira, aos *pellets* e aos briquetes (FaoStat, 2017). A lenha não possui dados diretos na base de dados, todavia ela também foi selecionada juntamente com o carvão vegetal de madeira para ser uma função referente à categoria de madeira para combustível pela sua relevância. Neste caso, a lenha foi considerada como a madeira para combustível remanescente, retirando o carvão, os *pellets* e briquetes.

4.1.2 Madeira Serrada

A madeira serrada conforme FAO (2005) corresponde a toda madeira em tora que por meio de beneficiamento gera tábuas, vigas, travessas, entre outros. Dentro da categoria de toras serradas e folheadas, que também inclui madeira para dormentes e para produção de folheados, a madeira serrada é a que apresenta maior

contribuição na última década, tanto no Brasil quanto para o resto do mundo, conforme gráfico 3.

Gráfico 3 – Percentual de produção de madeira serrada relativo à produção toras serradas e folheadas



Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017).

Assim, por apresentar uma alta representatividade a madeira serrada foi selecionada como uma função para aplicação do método.

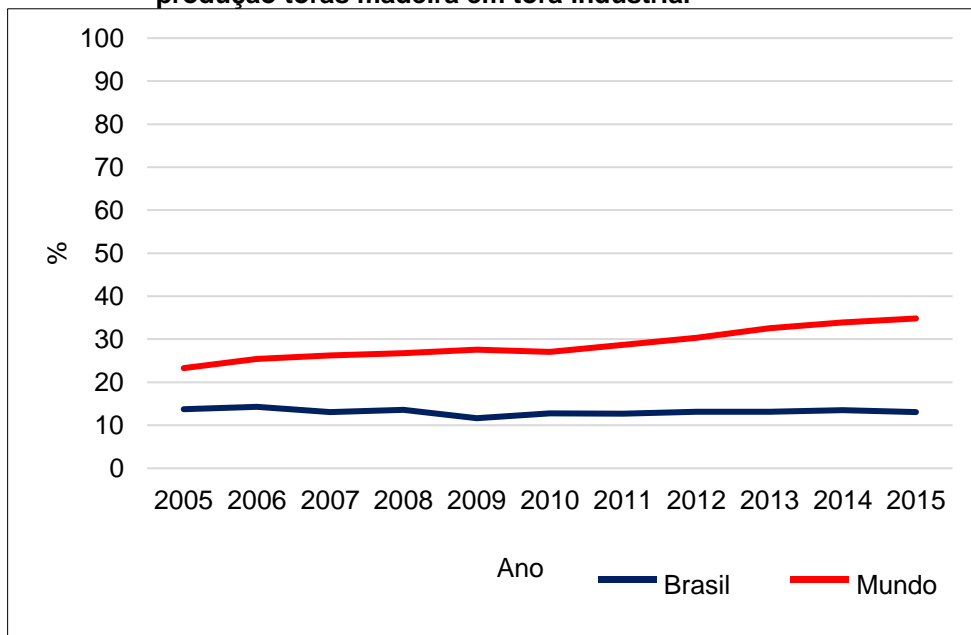
4.1.3 Madeira para Painéis

A madeira utilizada para produção de painéis é originária da categoria de madeira em tora industrial e corresponde a 35% desta categoria no ano de 2015 na esfera mundial. Esta função foi selecionada por apresentar uma parcela considerável no total do uso da madeira. Outro ponto que pode ser observado no gráfico 4 é o aumento crescente nos últimos anos em todo mundo, e constante no que se refere ao Brasil.

A função painéis à base de madeira foi ainda subdividida em quatro outras funções de acordo com a característica do processamento da madeira na produção dos painéis: lâminas de madeira – madeira em forma de lâminas, torneadas ou faqueadas utilizada principalmente como revestimento; madeira compensada –

madeira em forma de lâmina dispostas alternadamente em ângulo de 90° em número ímpar e unidas por resina e pressão; painel de partículas e OSB, madeira em forma de partículas picadas e aglutinadas por meio de resina, calor e pressão; e painel de fibras – madeira em forma de fibras aglutinadas por meio de resina, calor e pressão.

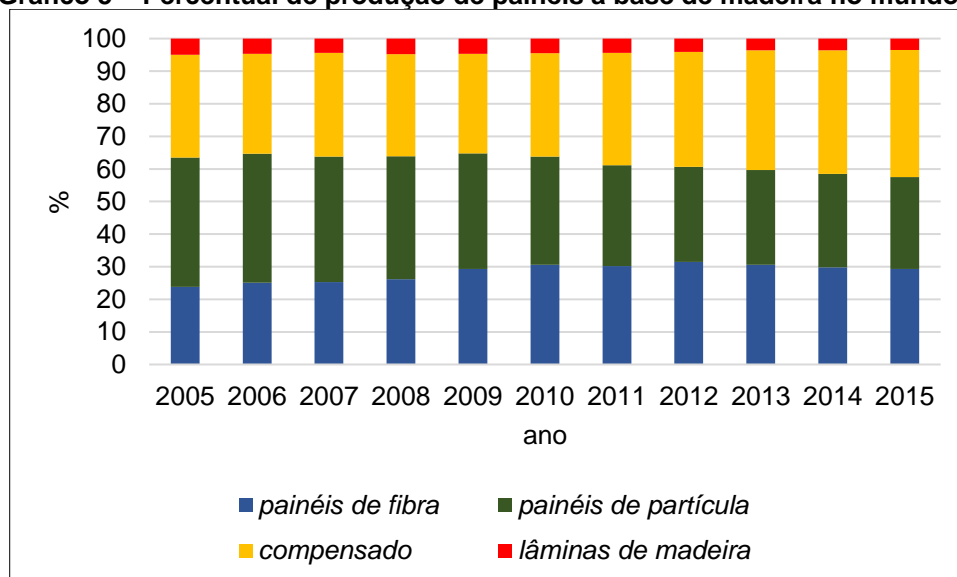
Gráfico 4 – Percentual de produção de painéis à base de madeira relativo à produção toras madeira em tora industrial



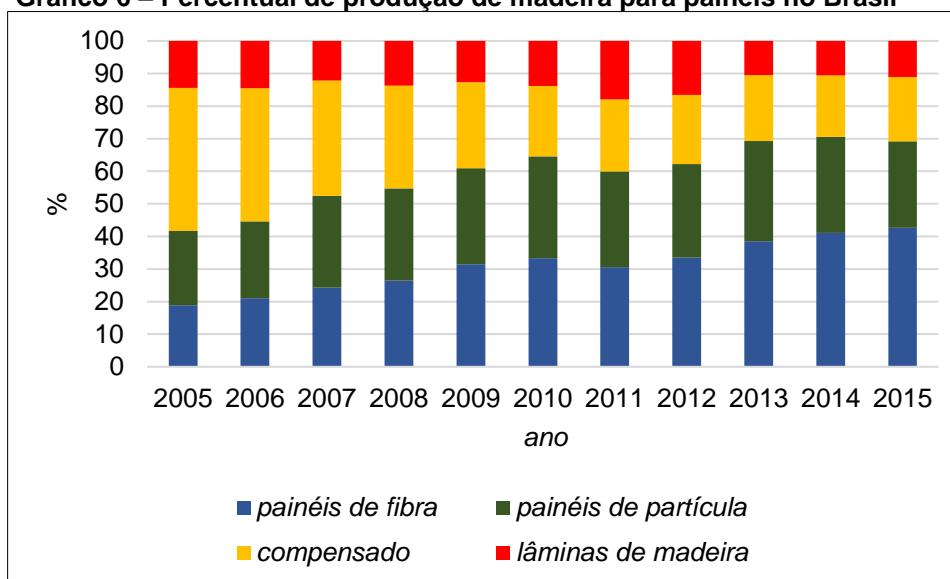
Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017).

Os gráficos 5 e 6 apresentam a evolução da produção destas quatro funções nos últimos 11 anos para o mundo e para o Brasil.

Gráfico 5 – Percentual de produção de painéis à base de madeira no mundo



Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017).

Gráfico 6 – Percentual de produção de madeira para painéis no Brasil

Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017).

Com base nestes dados, pode-se afirmar que as lâminas de madeira são as de menor representatividade, tanto em nível nacional quanto global. Os demais tipos de painéis no mundo permaneceram relativamente constantes. Já no Brasil houve uma redução na produção de madeira compensada e um aumento na produção de painéis de fibras.

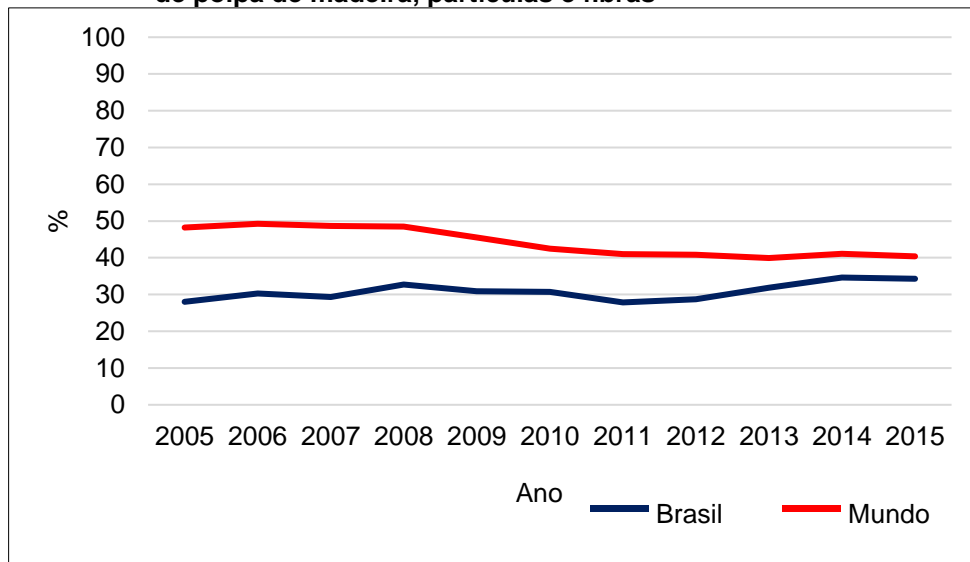
Os diferentes tipos de painéis utilizaram a madeira em sua forma de apresentação distinta (fibras, partículas e lâminas), contudo não foi mantida esta subdivisão para determinação das funções. Primeiramente, para manter todas as funções escolhidas em um mesmo nível de hierarquia, e em segundo lugar, porque a seleção de um substituto diferente para cada uma delas com os dados disponíveis mostrou-se inviável.

4.1.4 Madeira para Papel e Celulose

A madeira empregada para produção de papel e celulose é procedente da categoria polpa de madeira, partículas e fibras, e o destino é a produção de papel e cartão. A polpa de madeira de acordo com a FAO (2015), é composta por material fibroso proveniente da madeira, aparas e partículas de madeira e de resíduos de papel. Portanto, neste caso já está sendo contada a parcela referente à reciclagem.

O gráfico 7 apresenta o percentual de polpa de madeira respectivo à produção de polpa de madeira, partículas e fibras.

Gráfico 7 – Percentual de produção de polpa de madeira relativo à produção de polpa de madeira, partículas e fibras

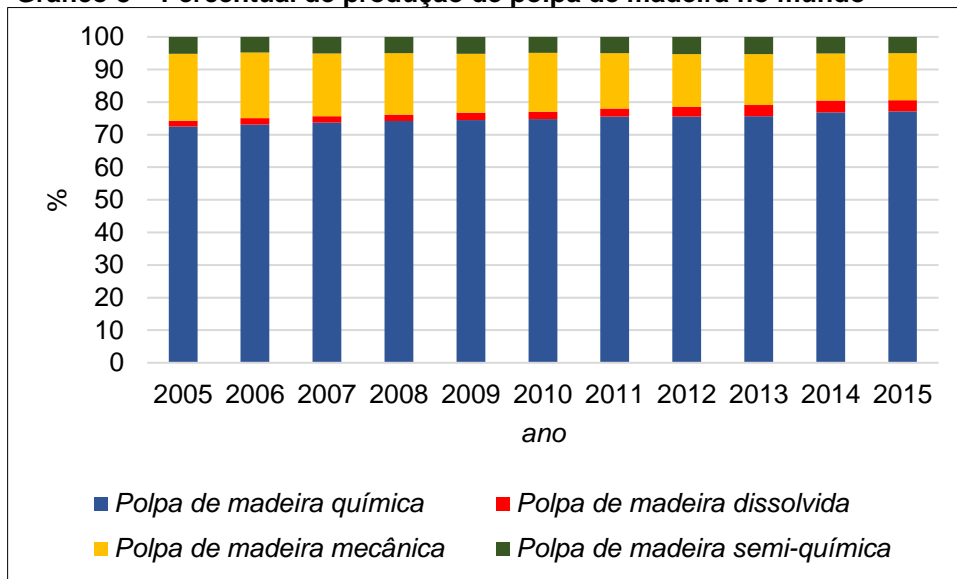


Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017).

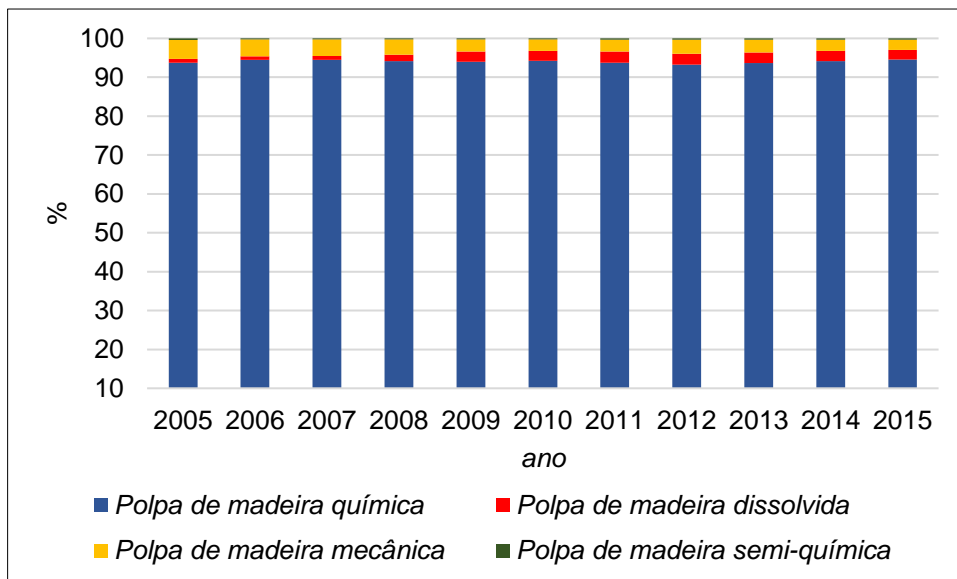
Pode-se notar que nos últimos anos sua representatividade aumentou no Brasil, sendo que, para o resto do mundo como um todo ocorreu o inverso.

A função polpa de madeira foi, em princípio, subdividida em outras quatro funções de acordo com o processamento: polpa de madeira mecânica (obtida por moagem); química (obtida por tratamentos químicos); semi-química (obtida por tratamentos químicos e mecânicos); e dissolvida (polpa química de qualidade especial).

Os gráficos 8 e 9 apresentam a representatividade da produção destas quatro funções nos últimos 11 anos para o mundo e para o Brasil.

Gráfico 8 – Percentual de produção de polpa de madeira no mundo

Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017)

Gráfico 9 – Percentual de produção de polpa de madeira no Brasil

Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017)

O que pode ser observado é que a polpa química de madeira é a que mais representa a produção de polpa de madeira, tanto no Brasil quanto no resto do mundo. Por esse motivo, foi então revista a subdivisão desta função, permanecendo para aplicação do método somente a função principal polpa de madeira, que engloba todos os tipos de polpa.

Após a análise das funções juntamente com a importância e representatividade que exercem no uso da madeira, foi possível selecionar as funções para aplicação do método proposto. São elas:

- a) carvão vegetal de madeira (*wood charcoal*);
- b) lenha (*firewood*);
- c) madeira serrada (*sawnwood*);
- d) painéis à base de madeira (*wood-based panels*);
- e) polpa de madeira (*wood pulp*).

A escolha destas cinco funções específicas não inviabiliza a seleção de alternativas em trabalhos futuros. Isso vai depender do foco da pesquisa e principalmente do escopo a ser aplicado ao método e da disponibilidade de dados.

Após a seleção das funções da madeira, foram então identificados os substitutos viáveis para cada função.

4.2 SUBSTITUTOS PARA MADEIRA

Cada uma das funções selecionadas na etapa anterior possui características distintas de acordo com o desempenho esperado. Com base neste desempenho, os substitutos identificados foram confrontados, sendo escolhido para cada função o substituto que se apresentou mais adequado, com dados disponíveis para aplicação do método. As características consideradas neste primeiro momento são básicas e, portanto, não apresentam um estudo aprofundado, pois para isso seria necessário um trabalho conjunto com especialista de cada área. Cabe ressaltar que isto não é um problema para o desenvolvimento do método, já que as equações não possuem variáveis de desempenho, e em futuros trabalhos pode-se trabalhar com casos mais específicos melhorando este quesito.

4.2.1 Substituto para o Carvão vegetal de madeira

O carvão vegetal de madeira é um produto secundário da madeira utilizada para energia, e por isso trata-se de um recurso renovável. De acordo com FAO (2004) e IRES (2016) os três fatores que determinam o rendimento do carvão vegetal de

madeira são: densidade de madeira, umidade da madeira e meios de produção de carvão vegetal de madeira.

Todavia, não estão sendo avaliadas as espécies de madeira, das quais será produzido o carvão, e sim o carvão vegetal de madeira pronto para utilização. Por isso, a característica que será considerada é o poder calorífico medido em kcal/kg, que de acordo com ANEEL (2008) é a capacidade de produção de calor, o que determina a qualidade carvão. A quantidade de carbono favorece o poder calorífico, enquanto que a quantidade de impurezas prejudica.

No carvão vegetal de madeira a quantidade de impurezas é alta, enquanto que no carvão mineral é variável, fazendo com que seja dividido em duas categorias (carvão de alta qualidade – betuminoso e antracito e carvão de baixa qualidade – linhito e sub-betuminoso) (ANEEL, 2008).

Conforme IRES (2016) há outros três fatores que podem influenciar diretamente o valor energético do carvão vegetal de madeira. São eles: teor de umidade, teor de carbono e grau de carbonização. IRES (2016) afirma que o teor médio de umidade do carvão vegetal de madeira é de 5%, e que com um teor médio de cinzas de 4% o valor energético fica em torno de 30,8 MJ/kg (7356,45 kcal/kg).

Neste estudo serão consideradas apenas as propriedades energéticas do carvão, não sendo abordadas as demais propriedades.

Um potencial substituto para o carvão vegetal de madeira é o carvão mineral, que mesmo se tratando de um recurso fóssil não renovável, de acordo IRES (2017) ele é responsável pelo fornecimento de um terço de toda a energia utilizada no mundo representando 40% da geração de eletricidade, e ainda possui grande importância na siderurgia. Conforme IRES (2016), o carvão mineral é um produto primário não renovável, e possui um valor energético não inferior a 24 MJ/kg (5732,30 kcal/kg), sem teor de cinzas em base úmida.

Outro possível substituto para o carvão vegetal de madeira é o carvão de bambu. De acordo com Chaowana (2013) e Lobovikov et al. (2007), o bambu é uma matéria-prima que tem sido utilizada tradicionalmente como um substituto tanto para o carvão vegetal de madeira como para o carvão mineral. Lobovikov et al. (2007) afirmam que o carvão de bambu oferece grandes vantagens se comparado ao carvão vegetal de madeira: o bambu tem um crescimento bem mais rápido que qualquer espécie que produz madeira, suas propriedades são similares ao carvão vegetal de madeira, além disso é mais barato.

Mesmo com essas vantagens, o bambu ainda não é uma matéria-prima disponível mundialmente. A produção e consumo estão basicamente concentrados em países da Ásia, sendo a China líder de produção e o Japão, a República da Coreia e Taiwan seus principais consumidores. Mesmo assim, as expectativas referentes ao crescimento de produção são otimistas, pois a importação para Europa e América do Norte tem aumentado consideravelmente nos últimos anos (LOBOVIKOV et al., 2007).

Como o valor energético dos carvões pode variar consideravelmente, dependendo da origem, foram considerados para a presente avaliação, os dados médios do Brasil, utilizando o Balanço Energético Nacional para carvão vegetal de madeira e carvão mineral, e para carvão de bambu uma fonte específica da área, como mostra o quadro 8. Deve-se considerar a possibilidade de utilizar, em trabalhos futuros, valores de poder calorífico por região.

Quadro 8 – Comparativo do desempenho do carvão vegetal de madeira com os possíveis substitutos

Matéria-prima	Principais Usos	Principais Características	Uso Passado	Uso Atual	Uso Futuro	Disponibilidade de dados
Carvão vegetal de madeira (<i>wood charcoal</i>)	Siderurgia ¹ Combustível Medicina	PCI 6460 kcal/kg ³ PCS 6800 kcal/kg ³	SIM	SIM	SIM	Suficiente
Carvão mineral (<i>hardcoal</i>)	Siderurgia ¹ Eletricidade ¹ Celulose ¹ Química ¹	PCI 6420 kcal/kg ³ PCS 6800 kcal/kg ³	SIM	SIM	NÃO	Suficiente
Carvão de bambu (<i>bamboo charcoal</i>)	Absorvente ² Combustível ² Condutor ²	PCI 4108 kcal/kg ⁴ PCS 4418 kcal/kg ⁴	NÃO	SIM	SIM	Insuficiente

Fonte: ¹Borba (2001); ²Lobovikov et al. (2007); ³EPE (2017); ⁴Santi (2015).

Notas: PCI – Poder Calorífico Inferior; PCS – Poder Calorífico Superior.

Comparando o desempenho do carvão vegetal de madeira com o do carvão mineral e o do carvão de bambu, é possível afirmar que a aplicação é similar para os três e que os valores energéticos do carvão vegetal de madeira estão mais próximos aos do carvão mineral. Avaliando o uso no tempo, pode-se considerar que o carvão mineral tenha uma tendência a diminuir por se tratar de um recurso exaurível, e o carvão de bambu tende a aumentar por ser um recurso com potencial de crescimento pela sua rápida reprodução. Já na questão dos dados, o carvão de bambu não possui dados disponíveis em âmbito internacional, principalmente por não ser um recurso amplamente disseminado, tendo a produção restrita a determinados países.

De tal modo, optou-se por aplicar o método utilizando o carvão mineral como substituto. A despeito disso, é plausível utilizar o carvão de bambu e aplicá-lo em estudos futuros em regiões com alto potencial de produção.

4.2.2 Substituto para Lenha

A lenha é um dos principais produtos primários da madeira e responsável por mais de 50% do uso da madeira na geração de energia nos últimos anos (FAOSTAT, 2017). No Brasil esse percentual é ainda maior de acordo com Brito (2007). As propriedades da lenha, assim como as do carvão vegetal de madeira dependem da espécie e o teor de umidade, e por esse motivo serão utilizados dados médios para comparação.

Os *pellets* e os briquetes podem ser considerados como substitutos razoáveis, todavia sua produção é recente e ainda muito pequena. A base de dados FaoStat (2017) exhibe resultados de produção e mercado somente a partir de 2012.

O *pellet* de madeira, conforme Peksa et al. (2007), é um recurso energético relativamente novo no mundo, é utilizado como um combustível alternativo na América do Norte desde a década de 70, mas ainda muito limitado globalmente. De acordo com Peksa et al. (2007) e Da Silva et al. (2012), os *pellets* são produzidos geralmente de serragem e aparas de madeira que podem ser provenientes de resíduos. Eles devem ser secos a um teor de umidade de cerca de 8 a 10% e então comprimidos (PEKSA et al., 2007).

O briquete de madeira possui características similares ao *pellet*, diferenciando no tamanho. O quadro 9 mostra a comparação entre a lenha, o *pellet* de madeira e o briquete.

Quadro 9 – Comparativo do desempenho da lenha com os possíveis substitutos

Matéria-prima	Principais Usos	Principais Características	Uso Passado	Uso Atual	Uso Futuro	Disponibilidade de dados
Lenha (<i>firewood</i>)	Combustível ²	PCI 3100 kcal/kg ³ PCS 3300 kcal/kg ³	SIM	SIM	SIM	Suficiente
<i>Pellets</i> de madeira (<i>wood pellets</i>)	Combustível ¹ Cama para animais ¹	PCI 4060 kcal/kg ² PCS 4275 kcal/kg ²	NÃO	SIM	SIM	Suficiente
Briquetes (<i>briquettes</i>)	Combustível ²	PCI 3884 kcal/kg ⁴ PCS 4545 kcal/kg ⁴	NÃO	SIM	SIM	Suficiente

Fonte: ¹Da Silva et al. (2012); ²Peksa et al. (2007); ³Borba (2001); ⁴Quirino et al. (2005).

Notas: PCI – Poder Calorífico Inferior; PCS – Poder Calorífico Superior.

Observando o quadro percebe-se que o principal uso da lenha, dos *pellets* e dos briquetes é para fins energéticos, e o poder calorífico dos substitutos maiores que o da lenha (devido ao teor de umidade). Com relação ao tempo, ambos estão sendo utilizados como fonte de energia alternativa recentemente e a respeito disso a disponibilidade de dados é reduzida, contudo considerada suficiente para efeitos dos cálculos. Os *pellets* de madeira foram selecionados em detrimento aos briquetes, porque os dados são mais diretos, e os dados para briquetes não são específicos, sendo tratados como outros aglomerados para energia. Assim, é possível aplicar o método também para briquetes, desde que sejam obtidos dados mais específicos.

4.2.3 Substituto para Madeira Serrada

A madeira serrada é classificada de acordo com suas dimensões e seu desdobramento, gerando pranchas, tábuas, ripas, entre outros. Uma propriedade de grande importância no processamento da madeira é a umidade; a madeira necessita passar por um processo de secagem seja natural ou em estufas para ter qualidade e evitar defeitos indesejáveis (LIMA, 2006).

De acordo com Mendes et al. (2004), a densidade é uma das principais propriedades da madeira para determinação de sua qualidade, podendo ser correlacionada com outras propriedades dependendo do uso.

Os painéis à base de madeira surgiram com o intuito de melhorar alguns problemas apresentados pela madeira maciça devido a sua heterogeneidade, e por poderem ser aplicados de forma similar, tendo maior aproveitamento do recurso.

Assim, os painéis à base de madeira possuem uniformidade nas propriedades, mantendo uma densidade controlada (baixa, média ou alta) (LIMA, 2005; FERRANTE e WALTER, 2010).

O quadro 10 traça um paralelo entre a madeira serrada e os painéis à base de madeira de forma genérica.

O setor de painéis de madeira é um setor consolidado há algumas décadas, designando os painéis como substitutos diretos da madeira serrada. Outros materiais como metais, cerâmicos também podem ser potenciais substitutos, contudo como as propriedades são muito diferentes, é difícil generalizar como substitutos para a madeira serrada, além de serem recursos não renováveis e passíveis de esgotamento.

Quadro 10 – Comparativo do desempenho da madeira serrada com os possíveis substitutos

Matéria-prima	Principais Usos	Principais Características	Uso Passado	Uso Atual	Uso Futuro	Disponibilidade de dados
Madeira serrada (<i>sawnwood</i>)	Construção Civil ¹ Embalagens ¹ Beneficiados ¹ Móveis ¹	(Balsa 0,20 g/cm ³) ^{2*} (Aroeira 1,10 g/cm ³) ^{2*}	SIM	SIM	NÃO	Suficiente
Painéis à base de madeira (<i>wood-based panels</i>)	Móveis ¹ Embalagens ¹ Construção Civil ¹	(BD até 0,59 g/cm ³) ³ (MD de 0,60 a 0,79 g/cm ³) ³ (AD acima de 0,80 g/cm ³) ³	SIM	SIM	SIM	Suficiente

Fonte: ¹Biazus et al. (2010); ²Nahuz et al. (2013); ³Iwakiri (2005).

Notas: BD – baixa densidade; MD – média densidade; AD – alta densidade; *densidade da espécie mais leve e da mais pesada.

Como os painéis à base de madeira são considerados substitutos evidentes da madeira serrada, então foram selecionados para aplicação do método sem maiores questionamentos.

4.2.4 Substituto para Painéis à Base de Madeira

Como visto no item anterior os painéis à base de madeira são considerados naturalmente como substitutos da madeira serrada, por esse motivo torna-se complexa a identificação de um substituto neste caso. No entanto, isso é possível

mesmo que de forma incipiente, pois conforme Baksy (2013), em algumas regiões do mundo como na Ásia, o bambu tem sido utilizado como substituto da madeira para diversas funções inclusive para os painéis.

De acordo com Lobovikov (2007) o bambu oferece algumas vantagens tecnológicas em relação à madeira, tendo fibras mais longas. Nesse contexto Baksy (2013) afirma que em comparação aos painéis de madeira, os painéis de bambu são mais resistentes e flexíveis.

Outra possibilidade é a utilização de resíduos de madeira para a produção de painéis, reduzindo assim a quantidade de matéria-prima virgem necessária. Conforme Brito (1995) os resíduos podem ser utilizados na produção de painéis de fibras e partículas. Todavia, Da Costa et al. (2005) afirmam que a qualidade das partículas geradas pelos resíduos é inferior, mesmo assim, se for utilizada uma quantidade de adesivo maior e aumentada a densidade é possível obter painéis de uma qualidade aceitável (no caso de usar resíduos tipo maravalhas).

O quadro 11 apresenta as principais informações para avaliação do desempenho dos dois substitutos escolhidos.

Quadro 11 – Comparativo do desempenho dos painéis à base de madeira com os possíveis substitutos

Matéria-prima	Principais Usos	Principais Características	Uso Passado	Uso Atual	Uso Futuro	Disponibilidade de dados
Painéis à base de madeira (<i>wood-based panels</i>)	Móveis ¹ Embalagens ¹ Construção Civil ¹	(BD até 0,59 g/cm ³) ⁴ (MD de 0,60 a 0,79 g/cm ³) ⁴ (AD acima de 0,80 g/cm ³) ⁴	SIM	SIM	SIM	Suficiente
Painéis de bambu (<i>bamboo panels</i>)	Construção Civil ²	(0,75 a 0,96 g/cm ³) ⁵	SIM	SIM	NÃO	Insuficiente
Resíduos de madeira (<i>wood residues</i>)	Energia ³ Painéis ³ Celulose ³ Embalagens ³	(0,16 a 1,3 g/cm ³) ⁶	NÃO	NÃO	SIM	Suficiente

Fonte: ¹Biazus et al. (2010); ²Baksy (2013); ³Brand et al. (2002); ⁴Iwakiri (2005); ⁵Qisheng et al. (2002).; ⁶Dutra et al. (2015).

Notas: BD – baixa densidade; MD – média densidade; AD – alta densidade

Considerando que o bambu é um recurso com procedência limitada a poucas regiões, e que a disponibilidade de dados é insuficiente, mesmo tendo potencial para substituição, não foi selecionado para aplicação do método neste primeiro momento,

podendo ser trabalhado futuramente em situações que utilizem dados regionalizados. Neste caso, então, os resíduos de madeira – para produção e painéis - foram escolhidos pela possibilidade da aplicação de obtenção de resultados, visando uma quantidade maior de países. Isso não indica, necessariamente, que os resíduos de madeira são os melhores substitutos da madeira para produção de painéis.

4.2.5 Substituto para Polpa de Madeira

O uso da madeira para produção de papel teve seu início por volta de 1840 de acordo com Klock et al. (2013), antes disso já utilizavam outros tipos de fibras vegetais na confecção. Neste sentido Barrichelo e Brito (1979) destacam que a celulose pode ser obtida de qualquer matéria-prima fibrosa levando em consideração os aspectos econômicos.

Barrichello e Brito (1979) afirmam que a principal propriedade física, que se deve levar em consideração para produção de papel, é a densidade básica. Além disso, são importantes os conhecimentos acerca das dimensões das fibras: comprimento da fibra, largura da fibra, diâmetro do lúmen e espessura da parede da fibra. O comprimento da fibra influencia diretamente na resistência do papel, quanto mais longa mais resistente, e na capacidade de absorção, característica determinada pelo uso da fibra curta (BIAZUS et al., 2010).

O bambu apresenta grande potencial para produção de celulose. Conforme Lobovikov (2007) o papel de bambu possui praticamente as mesmas propriedades do papel de madeira mantendo as propriedades óticas por mais tempo, contudo para ter melhor qualidade é necessário utilizar a polpa refinada.

Considerando que para a produção de polpa é necessário utilizar materiais fibrosos, foram então escolhidas matérias-primas utilizadas na atualidade para produção de polpa e papel, como o bambu e outros tipos de fibras vegetais.

O quadro 12 mostra o confronto entre a polpa produzida a partir da madeira com a polpa produzida de bambu e outras fibras vegetais.

Quadro 12 – Comparativo do desempenho da polpa de madeira com os possíveis substitutos

Matéria-prima	Principais Usos	Principais Características	Uso Passado	Uso Atual	Uso Futuro	Disponibilidade de dados
Polpa de madeira (<i>wood pulp</i>)	Papel Cartão Papelão	CF (folhosas) 0,5 mm – 1,5 mm ¹ CF (coníferas) 3,0 mm – 6,0 mm ¹	SIM	SIM	SIM	Suficiente
Polpa de outras fibras que não madeira (<i>pulp from other fibres than wood</i>)	Papel Cartão Papelão	Por se tratar de um agregado de vários tipos de fibras não é possível especificar as características	SIM	SIM	SIM	Suficiente
Polpa de bambu (<i>bamboo pulp</i>)	Papel Cartão Papelão	CF 1,52 mm – 4,03 mm ²	SIM	SIM	SIM	Insuficiente

Fonte: ¹Biazus et al. (2010); ² Dhamodaran et al. (2003).

Notas: CF – comprimento da fibra.

Neste caso específico, foi selecionado o agregado de outros tipos de fibras que não madeira, por possuírem dados para várias regiões do mundo, mesmo não apresentado dados acerca das características. Visto que o bambu e os outros tipos de fibras específicas são utilizados na produção de polpa de forma isolada, fica difícil reunir dados em quantidade razoável para a proposta. Por esse motivo, recomenda-se que para aplicações futuras em casos individuais a escolha do substituto seja o mais próximo da realidade local.

Após a identificação de um substituto da madeira para cada uma das funções foi então realizada uma análise dos dados a serem utilizados na aplicação do método sugerido para obtenção do Índice de Substituição.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Na sequência será apresentada uma análise com o intuito de verificar a quantidade de dados disponíveis e sua qualidade para os cálculos de cada variável da equação.

4.3.1 Disponibilidade dos Dados

Como a proposta deste estudo é obter um Índice de Substituição para funções específicas da madeira, para a maioria de países possíveis, buscou-se trabalhar com bases de dados internacionais que tivessem informações para diversas regiões do mundo. As bases de dados utilizadas estão relacionadas no quadro 13, e o percentual de países por região que possuem dados disponíveis relativos às variáveis necessárias para a aplicação do método na tabela 2.

Os dados referentes ao Estoque Comercial de Crescimento foram obtidos da base de dados CountryStat (2017); os demais dados para as funções da madeira e para os substitutos derivados da madeira foram obtidos da base de dados FaoStat (2017); os dados referentes a reserva e produção dos substitutos não derivados da madeira foram obtidos da base de dados UNdata (2017); e os dados de valor e quantidade de importação dos substitutos não derivados da madeira foram obtidos da base de dados UNcomtrade (2017). Todavia, nem todos os países possuem dados disponíveis, o que reduz significativamente os resultados.

Quadro 13 - Bases de dados utilizadas

Recurso (resource)	Dados Utilizados (data)	Variável (variable)	Base de Dados (database)	Ano (year)
Carvão vegetal de madeira (wood charcoal)	Estoque Comercial de Crescimento (comercial growing stock)	CGS (m ³ ub)	CountryStat ²	2010
	Produção (production)	PO _{wf} (mt)	FaoStat ¹	2014
	Valor de Importação (import value)	IMV _{wf} (US\$)	FaoStat ¹	2014
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _{wf} (mt)	FaoStat ¹	2014
Lenha (firewood)	Estoque Comercial de Crescimento (comercial growing stock)	CGS (m ³ ub)	CountryStat ²	2010
	Produção (production)	PO _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2012
	Valor de Importação (import value)	IMV _{wf} (US\$)	FaoStat ¹	2012
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2012
Madeira Serrada (sawnwood)	Estoque Comercial de Crescimento (comercial growing stock)	CGS (m ³ ub)	CountryStat ²	2010
	Produção (production)	PO _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
	Valor de Importação (import value)	IMV _{wf} (US\$)	FaoStat ¹	2010
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
Painéis à base de Madeira (wood-based panels)	Estoque Comercial de Crescimento (comercial growing stock)	CGS (m ³ ub)	CountryStat ²	2010
	Produção (production)	PO _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
	Valor de Importação (import value)	IMV _{wf} (US\$)	FaoStat ¹	2010
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
Polpa de Madeira (wood pulp)	Estoque Comercial de Crescimento (comercial growing stock)	CGS (m ³ ub)	CountryStat ²	2010
	Produção (production)	PO _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
	Valor de Importação (import value)	IMV _{wf} (US\$)	FaoStat ¹	2010
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
Carvão Mineral (coal)	Total de Reservas Conhecidas (total known reserves)	RS (mt)	UNdata ³	2014
	Produção (production)	PO _s (mt)	UNdata ³	2014
	Valor de Importação (import value)	IMV _s (US\$)	UNcomtrade ⁴	2014
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _s (m ³)	UNcomtrade ⁴	2014
Pellets de Madeira (wood pellets)	Estoque Comercial de Crescimento (comercial growing stock)	CGS (m ³ ub)	CountryStat ²	2010
	Produção (production)	PO _s (m ³)	FaoStat ¹	2012
	Valor de Importação (import value)	IMV _s (US\$)	FaoStat ¹	2012
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _s (m ³)	FaoStat ¹	2012
Resíduos de Madeira (wood residues)	Produção (production)	PO _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
	Valor de Importação (import value)	IMV _{wf} (US\$)	FaoStat ¹	2010
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
Polpa de outras Fibras (pulp from fibres other than wood)	Produção (production)	PO _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010
	Valor de Importação (import value)	IMV _{wf} (US\$)	FaoStat ¹	2010
	Quantidade de Importação (import quantity)	IMQ _{wf} (m ³)	FaoStat ¹	2010

Fonte: ¹FaoStat (2017), ²CountryStat (2017), ³UNdata (2017), ⁴UNcomtrade (2017).

Tabela 2 – Percentual de Países com Dados Disponíveis por Região

DADOS (DATA) %	Função da Madeira (Wood Function)					Substituto (Substitute)				
	Carvão vegetal de madeira (Wood Charcoal)	Lenha (Firewood)	Madeira Serrada (Sawnwood)	Polpa de Madeira (Wood Pulp)	Painéis à base de Madeira (Wood- based Panels)	Carvão Mineral (Coal)	Pellets (Wood Pellets)	Painéis à base de Madeira (Wood- based Panels)	Polpa de outras Fibras que não Madeira (Pulp from Fibres other than Wood)	Resíduos de Madeira (Wood Residues)
	África (Africa)									
RS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	58	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CGS	58	58	58	58	58	n.d.	58	58	n.d.	n.d.
PO	88	95	89	81	88	26	7	88	60	89
IMV	88	92	89	81	88	65	9	88	60	89
IMQ	88	92	89	81	88	65	9	88	60	89
	Ásia (Asia)									
RS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	42	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CGS	42	42	42	42	42	n.d.	42	42	n.d.	n.d.
PO	94	88	94	92	94	35	27	94	65	94
IMV	94	92	94	96	94	75	46	94	90	92
IMQ	94	92	94	96	94	75	46	94	90	92
	Europa (Europe)									
RS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	44	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CGS	66	66	66	66	66	n.d.	66	66	n.d.	n.d.
PO	32	76	82	78	82	32	76	82	78	82
IMV	70	78	82	78	82	70	78	82	78	82
IMQ	70	78	82	78	82	70	78	82	78	82
	Caribe (Caribbean)									
RS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CGS	19	19	19	19	19	n.d.	19	19	n.d.	n.d.
PO	59	48	74	48	74	0	0	74	37	78
IMV	74	52	74	48	89	41	0	89	37	78
IMQ	97	52	74	48	89	41	0	89	37	78
	Oceania (Oceania)									
RS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CGS	12	12	12	12	12	n.d.	12	12	n.d.	n.d.
PO	56	48	92	40	72	8	8	72	28	84
IMV	60	36	92	40	88	36	8	88	28	84
IMQ	60	36	92	40	88	36	8	88	28	84
	América do Norte e Central (North and Central America)									
RS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	33	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CGS	25	25	25	25	25	n.d.	25	25	n.d.	n.d.
PO	83	83	100	83	100	17	42	100	75	100
IMV	92	83	100	83	100	83	67	100	75	100
IMQ	92	83	100	83	100	83	67	100	75	100
	América do Sul (South America)									
RS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	36	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CGS	29	29	29	29	29	n.d.	29	29	n.d.	n.d.
PO	100	86	100	86	100	36	29	100	71	100
IMV	100	71	100	86	100	79	50	100	71	100
IMQ	100	71	100	86	100	79	50	100	71	100

Fonte: Elaborado com base em CountryStat (2017); FaoStat (2017), UNdata (2017) e UNcomtrade (2017).

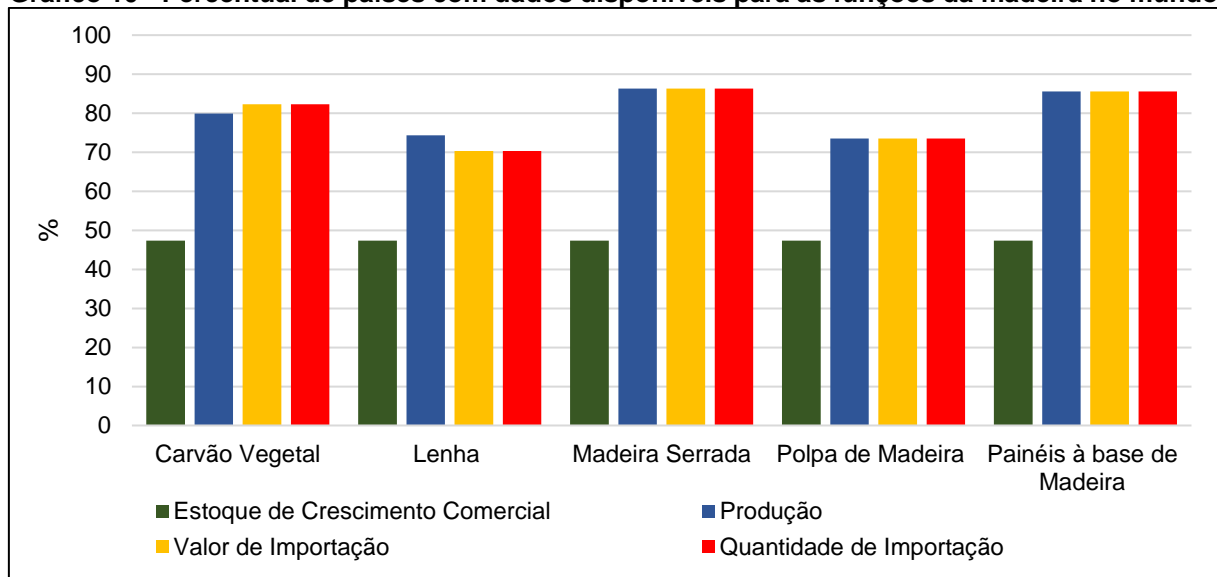
Notas: **RS** - Total de Reservas Conhecidas; **CGS** - Estoque Comercial de Crescimento; **PO** - Produção; **IMV** - Valor de Importação; **IMQ** - Quantidade de Importação; n.d – dados não utilizados para o cálculo de SI.

As colunas da tabela indicam o percentual de países com dados disponíveis da função da madeira ou do substituto para cada uma das variáveis utilizadas na equação destacadas na linha (p.ex. 100% dos países da América do Sul possuem dados disponíveis de produção para carvão vegetal de madeira, enquanto que, apenas 36% dos países da América do Sul possuem dados disponíveis de produção para carvão mineral).

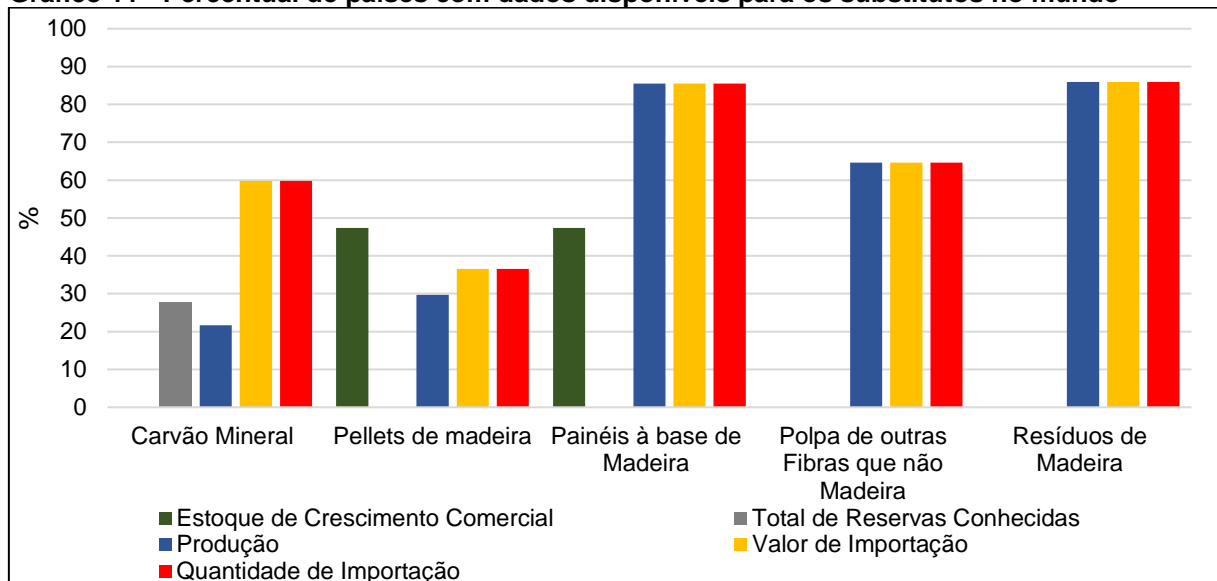
O percentual apresentado na tabela 2 é referente a 238 países distribuídos em 6 regiões, separados por funções da madeira e seus substitutos. O que pode ser observado é que para as funções da madeira, os dados de Estoque Comercial de Crescimento, na maioria dos casos estão em menor disponibilidade do que os dados de produção e de importação. Por isso, mesmo que os demais dados tenham maior disponibilidade, os resultados serão reduzidos pela dependência das variáveis entre elas. No caso dos substitutos, a disponibilidade de alguns dados é ainda menor, como no caso do carvão mineral que o percentual de países com dados para o total de reservas conhecidas é menor que o Estoque Comercial de Crescimento. Portanto, a quantidade de países para os quais será possível obter um resultado para o Índice de Substituição será inferior à quantidade de países com dados disponíveis.

Essa variação na quantidade de dados pode ser observada nos gráficos 10 e 11, que apresentam o percentual de países com dados disponíveis para as funções da madeira e seus substitutos no mundo.

Gráfico 10 - Percentual de países com dados disponíveis para as funções da madeira no mundo



Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017) e CountryStat (2017).

Gráfico 11 - Percentual de países com dados disponíveis para os substitutos no mundo

Fonte: Elaborado a partir de FaoStat (2017), CountryStat (2017), UNdata (2017) e UNcomtrade (2017).

A norma brasileira ABNT (2006) indica que quando forem identificados dados faltantes, esses devem ser tratados e suas lacunas preenchidas, optou-se por não realizar este tratamento. O motivo se deve ao fato de estarem sendo utilizados dados de estoque de crescimento e reserva de recursos naturais, recursos estes, que não estão disponíveis em muitas regiões do mundo, gerando uma estimativa aquém da realidade. Além disso, o percentual de dados não disponíveis é muito alto, e se não forem utilizados dados de qualidade no preenchimento das lacunas, isso pode alterar o resultado negativamente. Sugere-se, contudo, que futuramente possa ser verificada a possibilidade do preenchimento das lacunas de uma forma criteriosa caso a caso.

A quantidade de países considerados no estudo teve como base o número de países com dados de Estoque Comercial de Crescimento disponíveis, já que este dado é fundamental para aplicação do método. Mesmo assim, não foi possível alcançar resultado para todos os países, visto que os dados para as demais variáveis não estão 100% disponíveis.

Assim, o método para obtenção do Índice de Substituição foi aplicado para 112 países e 7 regiões, e também foi aplicado de uma forma global. Foram utilizados apenas os dados disponíveis, ressaltando que não foram realizados cálculos e adaptações para complementar os dados faltantes. A única exceção foram os dados faltantes referentes às regiões, para as quais foi utilizada a média entre os países da região para valores monetários, e a soma dos dados dos países da região, no caso

de dados de quantidade, como produção, estoque, reserva e quantidade de importação. Cabe ressaltar que foram utilizados apenas os dados disponíveis em base de dados acessíveis e gratuitas.

4.3.2 Qualidade dos Dados

Para a avaliação da qualidade dos dados foi utilizada uma matriz de qualidade “matriz *pedigree*”, conforme quadro 7.

A matriz possui cinco indicadores de qualidade, sendo cada um deles avaliado em uma escala de 1 a 5. O resultado 1 representa o melhor grau de qualidade, e o resultado 5 representa o pior grau de qualidade.

O quadro 12 mostra a pontuação que foi realizada com base na “matriz *pedigree*”. A avaliação foi feita para todos os dados no geral e depois para os dados utilizados nos cálculos do Índice de Substituição de cada função (dados referentes à função e ao substituto).

Gráfico 12 – Avaliação da qualidade de dados por meio da “matriz *pedigree*”

Indicador	Pontuação para os dados					
	Geral	Função 1	Função 2	Função 3	Função 4	Função 5
Confiabilidade da fonte	2	2	2	2	2	2
Completeza	4	3	5	2	2	5
Correlação temporal	3	3	3	3	3	3
Correlação Geográfica	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborado com base em Weidema e Wesnaes (1996) e Ciroth (2009).

Notas: Funções: 1 – carvão vegetal de madeira (*wood charcoal*); 2 – Lenha (*firewood*); 3 – Madeira Serrada (*sawnwood*); 4 – Painéis à base de Madeira (*wood-based panels*); 5 - Polpa de Madeira (*wood pulp*).

Verificando os resultados é possível afirmar que os dados utilizados para a aplicação do método não possuem uma alta qualidade, principalmente pelo fato de não terem dados para todos os países como esperado. O item completeza foi o único que apresentou diferença entre as funções, pois a quantidade de dados disponíveis, principalmente para os substitutos, varia entre elas. Isso fez com que os resultados para lenha e polpa de madeira fossem, para uma quantidade de países, bem menores que para as outras funções.

Para correlação temporal a avaliação foi média em todos os casos, pois todos os dados possuem menos de 10 anos. O ano base utilizado para coleta de dados foi o de 2010, não sendo possível utilizar dados mais recentes, pois este é o último ano que possui dados disponíveis para Estoque Comercial de Crescimento, ou seja, quantidade de floresta que pode ser explorada para fins comerciais. Considerando que o Estoque Comercial de Crescimento é um dado fundamental para o cálculo da disponibilidade das funções da madeira, todos os outros dados foram obtidos tendo o ano de 2010 como referência (na indisponibilidade de dados do ano de 2010 foram utilizados dados dos anos mais próximos). O fato de se utilizar dados não atuais impacta diretamente nos resultados obtidos, que irão refletir um cenário com a defasagem de 8 anos. Contudo, isso não interfere na estrutura do método, pois ele poderá ser aplicado em situações futuras com dados atualizados, principalmente se for possível a obtenção do dado em fonte direta ou até mesmo por meio de coleta de dados. No presente trabalho optou-se pela utilização de dados mais generalistas em detrimento à atualidade com o intuito de obter resultados globais. No geral, são dados de qualidade considerável por serem de fontes confiáveis e adequados para cada país.

4.4 ÍNDICE DE SUBSTITUIÇÃO DA MADEIRA

Os resultados dos Índices de Substituição para cada função são apresentados na sequência por meio de tabelas, gráficos, e mapas e são apresentados nas duas alternativas propostas pelo método (média e multiplicação), e no item 4.5 há comparação entre eles.

4.4.1 Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira

O carvão vegetal de madeira teve como substituto escolhido para aplicação do método o carvão mineral, conforme explanado no item 4.2.1. O ano base definido para aplicação do método é de 2010, entretanto os dados disponíveis mais próximos deste

ano para carvão mineral são de 2014. Por esse motivo todos os dados são referentes ao ano de 2014, com exceção do Estoque Comercial de Crescimento Comercial, que se manteve em 2010. A tabela 3 apresenta o resultado do Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira, assim como dos dois indicadores necessários para determinação do cálculo - Razão da disponibilidade e Razão do Preço de Importação - as demais variáveis encontram-se nos apêndices B, C e D.

Tabela 3 – Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira

Carvão vegetal de madeira / Carvão Mineral				
Países	Razão da Disponibilidade	Razão do Preço de Importação	Índice de Substituição	Índice de Substituição
2014	φA normalizado	φIMP normalizado	$SI=(\varphi A \times \varphi IMP)$	$SI=(\varphi A + \varphi IMP)/2$
Mozambique	0,00000	0,94159	0,00000	0,47079
South Africa	0,11278	0,07080	0,00798	0,09179
Zambia	0,01478	0,67690	0,01000	0,34584
Zimbabwe	1,00000	0,22698	0,22698	0,61349
Algeria	0,00000	0,57752	0,00000	0,28876
Morocco	0,00000	1,00000	0,00000	0,50000
Nigeria	1,00000	0,37690	0,37690	0,68845
Africa	0,00000	0,12781	0,00000	0,06390
China	0,00000	0,25777	0,00000	0,12888
Republic of Korea	0,06667	0,77461	0,05164	0,42064
India	0,12722	0,40299	0,05127	0,26511
Myanmar	0,10522	0,65734	0,06917	0,38128
Viet Nam	0,00375	0,50515	0,00189	0,25445
Asia	0,21226	0,40101	0,08512	0,30663
Austria	0,00000	0,39900	0,00000	0,19950
Bulgaria	0,00000	0,29897	0,00000	0,14948
Croatia	0,00000	0,44624	0,00000	0,22312
France	0,00000	0,35190	0,00000	0,17595
Italy	0,16605	0,37485	0,06224	0,27045
Poland	0,15321	0,26356	0,04038	0,20839
Romania	0,00000	0,50587	0,00000	0,25294
Russian Federation	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Spain	0,11027	0,46777	0,05158	0,28902
Sweden	0,00000	0,38798	0,00000	0,19399
Ukraine	0,02249	0,53253	0,01198	0,27751
United Kingdom	1,00000	0,39120	0,39120	0,69560
Europe	0,67885	0,43869	0,29781	0,55877
USA	0,57452	0,34023	0,19547	0,45737
North and Central America	0,78460	0,35495	0,27849	0,56977
Oceania	1,00000	0,17822	0,17822	0,58911
Argentina	0,02314	0,41392	0,00958	0,21853
Brazil	0,00000	0,09435	0,00000	0,04718
Chile	0,09120	0,30958	0,02823	0,20039
South America	0,00000	0,18806	0,00000	0,09403
World	0,00366	0,38924	0,00143	0,19645

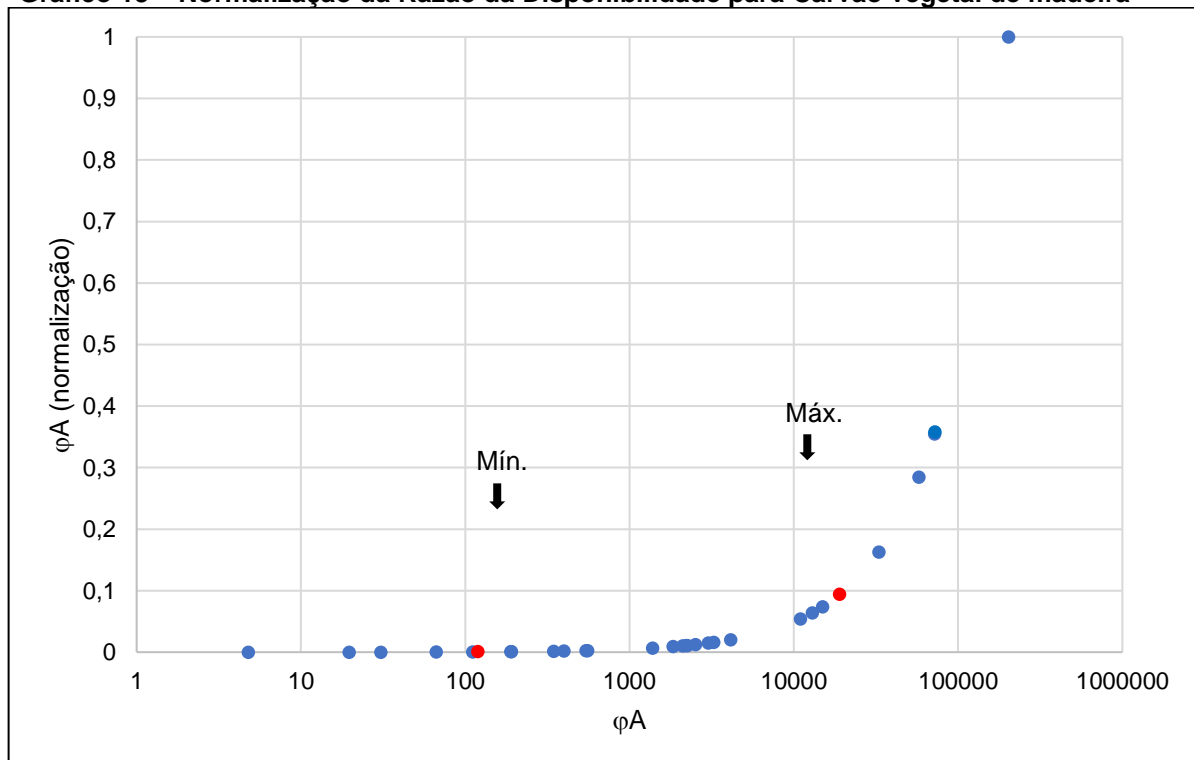
Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos são referentes a 28 países e 6 regiões, sendo que as regiões tiveram os dados de carvão mineral calculados por meio de média e somatória, pois estes não estavam disponíveis na base de dados utilizada.

Os resultados da Razão da Disponibilidade foram normalizados, como previsto na descrição do método, e passaram por um corte nos valores extremos como mostram os gráficos 13 e 14. O corte foi necessário para melhor distribuição dos dados, e assim reduzir a influência de valores extremamente altos ou baixos.

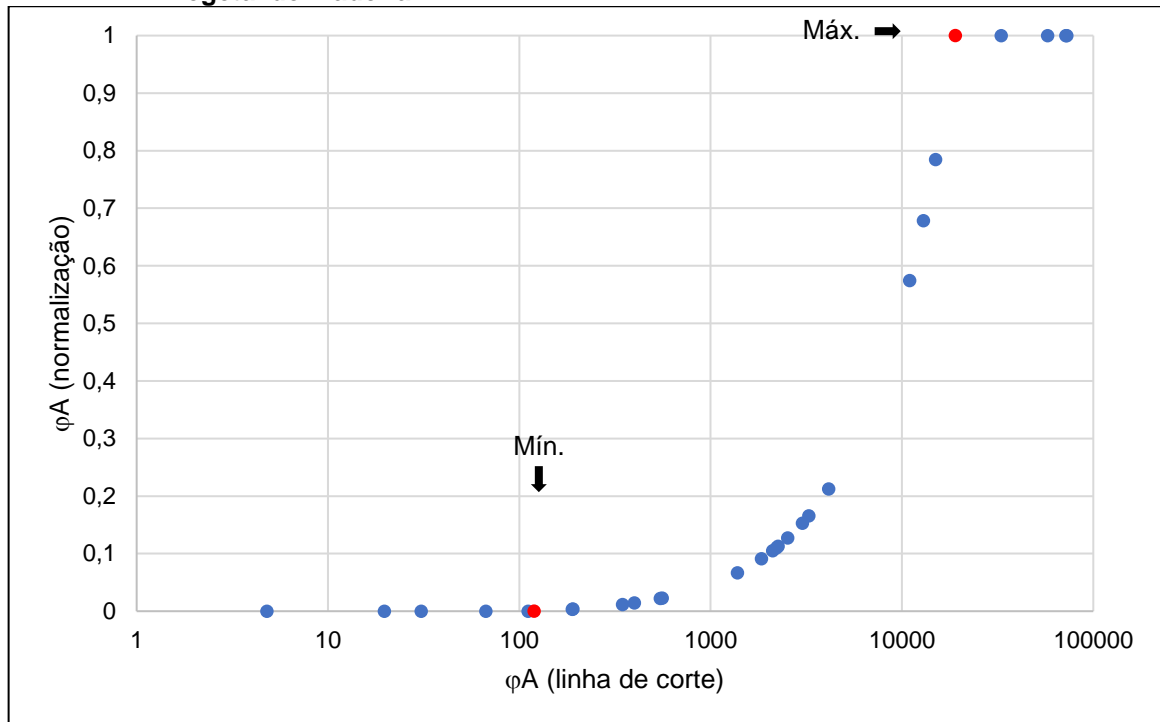
Este corte foi executado de forma similar ao método de avaliação de escassez da água – Água Disponível Remanescente (AWARE), diferenciando somente no fato de que o AWARE definiu os níveis de corte em (0,1 e 100) conforme UNEP/SETAC (2016), o que não é possível para aplicação neste método. A dificuldade encontra-se nos valores obtidos para cada indicador que possuem uma variação muito grande. Assim, para cada caso foi definido um valor distinto.

Gráfico 13 – Normalização da Razão da Disponibilidade para Carvão vegetal de madeira



Fonte: Autoria própria

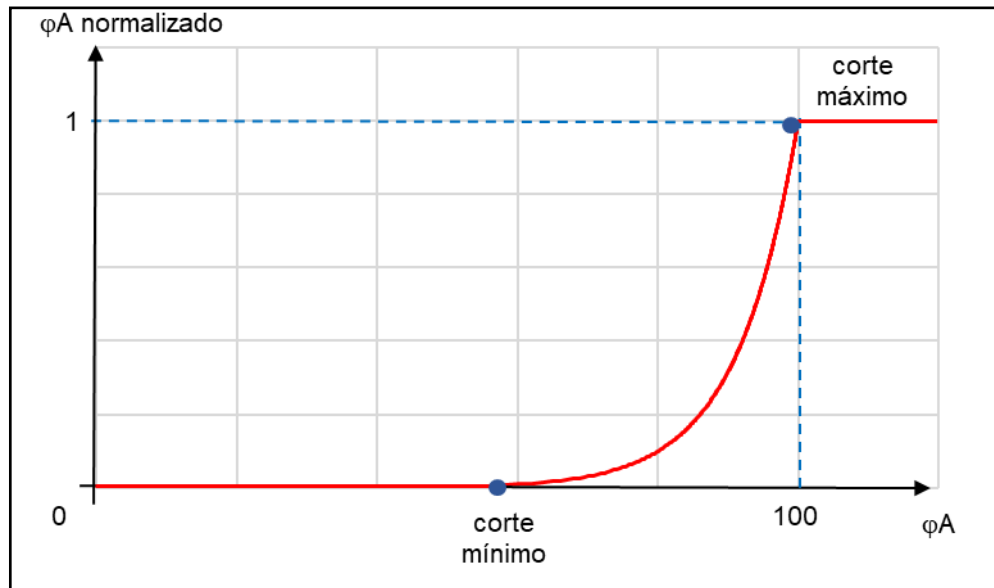
Gráfico 14 – Normalização com linha de corte da Razão da Disponibilidade para Carvão vegetal de madeira



Fonte: Autoria própria

Neste caso a proposta é considerar que os países com Razão da Disponibilidade maior que 19.017,4 ($\phi A > 19.017,4$) possuem alta disponibilidade de carvão mineral em relação ao carvão vegetal de madeira e que os países com Razão da Disponibilidade menor que 111,9 ($\phi A < 111,9$) possuem baixa disponibilidade de carvão mineral em relação ao carvão vegetal de madeira, permanecendo seus resultados nos limites máximos e mínimos. Sendo que somente os países ($111,9 < \phi A < 19.017,4$) que se encontram nesta faixa tem os valores da razão da disponibilidade variando entre 0 e 1 de acordo com a escala proposta. A figura 11 demonstra esquematicamente como os cortes são aplicados em todas as funções nos dois indicadores (este corte não ultrapassa a 10% do total de países).

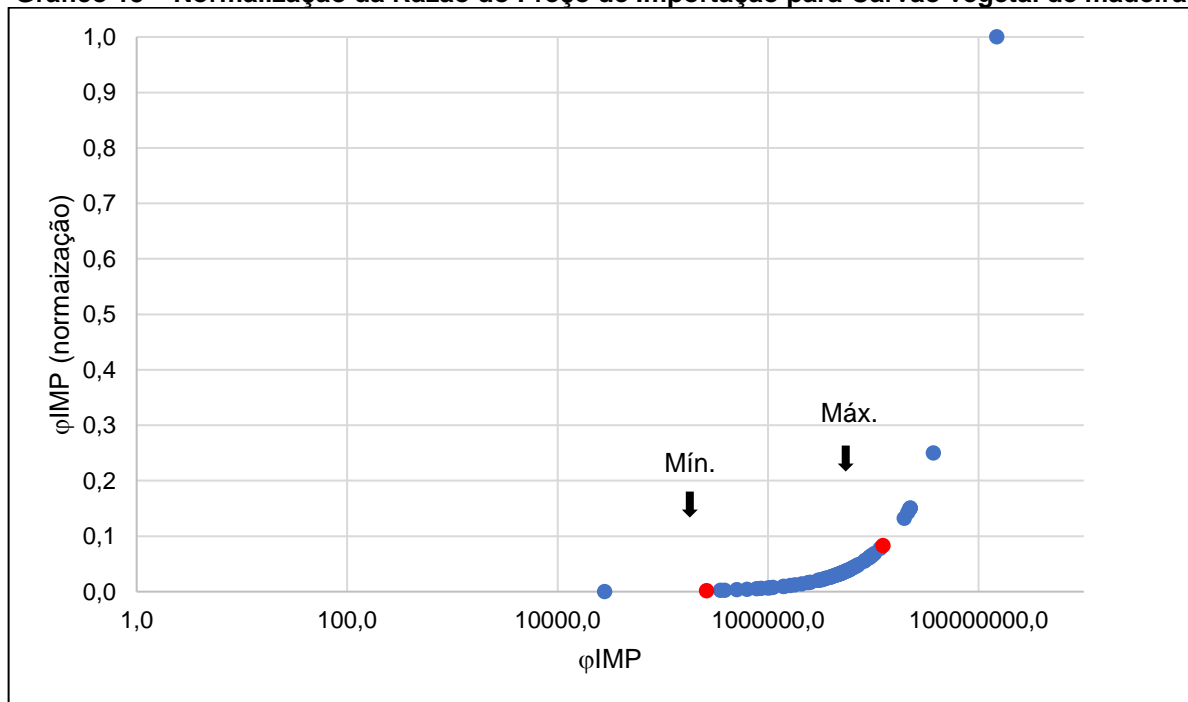
Figura 11 - Esquema de aplicação de corte em valores extremos



Fonte: Autoria própria

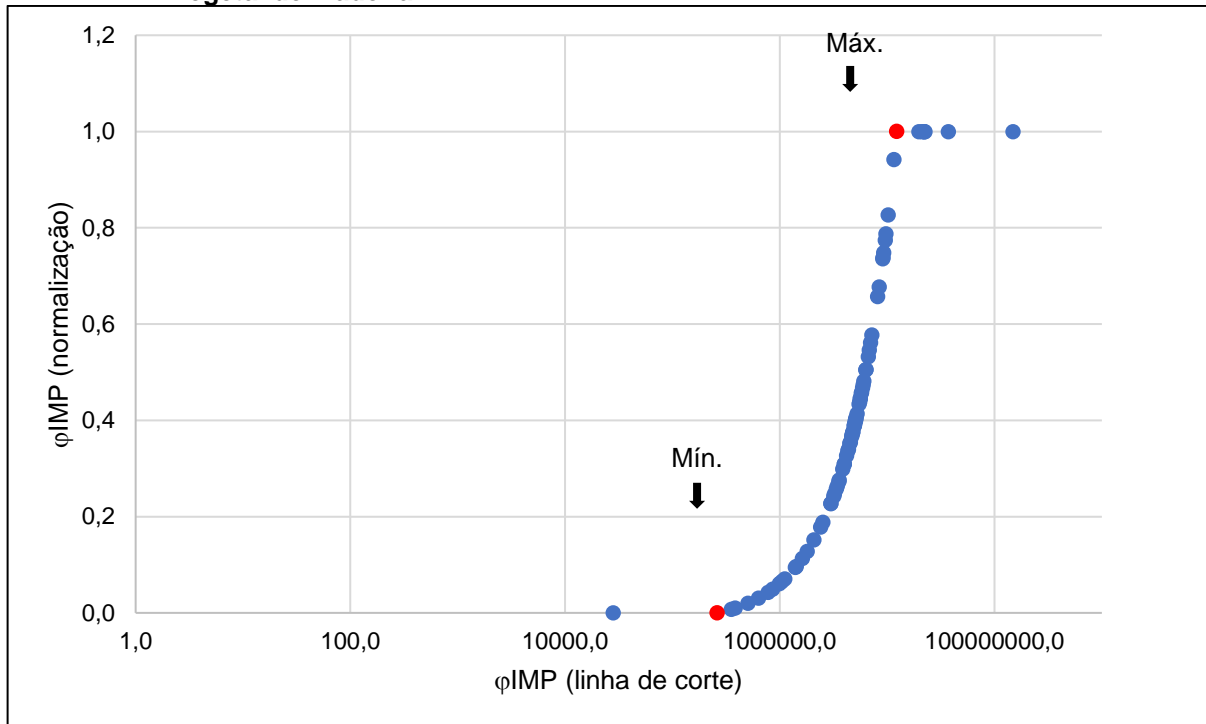
Igualmente a Razão do Preço de Importação passou por normalização e corte, como mostram os gráficos 15 e 16.

Gráfico 15 – Normalização da Razão do Preço de Importação para Carvão vegetal de madeira



Fonte: Autoria própria

Gráfico 16 – Normalização com linha de corte da Razão do Preço de Importação para Carvão vegetal de madeira



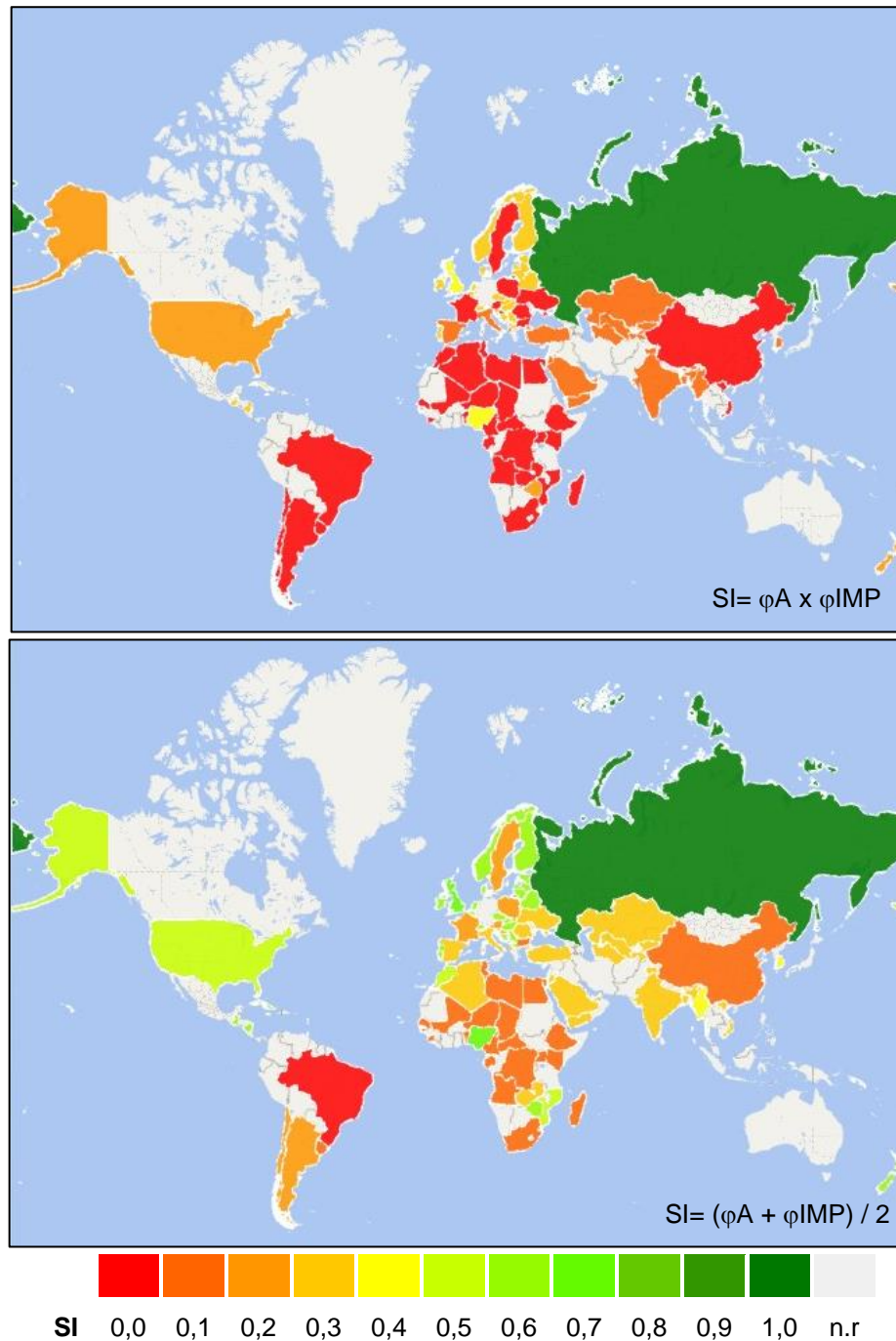
Fonte: Autoria própria

Assim, neste caso propõem-se considerar que os países com Razão da do Preço de Importação maior que 12.346.088,5 ($\phi\text{IMP} > 12.346.088,5$) possuem baixo preço de carvão mineral em relação ao carvão vegetal de madeira e que os países com Razão do Preço de Importação menor que 261.456,5 ($\phi\text{IMP} < 261.456,5$) possuem alto preço de carvão mineral em relação ao carvão vegetal de madeira, mantendo os resultados nos limites máximos e mínimos. Deste modo, os países ($261.456,5 > \phi\text{IMP} > 12.346.088,5$) que se encontram nesta faixa, passam a ter valores da razão do preço de importação variando entre 0 e 1.

Assim, todos os pontos que estavam abaixo do intervalo ao qual a maioria dos países se encontram, passaram a ter o valor dos indicadores igual a zero, e os que estavam acima deste intervalo passaram a ter seu valor igual a 1.

Para melhor visualização dos resultados, a figura 12 mostra os mapas com o Índice de Substituição respectivo de cada país.

Figura 12 - Mapa do Índice de Substituição para Carvão vegetal de madeira



Fonte: Autoria própria

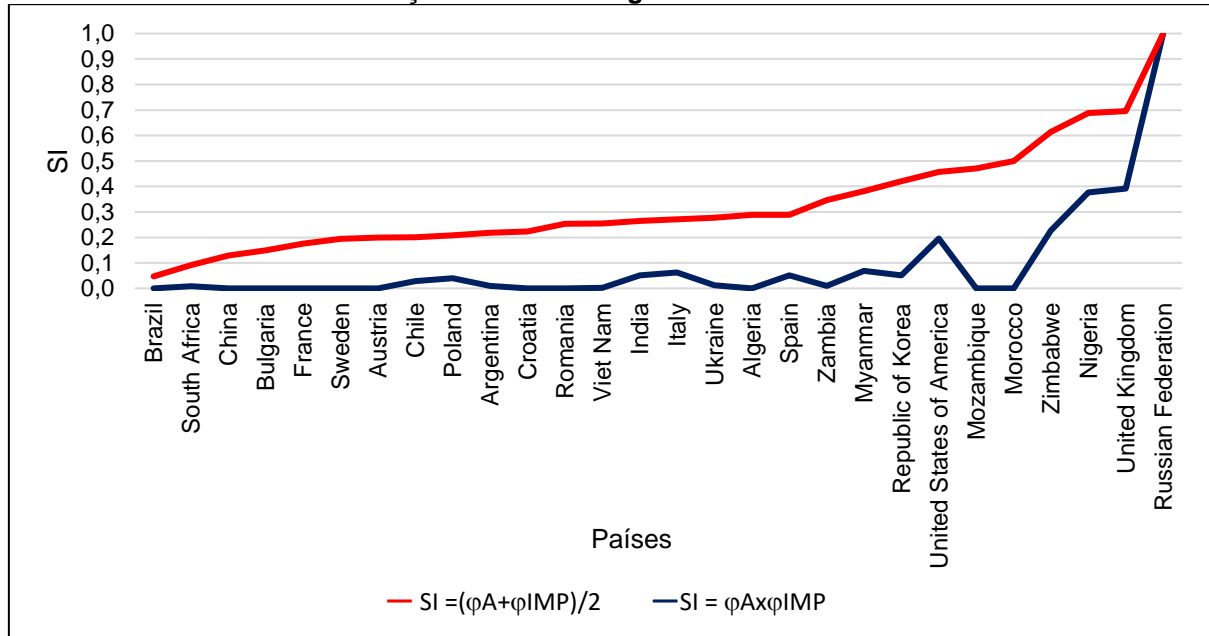
Nota: n.r. – países sem resultados

Os mapas mostram que os resultados obtidos são parcialmente similares para as duas propostas do método e que estão dispersos por todas as regiões do mundo.

O gráfico 17 apresenta a comparação do Índice de Substituição de cada país, podendo verificar que a substituição do carvão vegetal de madeira por carvão mineral não é boa, sendo que a maioria dos países apresentam índices abaixo de 0,3m. Isso

ocorre principalmente quando se utiliza a equação por multiplicação. Já no caso da equação por média os resultados apresentam uma variação maior.

Gráfico 17 – Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira



Fonte: Autoria própria

No caso da multiplicação a maioria dos países efetivamente selecionados (18%) tem o resultado (SI=0,0), ou seja, alta dificuldade de substituição. Já para a média existe uma maior concentração nos resultados (SI=0,2 e SI=0,3 – 7% e 8% respectivamente). Isso pode ser observado na figura 13 que exibe o percentual de países com resultados dentro da escala de 0 a 1, tanto para a aplicação do método por multiplicação, quanto por média.

Figura 13 - Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira

SI	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	n.r
SI=(φA+φIMP)/2	1%	3%	7%	8%	2%	3%	1%	2%	0%	0%	1%	73%
SI=φA x φIMP	18%	5%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	73%

Fonte: Autoria própria

Até o momento não foram encontradas publicações que apresentassem resultados análogos com indicação de um Índice de Substituição para o carvão vegetal de madeira, por esse motivo não é possível comparar diretamente os resultados encontrados.

Em contrapartida, supõe-se que a substituição de um recurso renovável por um recurso fóssil não é uma boa alternativa, já que o risco de escassez é muito maior para o segundo em relação ao primeiro. Esta hipótese se verificou nos resultados obtidos, mesmo o método não estimando o aumento da disponibilidade do carvão vegetal de madeira devido a sua capacidade de renovação.

De acordo com Da Silva (2017), o carvão mineral pode ser utilizado não somente como substituto do carvão vegetal de madeira como combustível, mas também de outras fontes energéticas, contudo sem considerar questões relacionadas aos impactos ambientais que pode causar. Por esse motivo, é presumível afirmar que o Índice de Substituição deveria ter um resultado alto para a maioria dos países, em função do preço do substituto ser consideravelmente menor e a disponibilidade maior do que a função da madeira avaliada. Todavia, os resultados apresentados não refletem essa realidade. Como os Índices de Substituição obtidos pela média são maiores, presume-se que essa alternativa seja a melhor para este caso.

4.4.2 Índice de Substituição da Lenha

Conforme o item 4.2.2 a lenha teve os *pellets* de madeira como melhor substituto. Todos os dados utilizados são referentes ao ano de 2012, uma vez que os dados de *pellets* são disponibilizados a partir deste ano, com exceção do Estoque Comercial de Crescimento, que tem seus últimos dados disponíveis para o ano de 2010. A tabela 4 apresenta o resultado da Razão da Disponibilidade e da Razão do Preço de Importação, assim como o resultado do Índice de Substituição da lenha. As outras variáveis encontram-se nos Apêndices E, F e G.

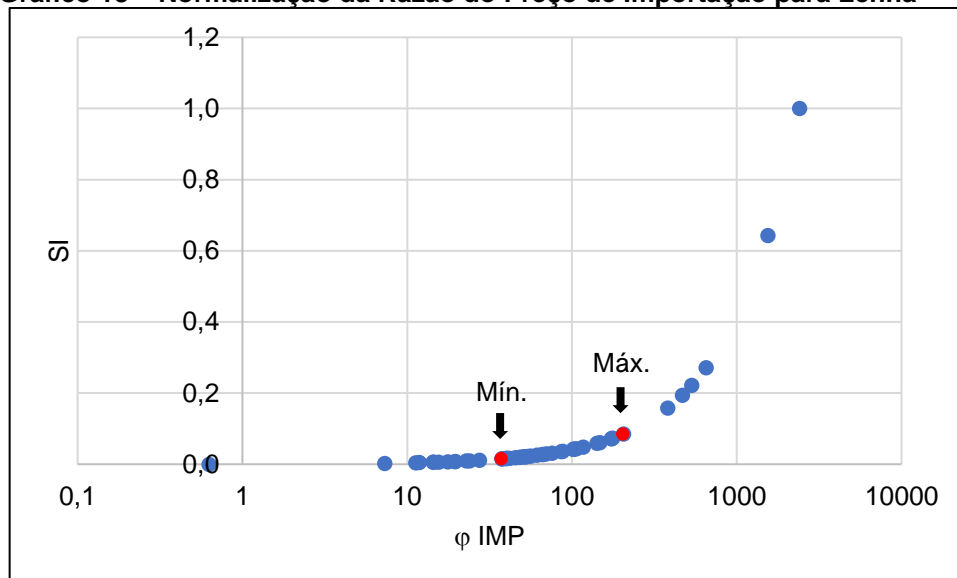
Tabela 4 – Índice de Substituição da Lenha

Países	Lenha / Pellets			
	Razão da Disponibilidade	Razão do Preço de Importação	Índice de Substituição	Índice de Substituição
2012	φA normalizado	φIMP normalizado	$SI=(\varphi A \times \varphi IMP)$	$SI=(\varphi A + \varphi IMP)/2$
South Africa	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Africa	1,00000	0,02082	0,02082	0,51041
Republic of Korea	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Viet Nam	1,00000	0,66372	0,66372	0,83186
Asia	1,00000	0,17401	0,17401	0,58701
Albania	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Austria	1,00000	0,06453	0,06453	0,53227
Belarus	1,00000	0,19854	0,19854	0,59927
Bosnia and Herzegovina	1,00000	0,48013	0,48013	0,74007
Bulgaria	1,00000	0,14707	0,14707	0,57354
Croatia	1,00000	0,08945	0,08945	0,54473
Denmark	1,00000	0,04932	0,04932	0,52466
Estonia	1,00000	0,02842	0,02842	0,51421
Finland	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
France	1,00000	0,29670	0,29670	0,64835
Hungary	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Ireland	1,00000	0,82691	0,82691	0,91345
Italy	1,00000	0,08400	0,08400	0,54200
Latvia	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Lithuania	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Luxembourg	1,00000	0,38953	0,38953	0,69476
Netherlands	1,00000	0,01598	0,01598	0,50799
Norway	1,00000	0,23371	0,23371	0,61685
Poland	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Portugal	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Romania	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Russian Federation	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Serbia	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Slovakia	1,00000	0,07353	0,07353	0,53676
Slovenia	1,00000	0,01750	0,01750	0,50875
Spain	1,00000	0,09265	0,09265	0,54633
Sweden	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Switzerland	1,00000	0,63173	0,63173	0,81586
Ukraine	1,00000	0,10130	0,10130	0,55065
United Kingdom	1,00000	0,81850	0,81850	0,90925
Europe	1,00000	0,00375	0,00375	0,50188
USA	1,00000	0,11482	0,11482	0,55741
North and Central America	0,00000	0,00252	0,00000	0,00126
Oceania	1,00000	0,41657	0,41657	0,70829
Brazil	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
South America	1,00000	0,30559	0,30559	0,65279
World	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Fonte: Autoria própria

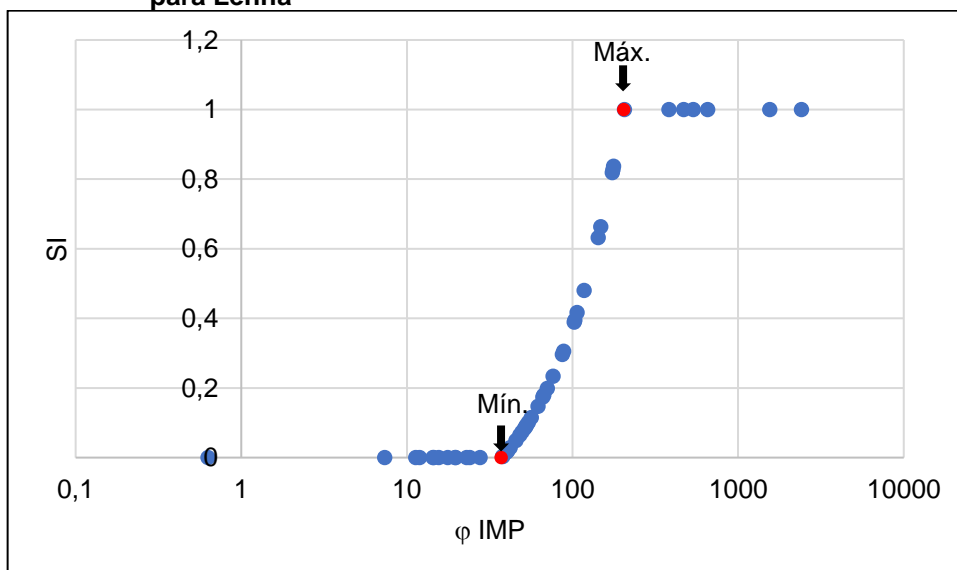
Dos 112 países foram obtidos resultados para 36 países e 5 regiões. É possível observar que a Razão da Disponibilidade teve o resultado 1 para maioria. Isso se deve ao fato que a disponibilidade da lenha e dos *pellets* serem calculados utilizando a fração de uso do estoque de crescimento da madeira, ou seja, o tempo disponível do uso da madeira para qualquer uma das funções é o mesmo. Desta forma a razão entre os dois sempre será 1, fazendo com que o resultado do Índice de Substituição mude de acordo com a variação da Razão do Preço de Importação. Assim, a normalização e corte foram feitas somente para Razão do Preço de Importação (gráficos 18 e 19).

Gráfico 18 – Normalização da Razão do Preço de Importação para Lenha



Fonte: Autoria própria

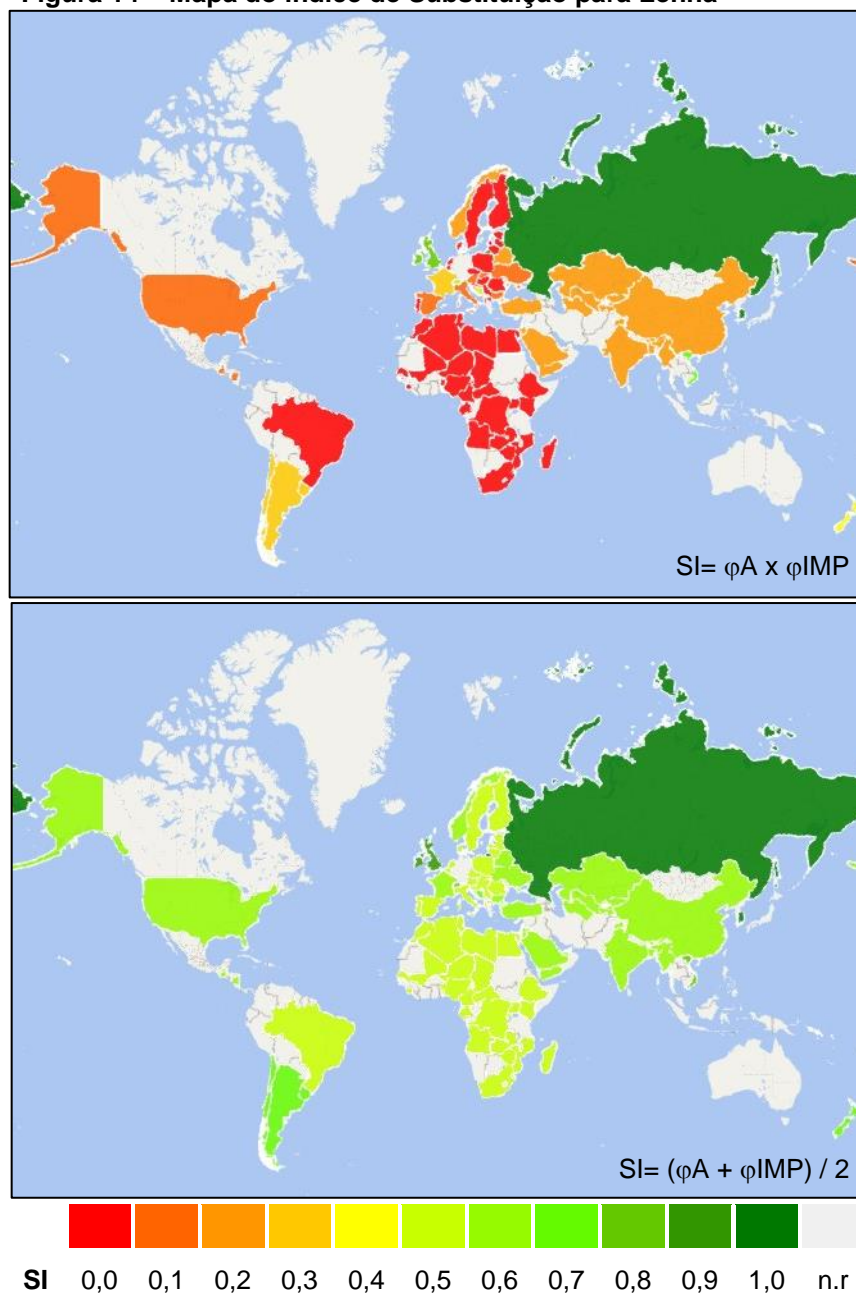
Gráfico 19 – Normalização com linha de corte da Razão do Preço de Importação para Lenha



Fonte: Autoria própria

A sugestão foi considerar que os países com Razão do Preço de Importação maiores que 203,78 ($\varphi_{IMP} > 203,78$) possuem baixo preço para lenha em relação aos *pellets* de madeira e que os países com Razão do Preço de Importação menores que 37,22 ($\varphi_{IMP} < 37,22$) possuem alto preço para lenha em relação aos *pellets* de madeira. Deste modo, os países que passam a ter valores da razão do preço de importação variando entre 0 e 1, se encontram no intervalo ($203,78 > \varphi_{IMP} > 37,22$). Os mapas apresentados na figura 14 ilustram os países com os respectivos Índices de Substituição.

Figura 14 – Mapa do Índice de Substituição para Lenha

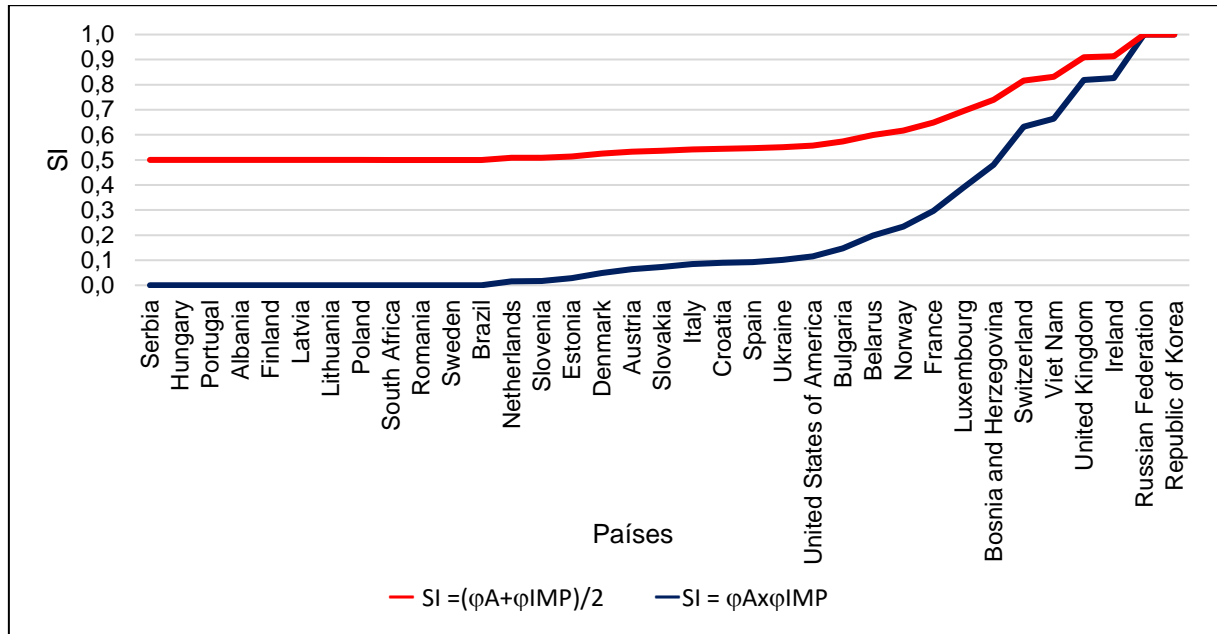


Fonte: Autoria própria

Nota: n.r. – países sem resultados

Para lenha os resultados ficaram bem distintos entre as duas alternativas do método. Quando o método é aplicado por meio da multiplicação os resultados caem muito mostrando baixa possibilidade de substituição (SI=0,2 e SI=0,3). Já ao se utilizar a média os resultados são melhores, ou seja, indicam maior possibilidade de substituição, ficando entre (SI=0,5 e SI=0,6) como pode ser observado no gráfico 20.

Gráfico 20 – Índice de Substituição da Lenha



Fonte: Autoria própria

A figura 15 exibe o percentual de países com resultados dentro da escala de 0 a 1, e a grande maioria de países (21%) obtiveram o resultado (SI=0,5), o que mostra que a substituição da lenha por *pellets* de madeira é possível e razoável. Porém isso acontece somente para o método por média, sendo diferente na multiplicação que apresenta um resultado no qual a substituição da lenha por *pellets* de madeira não é boa (SI=0,0 para 18% dos países com resultados).

Figura 15 – Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição da Lenha

SI	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	n.r
SI=(φA+φIMP)/2	0%	0%	0%	0%	0%	21%	6%	2%	2%	2%	2%	66%
SI=φA x φIMP	16%	8%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	0%	2%	66%

Fonte: Autoria própria

Assim como o resultado do SI do carvão vegetal de madeira, este resultado não pôde ser diretamente comparado com outros, por não terem dados publicados de substituição para lenha.

Como a produção de *pellets* é feita com partículas de madeira, podendo ter resíduos em sua composição, pode ser vantajoso a substituição da lenha pelos *pellets*, preservando assim o uso da madeira em tora.

Como a produção de *pellets* de madeira ainda é pequena em relação à produção de lenha, a sua utilização como substituto não pode ser expressiva. De acordo com Da Silva (2017), o uso de *pellets* tem aumentado principalmente na Europa, já no Brasil o uso é restrito com crescente produção para exportação. Isso evidencia que os resultados não condizem totalmente com a realidade, sendo que a alternativa por multiplicação é um pouco mais realista com exceção da Federação Russa que apresenta o melhor índice, e da Europa que deveria ter resultados melhores do que o resto do mundo, por ter um aumento considerável na produção de *pellets* nos últimos anos.

4.4.3 Índice de Substituição da Madeira Serrada

A madeira serrada teve como substituto os painéis à base de madeira conforme elucidado no item 4.2.3.

Os dados utilizados para aplicação do método foram todos retirados da base de dados FaoStat (2017), pois, assim como a madeira serrada, os painéis à base de madeira são derivados do recurso florestal madeireiro.

A tabela 5 apresenta o resultado do Índice de Substituição da Madeira Serrada, e os resultados para os dois indicadores necessários para determinação do cálculo SI, Razão da disponibilidade e Razão do Preço de Importação. Os dados das variáveis utilizadas na aplicação do método estão disponíveis nos apêndices H, I e J.

Tabela 5 – Índice de Substituição da Madeira Serrada

(continua)

Madeira Serrada / Painéis à Base de Madeira				
Países	Razão da Disponibilidade	Razão do Preço de Importação	Índice de Substituição	Índice de Substituição
2010	φA normalizado	φIMP normalizado	$SI = (\varphi A \times \varphi IMP)$	$SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$
Angola	1,00000	0,11351	0,11351	0,55676
Ethiopia	1,00000	0,44271	0,44271	0,72135
Kenya	1,00000	0,12179	0,12179	0,56090
Madagascar	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Mozambique	1,00000	0,12591	0,12591	0,56296
South Africa	1,00000	0,17477	0,17477	0,58739
Swaziland	1,00000	0,43489	0,43489	0,71744
Uganda	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Zambia	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Zimbabwe	1,00000	0,16298	0,16298	0,58149
Algeria	1,00000	0,07625	0,07625	0,53812
Morocco	1,00000	0,26424	0,26424	0,63212
Tunisia	1,00000	0,18468	0,18468	0,59234
Cameroon	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Central African Republic	1,00000	0,36460	0,36460	0,68230
Congo	1,00000	0,68208	0,68208	0,84104
Nigeria	1,00000	0,36679	0,36679	0,68339
Africa	1,00000	0,16487	0,16487	0,58243
China	1,00000	0,25352	0,25352	0,62676
Republic of Korea	1,00000	0,27158	0,27158	0,63579
Bangladesh	1,00000	0,79747	0,79747	0,89873
Bhutan	1,00000	0,59484	0,59484	0,79742
India	1,00000	0,13054	0,13054	0,56527
Myanmar	1,00000	0,36014	0,36014	0,68007
Viet Nam	1,00000	0,44697	0,44697	0,72348
Cyprus	1,00000	0,52392	0,52392	0,76196
Lebanon	1,00000	0,30764	0,30764	0,65382
Turkey	1,00000	0,06076	0,06076	0,53038
Asia	1,00000	0,20856	0,20856	0,60428
Albania	1,00000	0,30094	0,30094	0,65047
Austria	1,00000	0,15052	0,15052	0,57526
Belarus	1,00000	0,64747	0,64747	0,82374
Belgium	1,00000	0,37998	0,37998	0,68999
Bosnia and Herzegovina	1,00000	0,24447	0,24447	0,62223
Bulgaria	1,00000	0,72444	0,72444	0,86222
Croatia	1,00000	0,20707	0,20707	0,60353
Czech Republic	1,00000	0,46956	0,46956	0,73478
Denmark	1,00000	0,36980	0,36980	0,68490
Estonia	1,00000	0,20562	0,20562	0,60281
Finland	1,00000	0,13169	0,13169	0,56584
France	1,00000	0,22814	0,22814	0,61407
Hungary	1,00000	0,20611	0,20611	0,60306
Ireland	1,00000	0,28273	0,28273	0,64137
Italy	1,00000	0,22396	0,22396	0,61198
Latvia	1,00000	0,20122	0,20122	0,60061

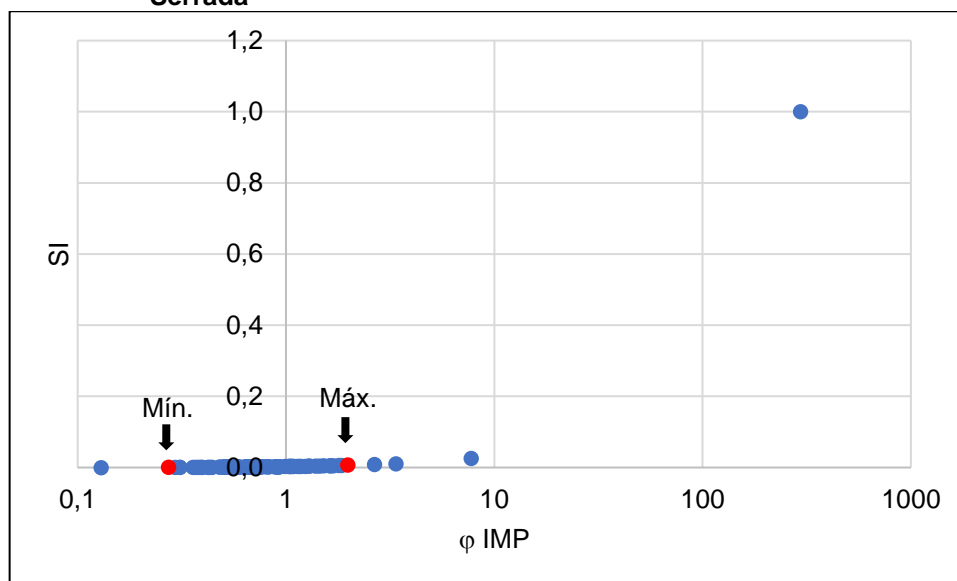
(conclusão)

Madeira Serrada / Painéis à Base de Madeira				
Países	Razão da Disponibilidade	Razão do Preço de Importação	Índice de Substituição	Índice de Substituição
2010	φA <i>normalizado</i>	φIMP <i>normalizado</i>	$SI = (\varphi A \times \varphi IMP)$	$SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$
Lithuania	1,00000	0,31695	0,31695	0,65847
Luxembourg	1,00000	0,12445	0,12445	0,56222
Netherlands	1,00000	0,22646	0,22646	0,61323
Norway	1,00000	0,14770	0,14770	0,57385
Poland	1,00000	0,35241	0,35241	0,67620
Portugal	1,00000	0,56093	0,56093	0,78047
Romania	1,00000	0,46546	0,46546	0,73273
Russian Federation	1,00000	0,41335	0,41335	0,70667
Serbia	1,00000	0,14330	0,14330	0,57165
Slovakia	1,00000	0,23961	0,23961	0,61980
Slovenia	1,00000	0,07797	0,07797	0,53899
Spain	1,00000	0,22452	0,22452	0,61226
Sweden	1,00000	0,36856	0,36856	0,68428
Switzerland	1,00000	0,37714	0,37714	0,68857
Ukraine	1,00000	0,78715	0,78715	0,89357
United Kingdom	1,00000	0,25616	0,25616	0,62808
Europe	1,00000	0,25131	0,25131	0,62566
Cuba	1,00000	0,27475	0,27475	0,63738
Trinidad and Tobago	1,00000	0,17137	0,17137	0,58568
Caribbean	1,00000	0,20709	0,20709	0,60355
Guatemala	1,00000	0,22719	0,22719	0,61359
USA	1,00000	0,13832	0,13832	0,56916
North and Central America	0,93106	0,13819	0,12867	0,53463
New Zealand	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Oceania	1,00000	0,34936	0,34936	0,67468
Argentina	1,00000	0,17177	0,17177	0,58589
Brazil	1,00000	0,10939	0,10939	0,55469
Chile	1,00000	0,25203	0,25203	0,62601
Uruguay	1,00000	0,51511	0,51511	0,75755
South America	1,00000	0,17501	0,17501	0,58751
World	1,00000	0,21388	0,21388	0,60694

Fonte: Autoria própria

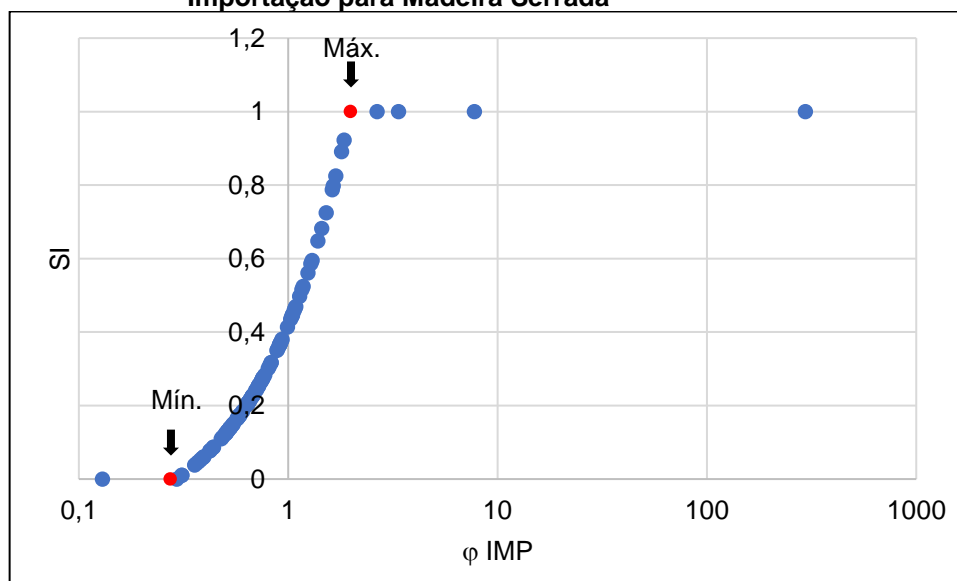
Foram alcançados resultados para 68 países e 7 regiões. Pelo mesmo motivo apresentado no item anterior a Razão da Disponibilidade manteve-se majoritariamente com valor 1, por se tratarem de recursos derivados da madeira (tanto a função quanto o substituto) e utilizarem a mesma relação com o Estoque Comercial de Crescimento. Assim, somente a Razão do Preço de Importação precisou passar pela normalização seguida de corte, conforme apresentado nos gráficos 21 e 22.

Gráfico 21 – Normalização da Razão do Preço de Importação para Madeira Serrada



Fonte: Autoria própria

Gráfico 22 – Normalização com linha de corte da Razão do Preço de Importação para Madeira Serrada



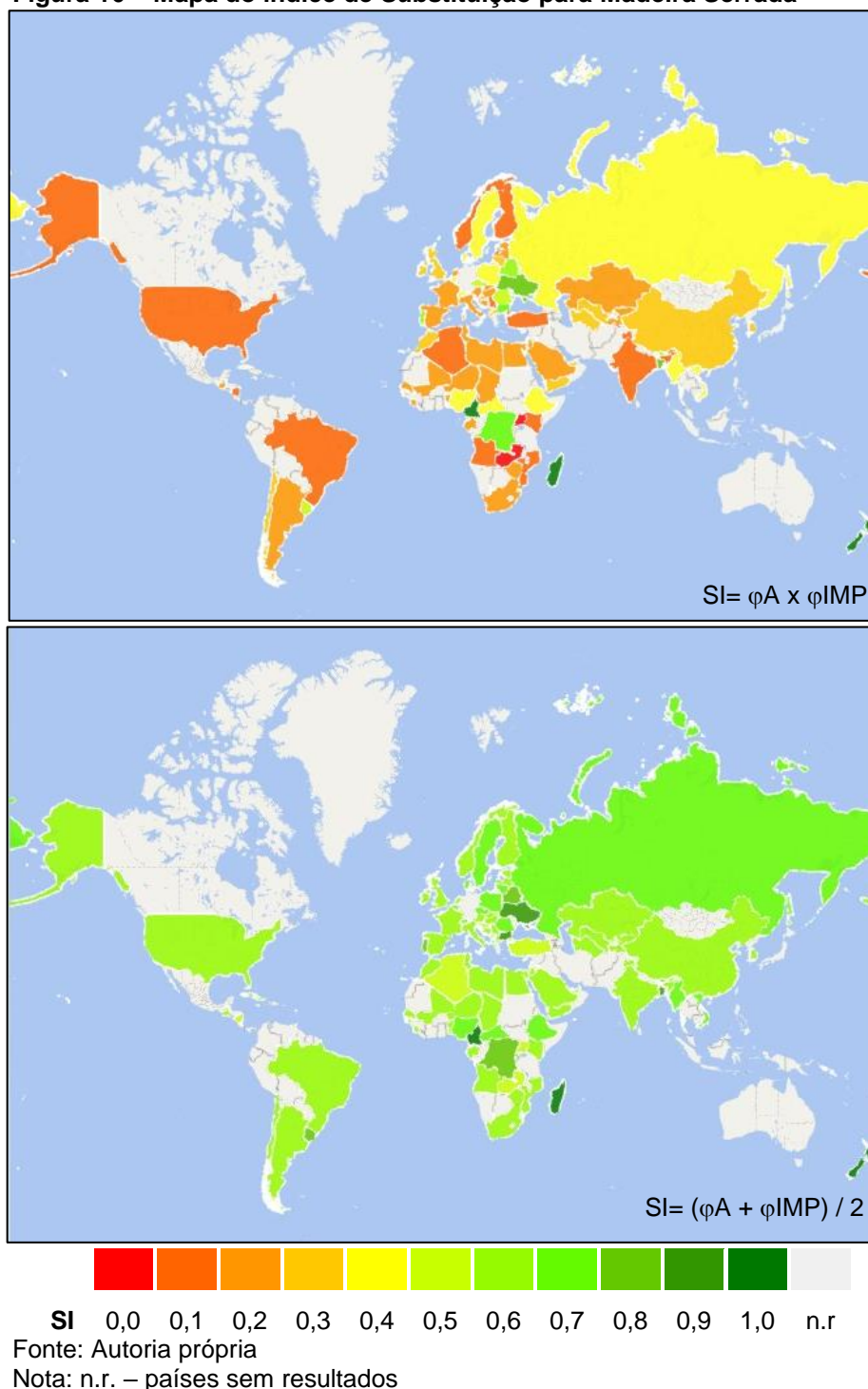
Fonte: Autoria própria

A partir da normalização foi então realizado o corte nos valores extremos chegando a indicação de que os países com Razão do Preço de Importação maior que 1,98 ($\varphi \text{IMP} > 1,98$) têm baixo preço de madeira serrada em relação aos painéis à base de madeira e que os países com Razão do Preço de Importação menor que 0,27 ($\varphi \text{IMP} < 0,27$) têm alto preço de madeira serrada em relação aos painéis à base de

madeira. Desta forma, os países se encontram no intervalo ($1,98 > \varphi_{IMP} > 0,27$) passam a ter valores da razão do preço de importação variando entre 0 e 1.

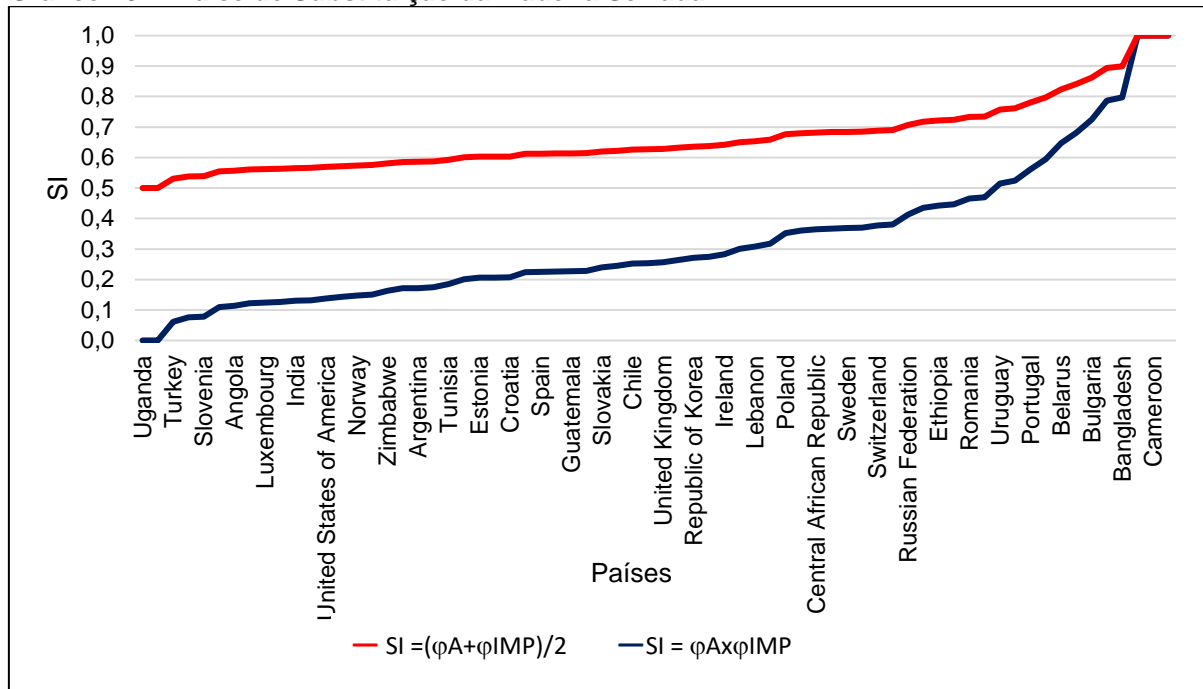
Para melhor visualização dos resultados os mapas ilustrados na figura 16 mostram os países com os referentes Índices de Substituição.

Figura 16 – Mapa do Índice de Substituição para Madeira Serrada



O gráfico 23 mostra que o Índice de Substituição está entre (0,5 e 0,6) para $SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$, e (0,3 e 0,4) para $SI = \varphi A \times \varphi IMP$, sendo um resultado razoável, ou seja, a substituição da madeira serrada por painéis à base de madeira é uma alternativa potencial.

Gráfico 23 – Índice de Substituição da Madeira Serrada



Fonte: Autoria própria

A figura 17 exhibe o percentual de países com resultados dentro da escala, sendo a maioria distribuída com $(SI=0,2 - 17\%)$ e $(SI=0,6 - 33\%)$, o que aponta que a substituição da madeira serrada por painéis à base de madeira é viável.

Figura 17 – Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição da Madeira Serrada

SI	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	n.r
$SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$	0%	0%	0%	0%	0%	5%	33%	16%	6%	3%	3%	34%
$SI = \varphi A \times \varphi IMP$	2%	13%	17%	10%	12%	4%	3%	2%	2%	0%	2%	34%

Fonte: Autoria própria

O resultado obtido neste estudo está próximo ao resultado apresentado por EC (2010), que indica que a madeira serrada de coníferas pode ser substituída, contudo, até certo ponto, devido a performance e ao custo dos recursos substitutos. No entanto, o escopo do estudo de EC (2010) diferencia-se deste por apresentar um único índice,

sem apontar o país e nem qual substituto está sendo considerado, além de ser específico para madeira serrada de coníferas, não abrangendo a madeira serrada de folhosas. Outra questão ainda são os indicadores considerados, que em EC (2010) são referentes a performance e ao custo, sendo no presente estudo a performance avaliada anteriormente à aplicação do método, e ainda considerando além do preço a disponibilidade de ambos os recursos.

Da Silva (2017), relata que os painéis de madeira já têm sido utilizados como substitutos da madeira serrada, principalmente por países com grande potencial florestal como o Brasil, além de haver uma tendência direcionada a essa substituição. Assim, os resultados alcançados condizem parcialmente com essa realidade, sendo que os resultados por média estão mais condizentes.

4.4.4 Índice de Substituição dos Painéis à Base de Madeira

Os painéis à base de madeira conforme o item anterior, são considerados como substitutos da madeira serrada, no entanto neste item são tratados como uma função da madeira a ser substituída. De acordo com o item 4.2.4. os substitutos para os painéis foram os resíduos de madeira. Os dados utilizados foram extraídos da base de dados FaoStat (2017) por serem derivados da madeira. No caso dos resíduos não foi utilizado o dado de Estoque Comercial de Crescimento, pelo fato do resíduo ser um produto resultante da sobra do processamento da madeira, e não um produto retirado da madeira em estado natural.

A tabela 6 apresenta o resultado do Índice de Substituição dos Painéis à base de Madeira, juntamente com os indicadores - Razão da disponibilidade e Razão do Preço de Importação - utilizados no cálculo do Índice de Substituição. Os dados das demais variáveis estão disponibilizadas nos apêndices K, L e M.

Tabela 6 – Índice de Substituição dos painéis à base de Madeira

(continua)

Painéis à Base de Madeira / Resíduos de Madeira				
Países	Razão da Disponibilidade	Razão do Preço de Importação	Índice de Substituição	Índice de Substituição
2010	φA normalizado	φIMP normalizado	$SI = (\varphi A \times \varphi IMP)$	$SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$
Angola	0,05444	0,83751	0,04559	0,44598
Ethiopia	1,00000	0,97301	0,97301	0,98650
Kenya	1,00000	0,74451	0,74451	0,87226
Madagascar	0,06800	0,71588	0,04868	0,39194
Mozambique	0,34471	0,67103	0,23131	0,50787
South Africa	0,46639	0,28908	0,13482	0,37774
Swaziland	0,75486	0,17893	0,13506	0,46689
Uganda	1,00000	0,54388	0,54388	0,77194
Zambia	0,10536	0,50008	0,05269	0,30272
Zimbabwe	1,00000	0,73808	0,73808	0,86904
Algeria	0,27179	0,82370	0,22387	0,54774
Morocco	0,20217	0,90130	0,18222	0,55174
Tunisia	1,00000	0,90499	0,90499	0,95250
Cameroon	0,02309	0,89457	0,02066	0,45883
Congo	0,00000	0,87791	0,00000	0,43895
Gabon	0,00802	0,96184	0,00771	0,48493
Nigeria	1,00000	0,75756	0,75756	0,87878
Africa	0,39509	0,78193	0,30893	0,58851
China	0,31650	0,85133	0,26945	0,58392
Republic of Korea	0,06101	0,84575	0,05160	0,45338
Bangladesh	1,00000	0,94636	0,94636	0,97318
Bhutan	0,05633	0,44364	0,02499	0,24999
India	1,00000	0,83924	0,83924	0,91962
Viet Nam	0,39789	0,87979	0,35006	0,63884
Cyprus	0,00000	0,87759	0,00000	0,43879
Israel	0,70012	0,80761	0,56542	0,75387
Lebanon	0,27963	0,62409	0,17451	0,45186
Turkey	0,06012	0,68000	0,04088	0,37006
Asia	0,53379	0,83500	0,44572	0,68440
Albania	0,00172	0,94660	0,00162	0,47416
Austria	0,07222	0,56951	0,04113	0,32086
Belarus	0,00502	0,70329	0,00353	0,35416
Belgium	0,19548	0,57896	0,11317	0,38722
Bosnia and Herzegovina	0,02334	0,71136	0,01660	0,36735
Bulgaria	0,01352	0,74078	0,01002	0,37715
Croatia	0,02303	0,00000	0,00000	0,01151
Czech Republic	0,07139	0,73573	0,05253	0,40356
Denmark	0,16581	0,85067	0,14105	0,50824
Estonia	0,04595	0,67787	0,03115	0,36191
Finland	0,08588	0,49544	0,04255	0,29066
France	0,06795	0,71073	0,04829	0,38934
Hungary	0,05291	0,43429	0,02298	0,24360
Ireland	0,13014	0,89186	0,11607	0,51100
Italy	0,01338	0,71607	0,00958	0,36473
Latvia	0,06082	0,59124	0,03596	0,32603

(conclusão)

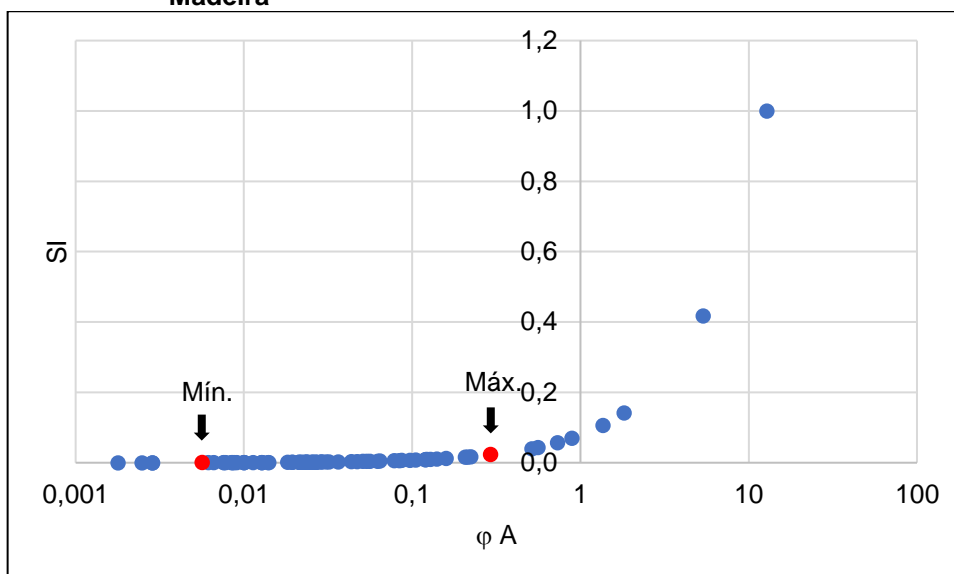
Painéis à Base de Madeira / Resíduos de Madeira				
Países	Razão da Disponibilidade	Razão do Preço de Importação	Índice de Substituição	Índice de Substituição
2010	φA <i>normalizado</i>	φIMP <i>normalizado</i>	$SI = (\varphi A \times \varphi IMP)$	$SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$
Lithuania	0,04202	0,63043	0,02649	0,33623
Luxembourg	0,14300	0,40935	0,05854	0,27617
Netherlands	0,15638	0,63510	0,09932	0,39574
Norway	0,02707	0,43267	0,01171	0,22987
Poland	0,05260	0,51662	0,02718	0,28461
Portugal	0,25157	0,73231	0,18423	0,49194
Romania	0,01822	0,52030	0,00948	0,26926
Russian Federation	0,00000	0,92968	0,00000	0,46484
Serbia	0,06770	0,59572	0,04033	0,33171
Slovakia	0,05861	0,16268	0,00953	0,11064
Slovenia	0,01026	0,65306	0,00670	0,33166
Spain	0,06077	0,50335	0,03059	0,28206
Sweden	0,07298	0,54128	0,03950	0,30713
Switzerland	0,02770	0,62823	0,01740	0,32797
Ukraine	0,00922	0,78665	0,00725	0,39794
United Kingdom	0,09033	0,75807	0,06847	0,42420
Europe	0,00511	0,62120	0,00317	0,31315
Cuba	0,00578	0,46817	0,00270	0,23697
Trinidad and Tobago	0,00000	0,72335	0,00000	0,36167
Caribbean	0,06364	0,68881	0,04384	0,37623
Guatemala	0,72102	0,86187	0,62142	0,79144
USA	0,01357	0,73111	0,00992	0,37234
North and Central America	0,07966	0,73097	0,05823	0,40531
New Zealand	0,17433	0,96903	0,16893	0,57168
Oceania	0,42542	0,82427	0,35066	0,62485
Argentina	0,00839	0,96882	0,00813	0,48860
Brazil	0,00000	0,42477	0,00000	0,21239
Chile	0,07893	0,97292	0,07679	0,52593
Uruguay	1,00000	0,83734	0,83734	0,91867
South America	0,00859	0,62720	0,00539	0,31789
World	0,04630	0,76628	0,03548	0,40629

Fonte: Autoria própria

Pode-se notar que dos 112 países analisados, foi obtido resultado para 68 países e 7 regiões.

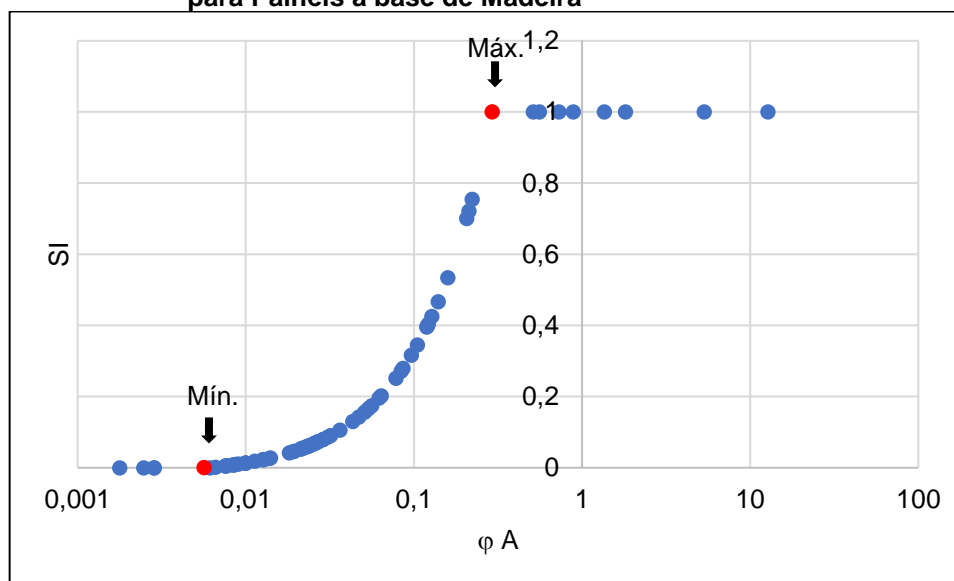
O corte após a normalização foi necessário somente para a Razão da Disponibilidade como mostrado nos gráficos 24 e 25. A Razão do Preço de Importação passou apenas pela normalização, pois os resultados apresentaram boa distribuição sem necessidade da realização do corte.

Gráfico 24 – Normalização da Razão Disponibilidade para Painéis à base de Madeira



Fonte: Autoria própria

Gráfico 25 – Normalização com linha de corte da Razão da Disponibilidade para Painéis à base de Madeira



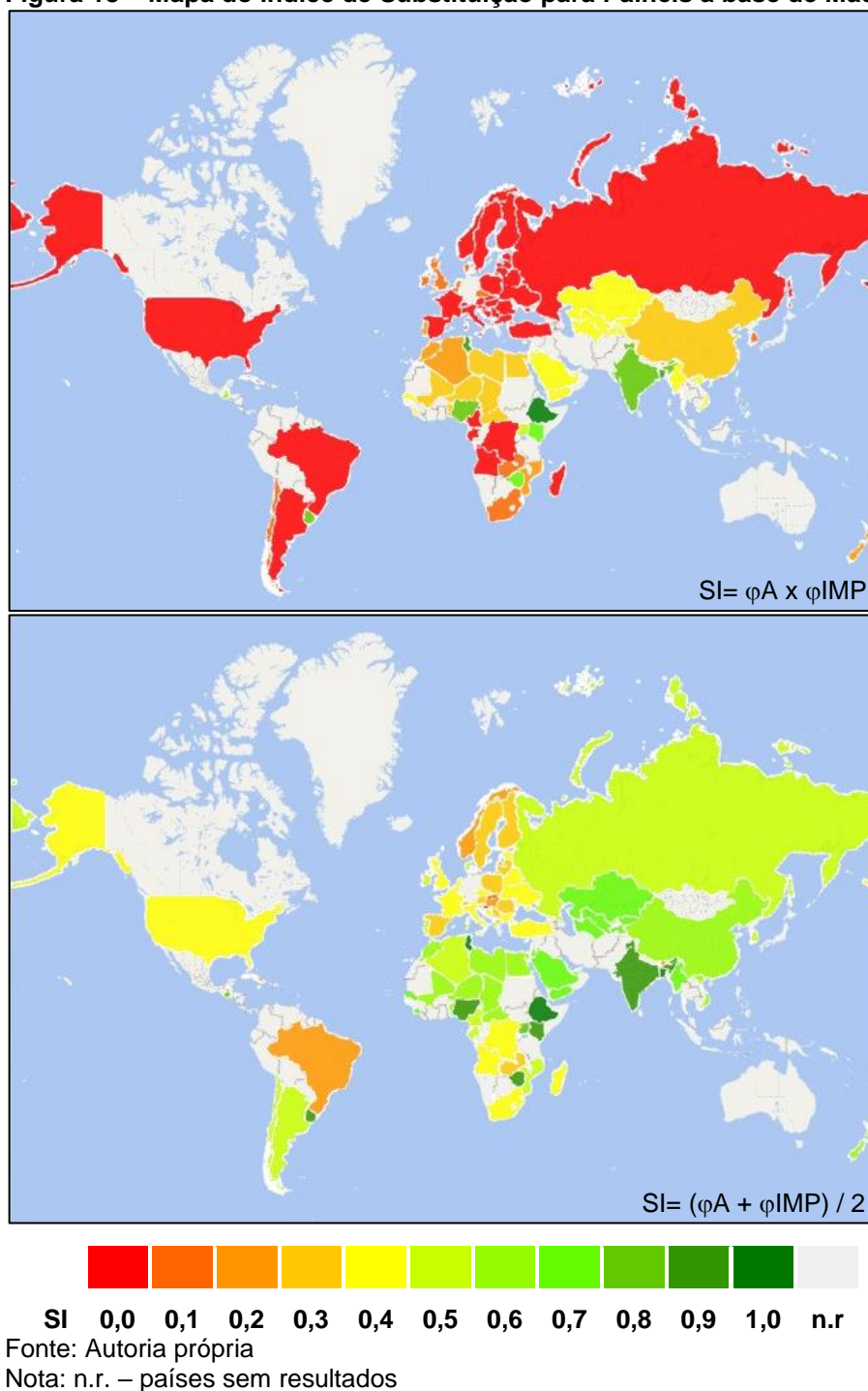
Fonte: Autoria própria

Como pode ser observado no gráfico 25 a nova distribuição dos dados é proposta do seguinte modo: os países com ($\phi A > 0,29$) são considerados com alta disponibilidade de painéis à base de madeira em relação aos resíduos de madeira, e os países com ($\phi A < 0,005$) são considerados com baixa disponibilidade de painéis à base de madeira em relação aos resíduos de madeira. De tal modo que, os países

que se encontram no intervalo $(0,29 > \varphi A > 0,005)$ passam a ter valores da razão do preço de importação variando entre 0 e 1.

Na figura 18 os mapas mostram os países com seus índices de Substituição correspondentes.

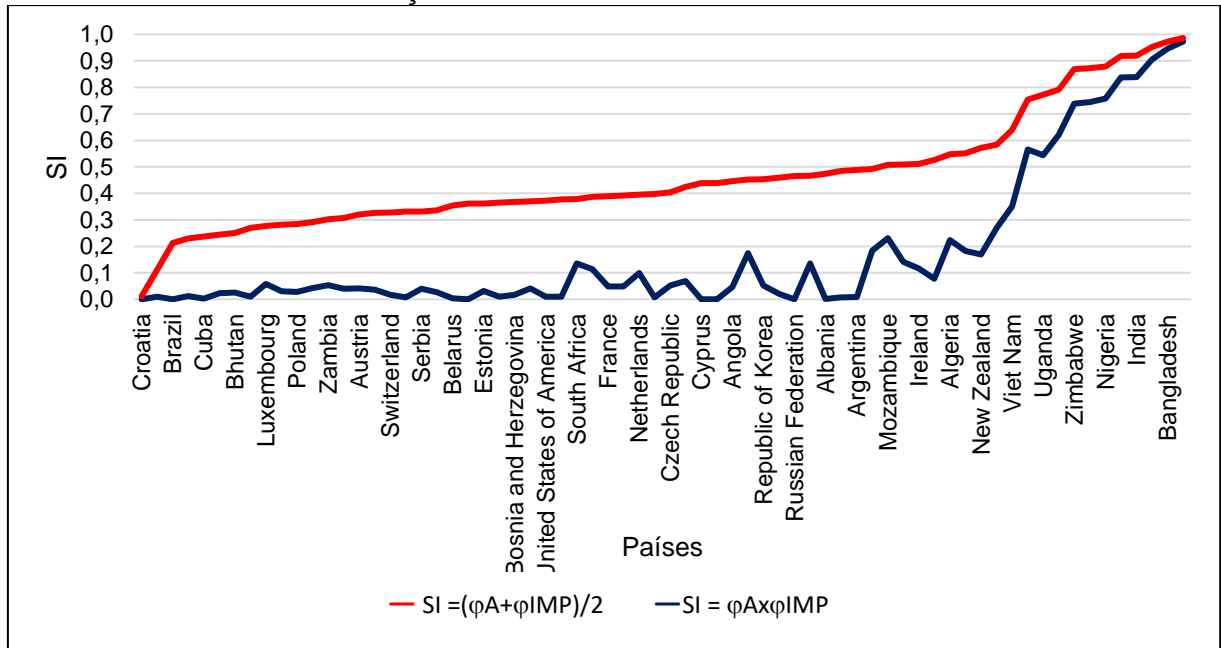
Figura 18 – Mapa do Índice de Substituição para Painéis à base de Madeira



Para esta situação houve uma diferença considerável nos resultados nas duas aplicações do método, mas mantendo o padrão no qual os resultados são sempre maiores na equação por média.

O gráfico 26 apresenta o Índice de Substituição na escala de 0 a 1 indicando um resultado não satisfatório para alguns países, e em contrapartida resultados razoáveis para outros países.

Gráfico 26 – Índice de Substituição dos Painéis à base de Madeira



Fonte: Autoria própria

A figura 19 exibe o percentual de países dentro da escala, sendo a maioria distribuída entre (SI=0,3 a 0,5) para média e (SI=0,0) para multiplicação. Isso aponta que a substituição dos painéis à base de madeira por resíduos de madeira é plausível no primeiro caso, entretanto não é boa no segundo.

Figura 19 – Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição dos Painéis à base de Madeira

SI	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	n.r
SI=(φA+φIMP)/2	1%	1%	5%	13%	19%	15%	4%	0%	3%	5%	4%	31%
SI=φAxφIMP	37%	11%	7%	1%	1%	1%	2%	2%	3%	2%	1%	32%

Fonte: Autoria própria

Até o presente momento, e de acordo com os limites deste estudo, não foram registrados resultados com índices que indicassem a substituição de painéis à base

de madeira. De acordo com Da Silva (2017), a substituição de painéis de madeira por painéis de resíduos de madeira é muito incipiente, pois a qualidade dos painéis é melhor controlada se utilizar uma única espécie de madeira, o que não ocorre na utilização de resíduos. Outro ponto a ser destacado por Da Silva (2017), é que o setor de painéis é bem consolidado, dificultando assim a sua substituição. Por esta razão os resultados por multiplicação são mais condizentes com a realidade.

4.4.5 Índice de Substituição da Polpa de Madeira

O substituto utilizado para Polpa de Madeira na aplicação do método foi a Polpa de outras Fibras que não Madeira, conforme item 4.2.5. Assim como para resíduos de madeira, para Polpa de outras Fibras não foi utilizado o dado de Estoque Comercial de Crescimento. Neste caso, por não ter a informação de que tipo de fibra está sendo utilizada na composição desta função. E ainda no caso de fibras que são extraídas de produtos com plantio anual, e que não possuem um estoque de crescimento, como por exemplo fibras de casca de arroz.

A tabela 7 apresenta o resultado do Índice de Substituição da Polpa de Madeira e seus indicadores - Razão da disponibilidade e Razão do Preço de Importação. Os dados referentes às outras variáveis usadas nos cálculos encontram-se nos apêndices N, O e P.

Tabela 7 – Índice de Substituição da Polpa de Madeira

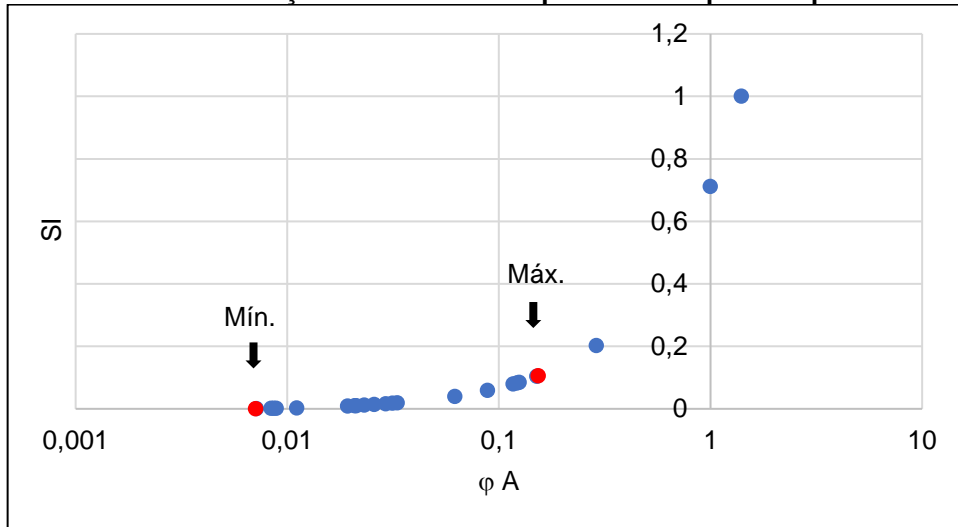
Polpa de Madeira / Polpa de Fibras que não Madeira				
Países	Razão da Disponibilidade	Razão do Preço de Importação	Índice de Substituição	Índice de Substituição
2010	φA normalizado	φIMP normalizado	$SI=(\varphi A \times \varphi IMP)$	$SI=(\varphi A + \varphi IMP)/2$
Madagascar	0,12980	0,68294	0,08864	0,40637
South Africa	1,00000	0,57157	0,57157	0,78579
Morocco	0,38149	0,09577	0,03653	0,23863
Africa	0,81748	0,48559	0,39696	0,65154
China	0,56530	0,58485	0,33062	0,57508
Bangladesh	1,00000	0,57134	0,57134	0,78567
India	1,00000	0,08356	0,08356	0,54178
Viet Nam	0,76305	0,00000	0,00000	0,38152
Turkey	0,11113	0,73654	0,08185	0,42384
Asia	1,00000	0,29732	0,29732	0,64866
Belgium	1,00000	0,10933	0,10933	0,55466
Czech Republic	0,16876	0,08891	0,01500	0,12883
France	0,15328	0,11389	0,01746	0,13359
Italy	0,00000	0,33660	0,00000	0,16830
Poland	0,09528	0,46341	0,04416	0,27935
Spain	0,09790	0,24762	0,02424	0,17276
Europe	0,00897	0,25742	0,00231	0,13319
USA	0,02784	0,48430	0,01348	0,25607
North and Central America	0,18103	0,48418	0,08765	0,33260
Argentina	0,01078	0,35590	0,00384	0,18334
Brazil	0,00047	0,23717	0,00011	0,11882
South America	0,01252	0,28848	0,00361	0,15050
World	0,08490	0,28884	0,02452	0,18687

Fonte: Autoria própria

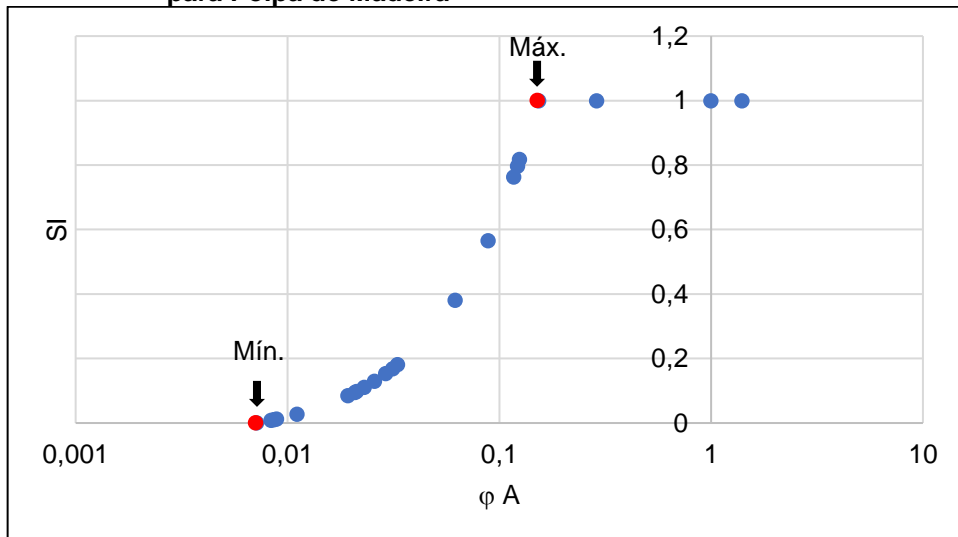
Esta função foi a que teve resultados para menor quantidade de países. Dos 112 países analisados, foi obtido resultado para apenas 17 países e 5 regiões. Isso se deve ao fato de poucas regiões do mundo registrarem produção de fibras alternativas para produção de papel.

A normalização seguida de corte foi necessária tanto para Razão da Disponibilidade, quanto para Razão do Preço de Importação.

Os gráficos 27 e 28 mostram o corte efetuado na Razão da Disponibilidade.

Gráfico 27 – Normalização da Razão da Disponibilidade para Polpa de Madeira

Fonte: Autoria própria

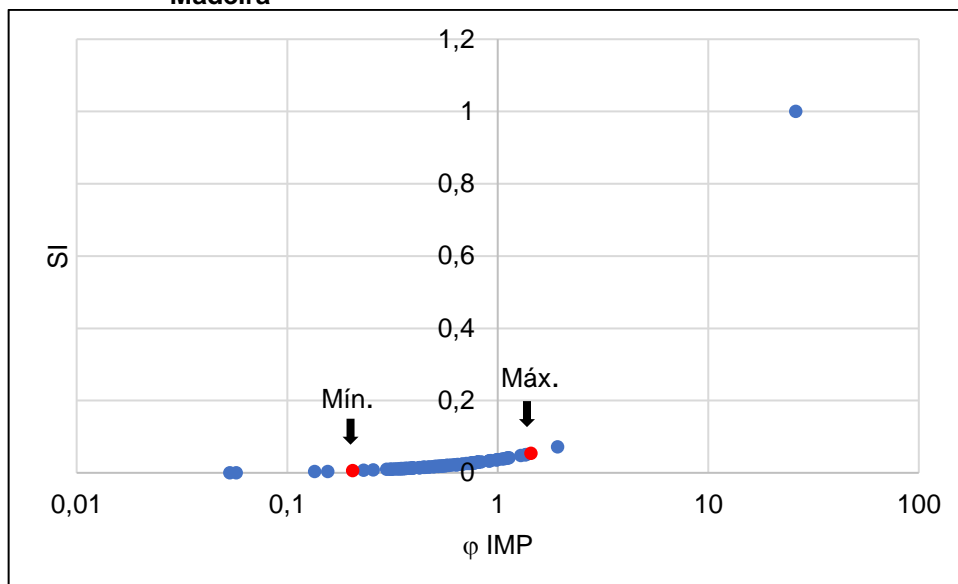
Gráfico 28 – Normalização com linha de corte da Razão da Disponibilidade para Polpa de Madeira

Fonte: Autoria própria

Propõe-se, então, considerar que os países com a Razão da Disponibilidade maior que 0,15 ($\varphi A > 0,15$) possuem alta disponibilidade de polpa de madeira em relação à polpa de outras fibras que não madeira, e que os países com a Razão da Disponibilidade menor que 0,007 ($\varphi A < 0,007$) possuem baixa disponibilidade de polpa de madeira em relação à polpa de outras fibras que não madeira, mantendo seus resultados em 1 e 0, respectivamente. Desta forma somente os países que se encontram na faixa ($0,15 > \varphi A > 0,007$) variam seus valores entre 0 e 1 de acordo com a escala proposta.

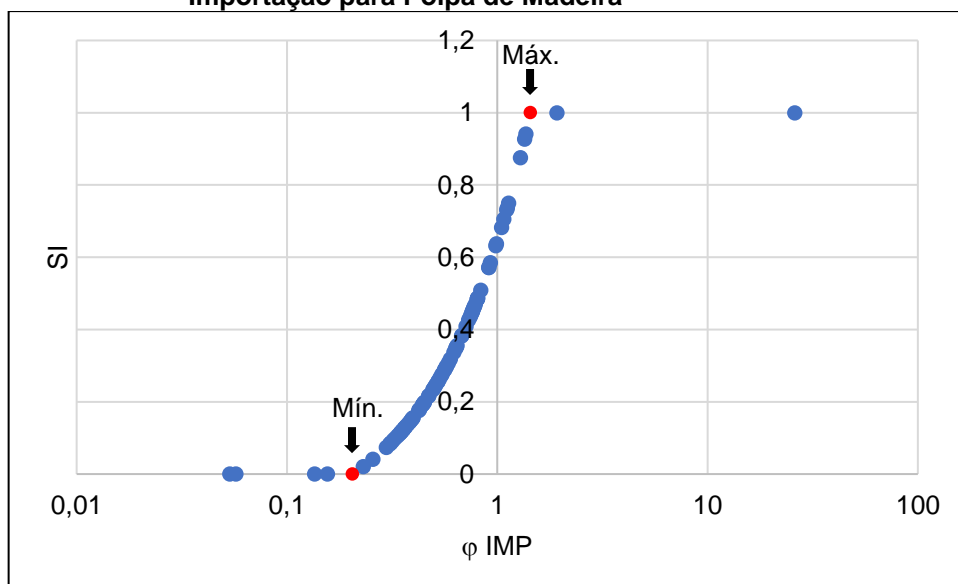
Na sequência os gráficos 29 e 30 mostram o corte efetuado na Razão do Preço de Importação de Polpa de Madeira.

Gráfico 29 – Normalização da Razão do Preço de Importação para Polpa de Madeira



Fonte: Autoria própria

Gráfico 30 – Normalização com linha de corte da Razão do Preço de Importação para Polpa de Madeira



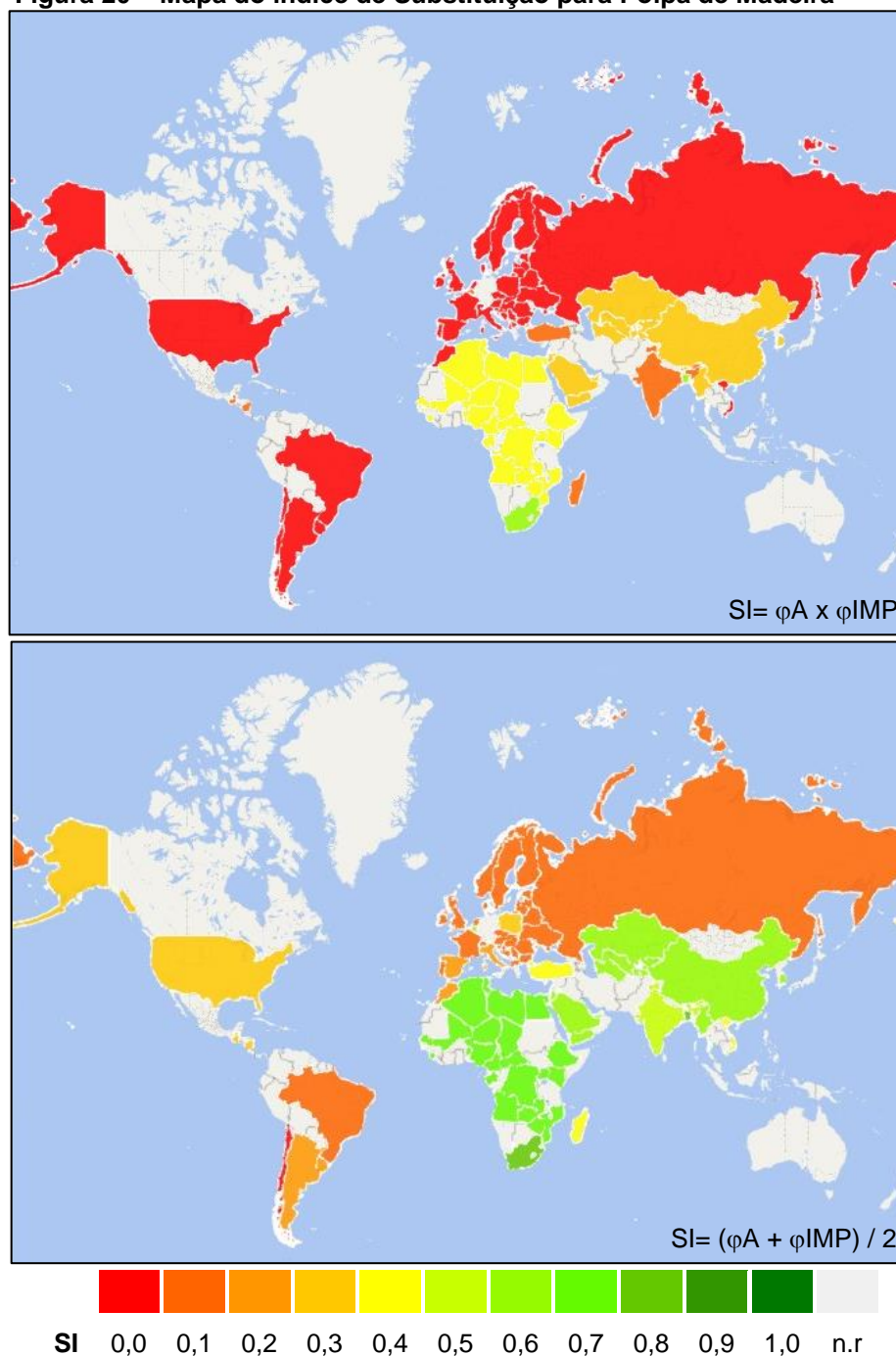
Fonte: Autoria própria

O corte foi realizado nos valores extremos chegando a indicação de que os países com Razão do Preço de Importação maior que 1,43 (ϕ IMP>1,43) têm baixo preço da polpa de madeira em relação à polpa de outras fibras que não madeira, e

que os países com Razão do Preço de Importação menor que 0,20 ($\phi_{IMP} < 0,20$) têm alto preço da polpa de madeira em relação à polpa de outras fibras que não madeira. Assim, os países que se encontram no intervalo ($1,43 > \phi_{IMP} > 0,20$) passam a ter valores da razão do preço de importação variando entre 0 e 1.

A figura 20 mostra os mapas dos países com seus respectivos Índices de Substituição.

Figura 20 – Mapa do Índice de Substituição para Polpa de Madeira



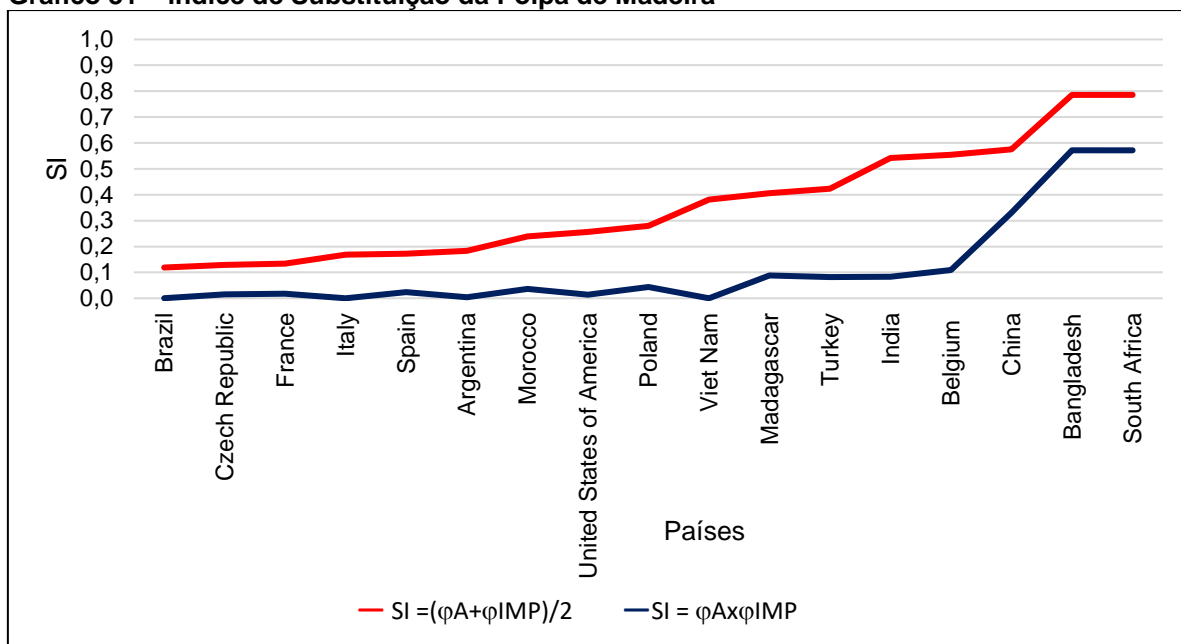
Fonte: Autoria própria

Nota: n.r. – países sem resultados

No geral a substituição de polpa de madeira por polpa de outras fibras que não madeira não é muito boa para nenhuma das propostas, sendo um pouco mais plausível se utilizar a equação por média.

O gráfico 31 mostra que o Índice de Substituição tem uma variação grande entre os países, mas a predominância é para um resultado não satisfatório.

Gráfico 31 – Índice de Substituição da Polpa de Madeira



Fonte: Autoria própria

A figura 21 exibe o percentual de países com resultados dentro da escala de 0 a 1, sendo que para média estão dispersos principalmente entre (0,1 e 0,4) e para multiplicação a maioria está em (0,0), tendo 10% dos países esse resultado. Isso aponta que a substituição da polpa de madeira por polpa de outras fibras que não madeira não é boa.

Figura 21 – Distribuição do percentual de países na escala do Índice de Substituição da Polpa de Madeira

SI	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	n.r
SI=(φA+φIMP)/2	0%	3%	4%	2%	3%	1%	2%	0%	2%	0%	0%	83%
SI=φA x φIMP	10%	4%	0%	1%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	83%

Fonte: Autoria própria

Os resultados apresentados por EC (2010) mostram que a substituição da polpa de madeira é pouco viável devido às suas aplicações, contudo existe a possibilidade da redução de seu uso por meio de alternativas eletrônicas. Igualmente, os resultados deste estudo apontam para uma maior dificuldade da substituição da polpa de madeira. Ainda assim, como anteriormente, cabe ressaltar que estes resultados não podem ser comparados diretamente por não utilizarem os mesmos indicadores.

Outro fator que deve ser considerado para a dificuldade de substituição é que de acordo com Da Silva (2017), a produção de polpa de outras fibras é muito rudimentar em relação à produção mundial de polpa de madeira. Por esse motivo, justificasse o alto percentual de países sem resultados. Considerando estas questões a alternativa por multiplicação foi a que teve resultados mais próximos da realidade.

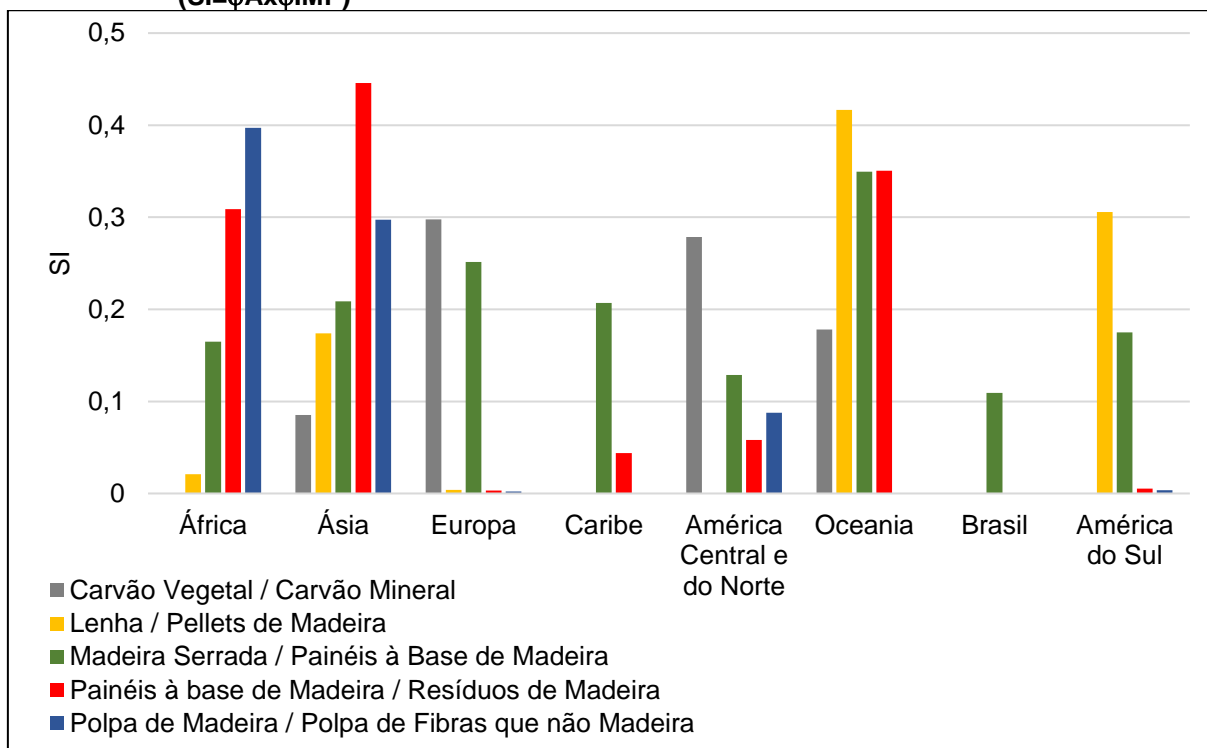
4.4.6 Comparação entre os Índices de Substituição por Região

Posteriormente à realização de todos os cálculos necessários para aquisição dos Índices de Substituição por país, foi traçado um paralelo entre os resultados de cada região.

O padrão dos resultados é similar para as duas alternativas apresentadas pelo método, tendo variação somente nas regiões da Europa e Américas Central e do Norte.

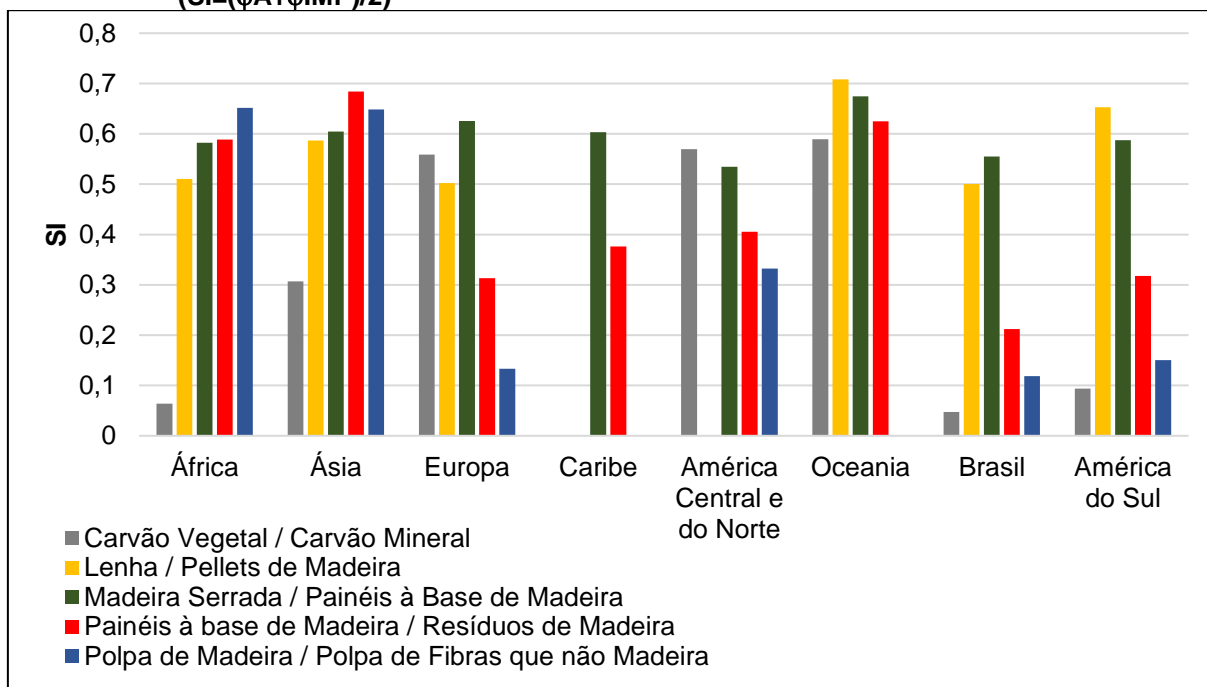
As regiões onde existe melhor perspectiva de substituição de polpa de madeira e painéis à base de madeira são a Ásia e a África. O carvão vegetal de madeira e a madeira serrada são melhor substituíveis na Europa e na Oceania. E por fim, a lenha tem um Índice de Substituição maior na América do Sul. O Brasil apresenta melhor substituição para madeira serrada e lenha. Estes resultados podem ser percebidos nos gráficos 32 e 33, os quais mostram os resultados de cada função por região assim como para o Brasil.

Gráfico 32 – Comparativo do Índice de Substituição entre as regiões do mundo e o Brasil
($SI = \phi A \times \phi IMP$)



Fonte: Autoria própria

Gráfico 33 – Comparativo do Índice de Substituição entre as regiões do mundo e o Brasil
($SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$)



Fonte: Autoria própria

No geral o que pode ser afirmado é que ao se aplicar o método por multiplicação os resultados são sempre inferiores. Ainda que a média apresente resultados

indicando uma melhor possibilidade de substituição, se as duas alternativas forem comparadas, poderá se observar que elas apresentam o mesmo padrão, não sendo opostas em nenhuma situação. Outro ponto é que quando um dos indicadores for zero, o Índice também será, o que já era previsto na proposta, pois quando não se tem disponibilidade do substituto ou seu preço é inacessível, a substituição se torna inviável. Já na aplicação do método por média isso não acontece, pois para que o Índice seja baixo os dois indicadores também deverão ser, o que não é de todo negativo, já que no caso da utilização de recursos madeireiros existe a possibilidade de importação, o que não acontece no caso de recursos hídricos, por exemplo.

Outro ponto a ser destacado é que a alternativa utilizando a média entre os dois indicadores apresentou melhores resultados para o carvão vegetal de madeira e para os painéis à base de madeira, enquanto que a alternativa por multiplicação foi melhor para as outras funções (lenha, madeira serrada e polpa de madeira). Por isso, assume-se que a média seja a melhor alternativa, no sentido de representar melhor a realidade, para ser utilizada no cálculo do Índice de Substituição.

No seguimento é realizada uma análise dos resultados até então apresentados.

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para verificação da confiabilidade do método os resultados passaram por análises quanto a sua eficácia e qualidade. Esta análise é mostrada nos itens a seguir.

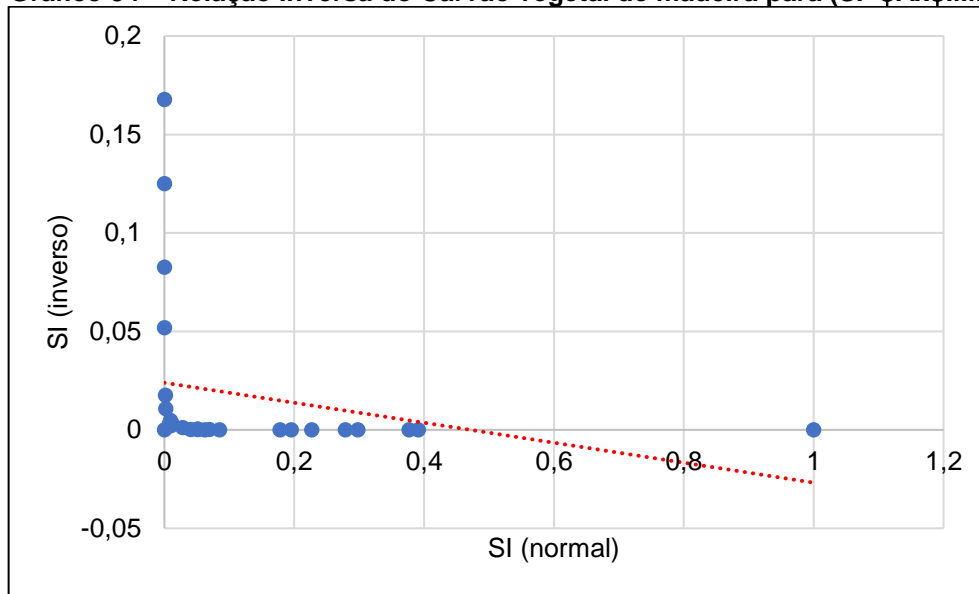
4.5.1 Verificação da Relação Inversa dos Índices de Substituição

Com a finalidade de verificar se os resultados obtidos possuem a relação inversa, ou seja, se a substituição da função da madeira pelo seu substituto é inversamente proporcional à substituição do substituto pela função da madeira; os cálculos foram refeitos invertendo as razões para então checar esta analogia.

Para cada uma das funções são apresentados dois gráficos, um para cada opção do método, relacionando os Índices de Substituição com os seus inversos.

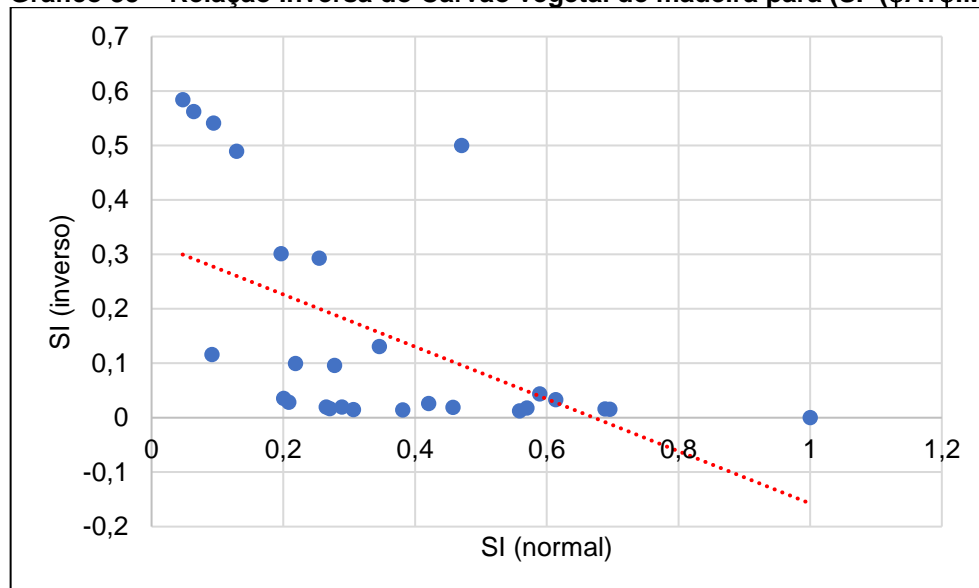
Estas relações são expostas da seguinte maneira: gráficos 34 e 35 para carvão vegetal de madeira; gráficos 36 e 37 para lenha; gráficos 38 e 39 para madeira serrada; gráficos 40 e 41 para painéis à base de madeira; e gráficos 42 e 43 para polpa de madeira.

Gráfico 34 – Relação Inversa do Carvão vegetal de madeira para $(SI=\phi A \phi IMP)$



Fonte: Autoria própria

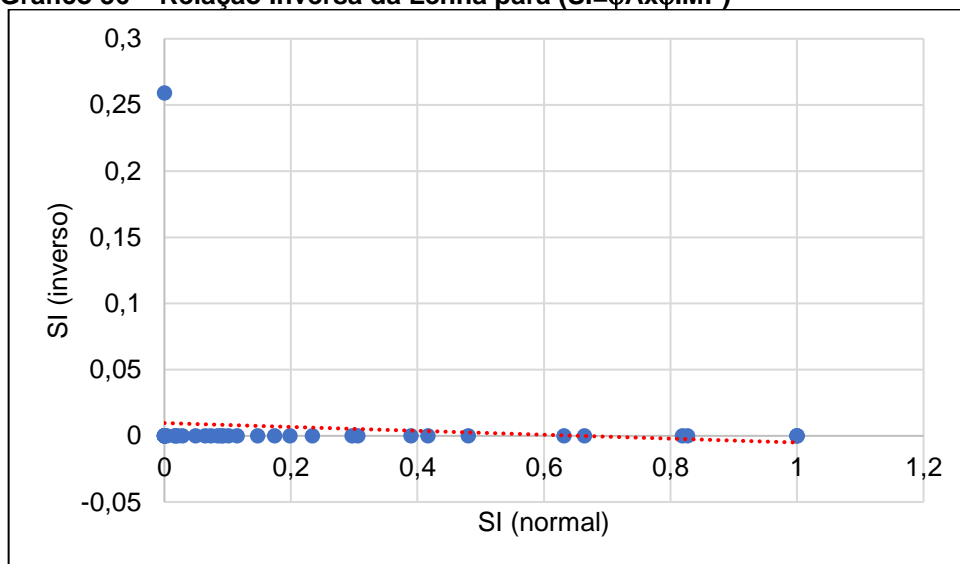
Gráfico 35 – Relação Inversa do Carvão vegetal de madeira para $(SI=(\phi A + \phi IMP)/2)$



Fonte: Autoria própria

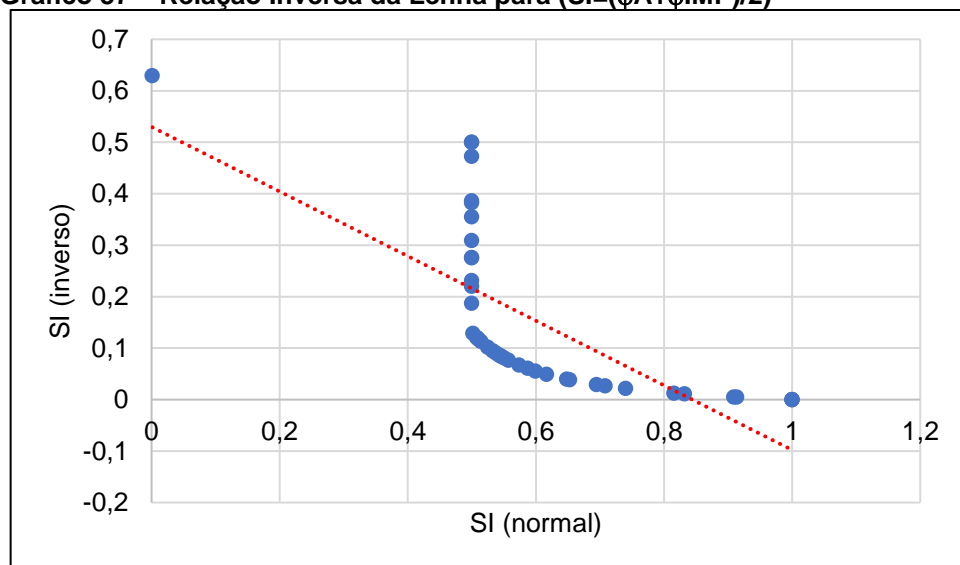
A melhor alternativa do método, de acordo com a relação inversa, para carvão vegetal de madeira aparentemente é a aplicação por média, confirmando o que foi apresentado pelos resultados dos Índices de Substituição.

Gráfico 36 – Relação Inversa da Lenha para $(SI=\phi A \times \phi IMP)$



Fonte: Autoria própria

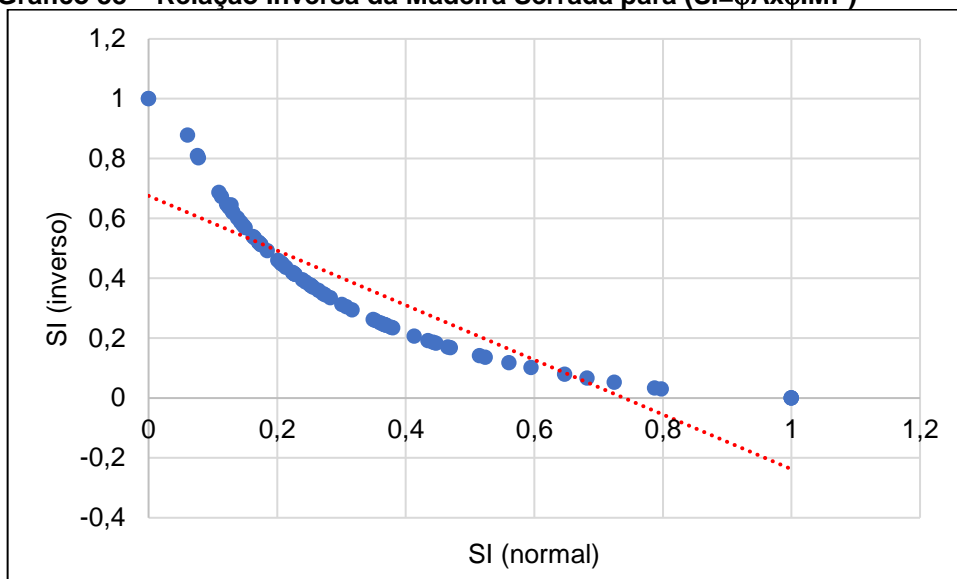
Gráfico 37 – Relação Inversa da Lenha para $(SI=(\phi A + \phi IMP)/2)$



Fonte: Autoria própria

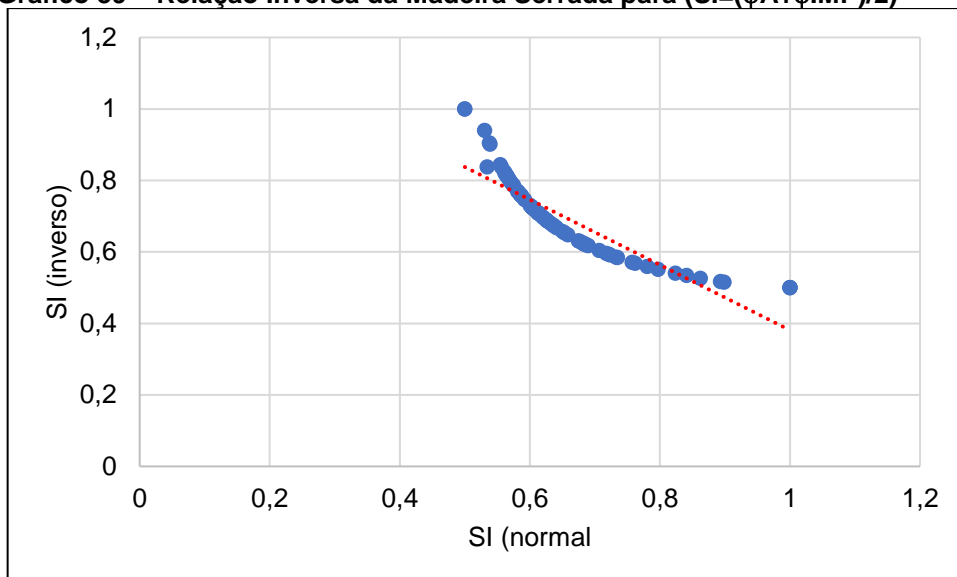
Para lenha a melhor relação inversa também foi apresentada pela média.

Gráfico 38 – Relação Inversa da Madeira Serrada para $(SI=\varphi A x \varphi IMP)$



Fonte: Autoria própria

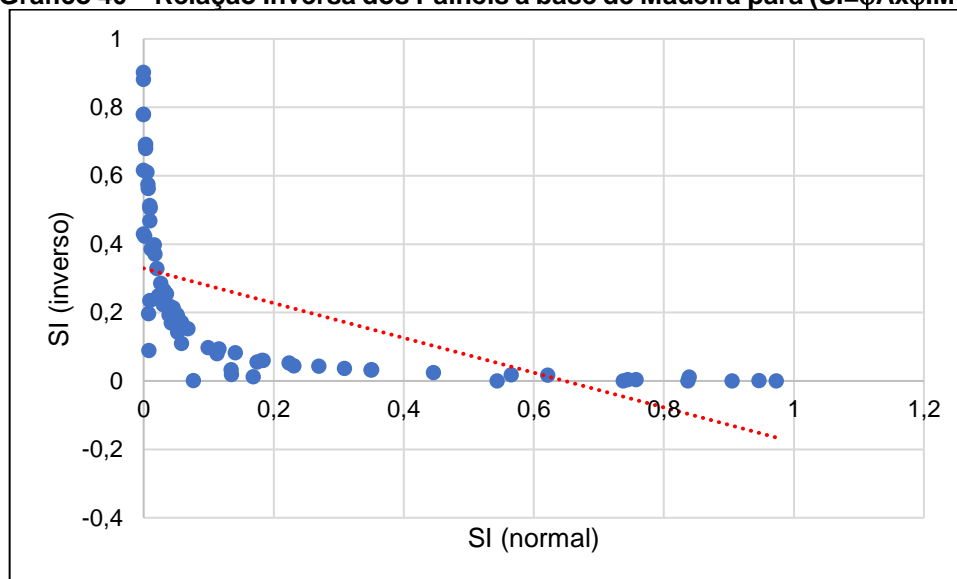
Gráfico 39 – Relação Inversa da Madeira Serrada para $(SI=(\varphi A + \varphi IMP)/2)$



Fonte: Autoria própria

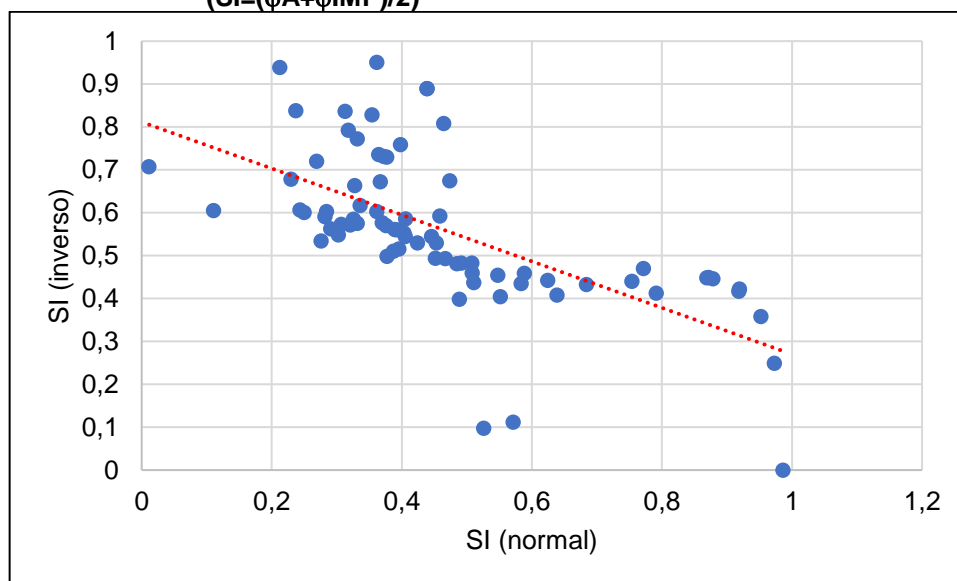
Já para madeira serrada, as duas alternativas apresentam uma relação inversa similar e adequada para ambas as situações.

Gráfico 40 – Relação Inversa dos Painéis à base de Madeira para $(SI=\varphi A \times \varphi IMP)$



Fonte: Autoria própria

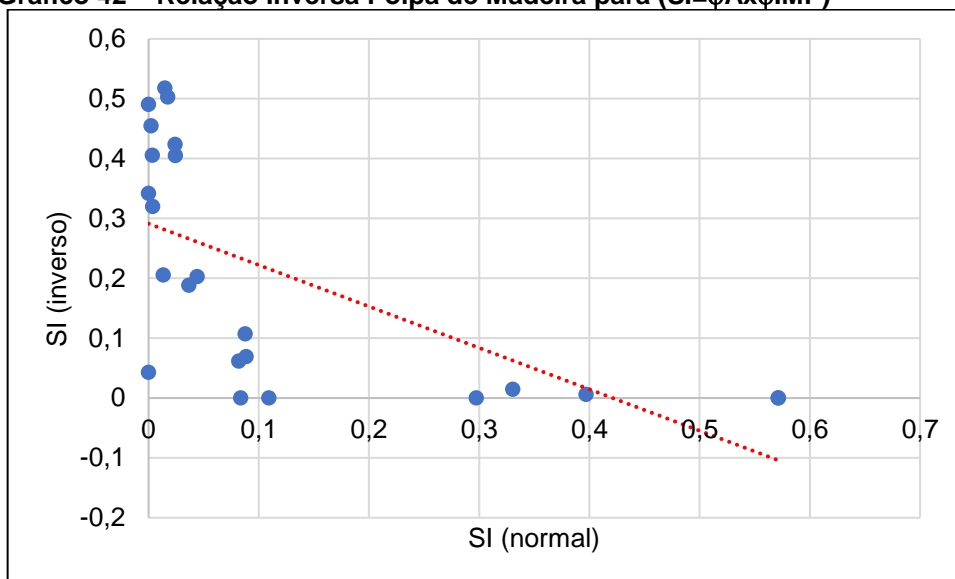
Gráfico 41 – Relação Inversa dos Painéis à base de Madeira para $(SI=(\varphi A + \varphi IMP)/2)$



Fonte: Autoria própria

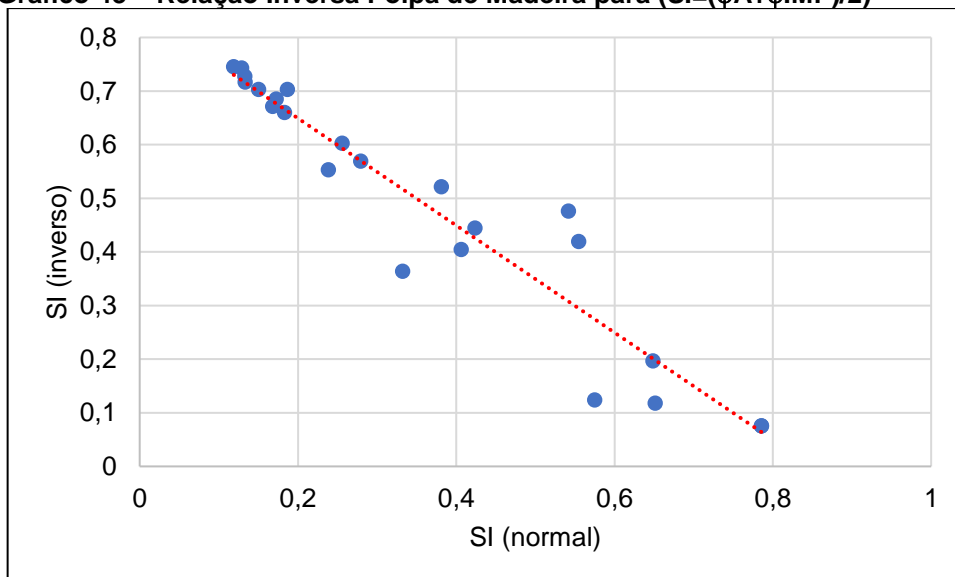
No caso dos painéis à base de madeira as duas opções têm uma relação similar, mas a média ainda é um pouco melhor. No entanto, também difere do que foi apontado no que se refere aos resultados do Índice de Substituição.

Gráfico 42 – Relação Inversa Polpa de Madeira para $(SI=\phi A \times \phi IMP)$



Fonte: Autoria própria

Gráfico 43 – Relação Inversa Polpa de Madeira para $(SI=(\phi A + \phi IMP)/2)$



Fonte: Autoria própria

E para a função polpa de madeira a aplicação do método por média apresenta uma relação inversa mais apropriada, também destoando dos resultados obtidos nos Índices de Substituição.

Em suma, não é possível afirmar qual das duas opções do método é mais acertada, uma vez que para cada função a relação inversa apresenta-se diferente. Todavia, todas as funções tiveram suas relações inversas comprovadas, o que indica

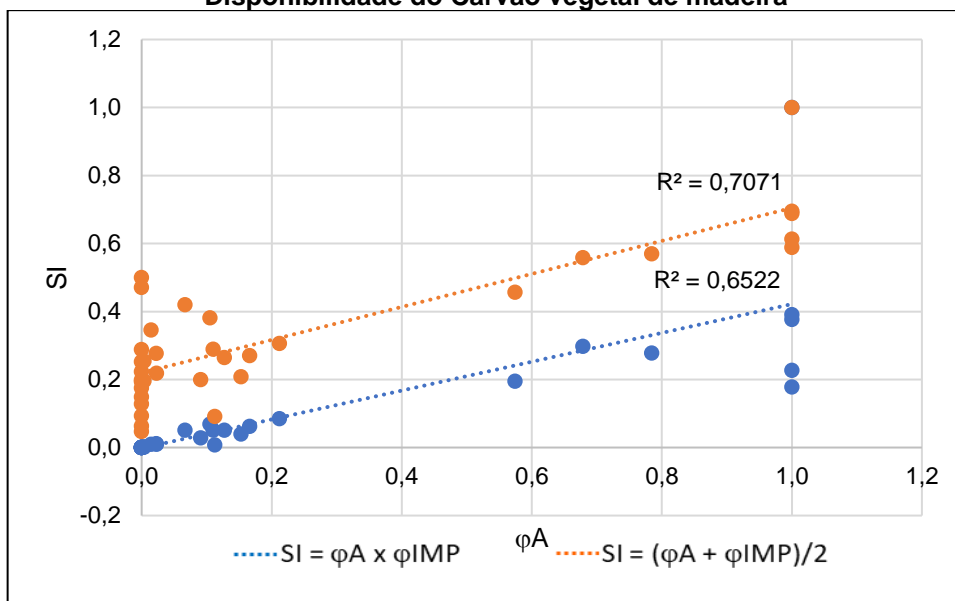
que o método está apresentando resultados coerentes de acordo com a proposta do estudo.

4.5.2 Análise de Regressão para os Índices de Substituição

Com o intuito de avaliar a relação entre as variáveis (Razão da Disponibilidade e Razão do Preço de Importação) utilizadas no método com o resultado obtido para o Índice de Substituição, foi realizada uma análise de regressão linear dos resultados obtidos para cada uma das 5 funções individualmente para as duas propostas (multiplicação e média). Sendo determinado para cada caso o modelo mais representativo, por meio de linhas de tendência, e do coeficiente de determinação (R^2).

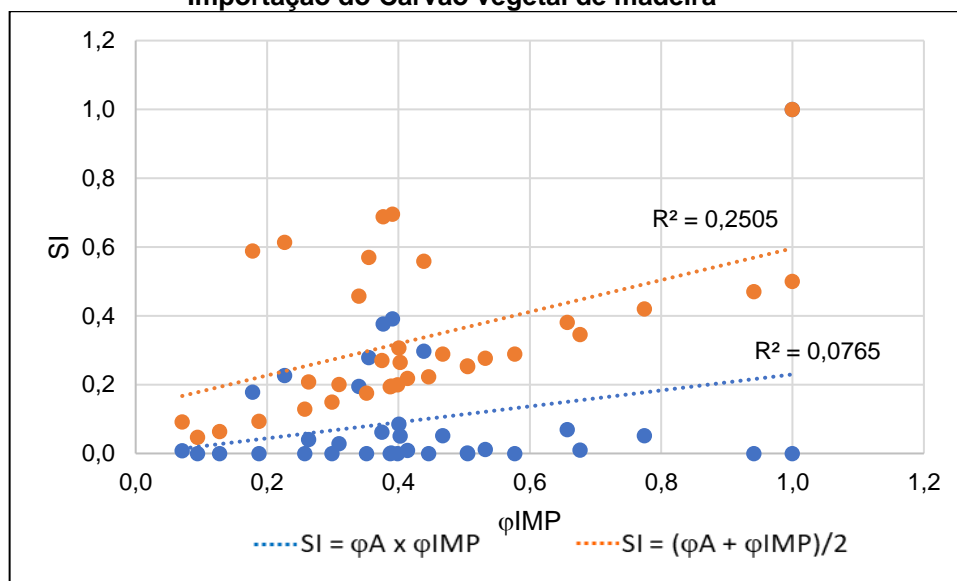
Os gráficos indicam a relação entre o Índice de Substituição e os indicadores empregados para a obtenção deste, da seguinte forma: gráficos 44 e 45 - carvão vegetal de madeira; gráficos 46 e 47 - lenha; gráficos 48 e 49 - madeira serrada; gráficos 50 e 51 - painéis à base de madeira; e gráficos 52 e 53 - polpa de madeira.

Gráfico 44 – Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade do Carvão vegetal de madeira



Fonte: Autoria própria

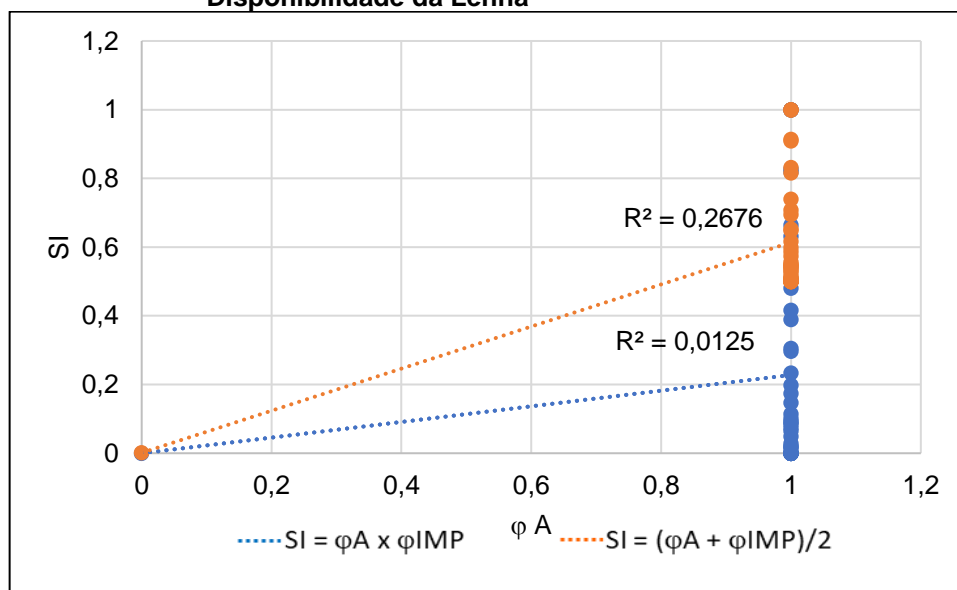
Gráfico 45 – Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação do Carvão vegetal de madeira



Fonte: Autoria própria

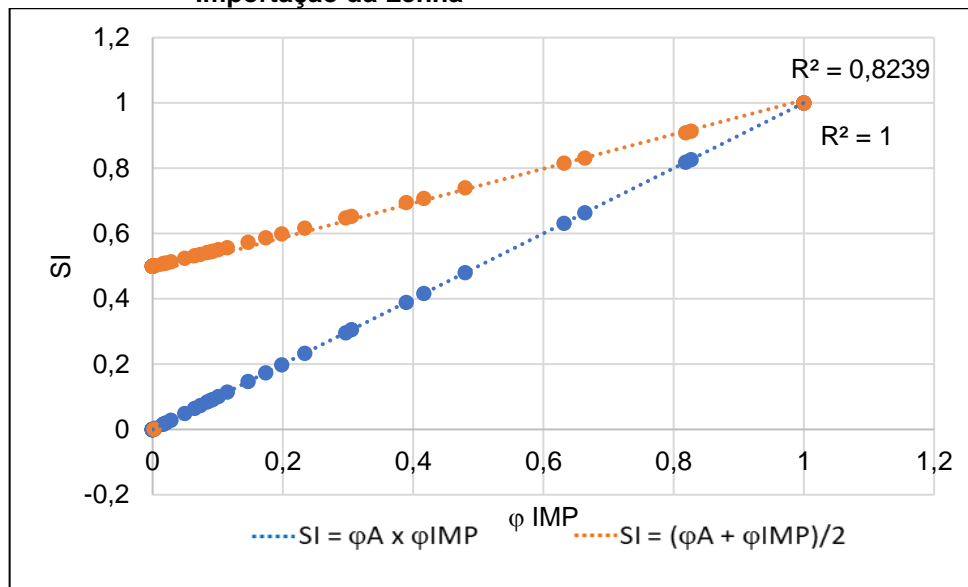
Para a função carvão vegetal de madeira os resultados do Índice de Substituição estão mais relacionados com a Razão da Disponibilidade, e muito pouco influenciados pela Razão do Preço de Importação. Isto mostra que a disponibilidade de carvão mineral tem um peso maior nos resultados obtidos, sendo que a alternativa por multiplicação apresenta um resultado um pouco mais equilibrado entre os dois indicadores.

Gráfico 46 – Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade da Lenha



Fonte: Autoria própria

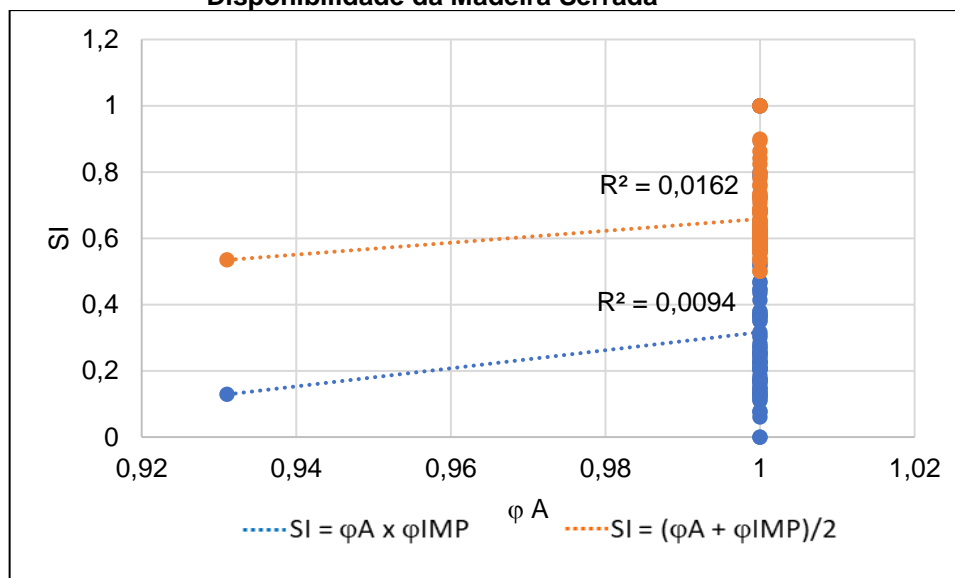
Gráfico 47 – Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação da Lenha



Fonte: Autoria própria

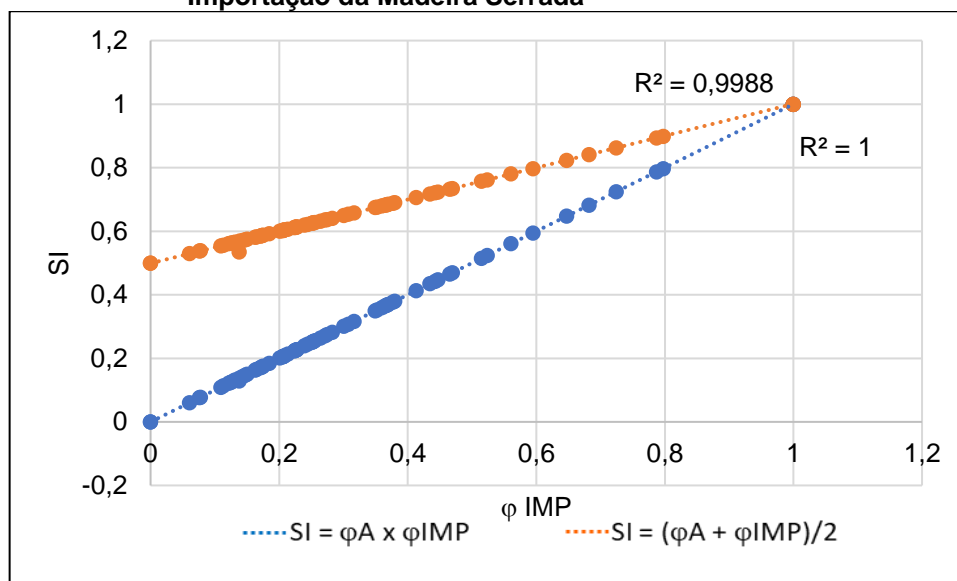
Para função lenha a relação é oposta, ou seja, o Índice de Substituição, está sendo influenciado basicamente pela razão do preço de importação. Isso indica que quanto menor for o preço dos *pellets* de madeira, maior será o Índice, sendo a alternativa por média um pouco mais contrabalançada.

Gráfico 48 – Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade da Madeira Serrada



Fonte: Autoria própria

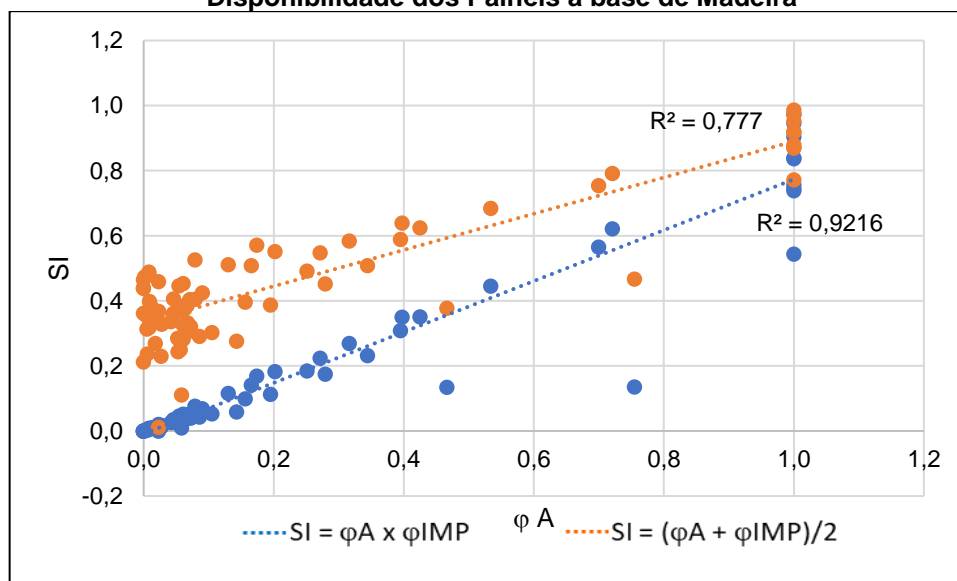
Gráfico 49 – Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação da Madeira Serrada



Fonte: Autoria própria

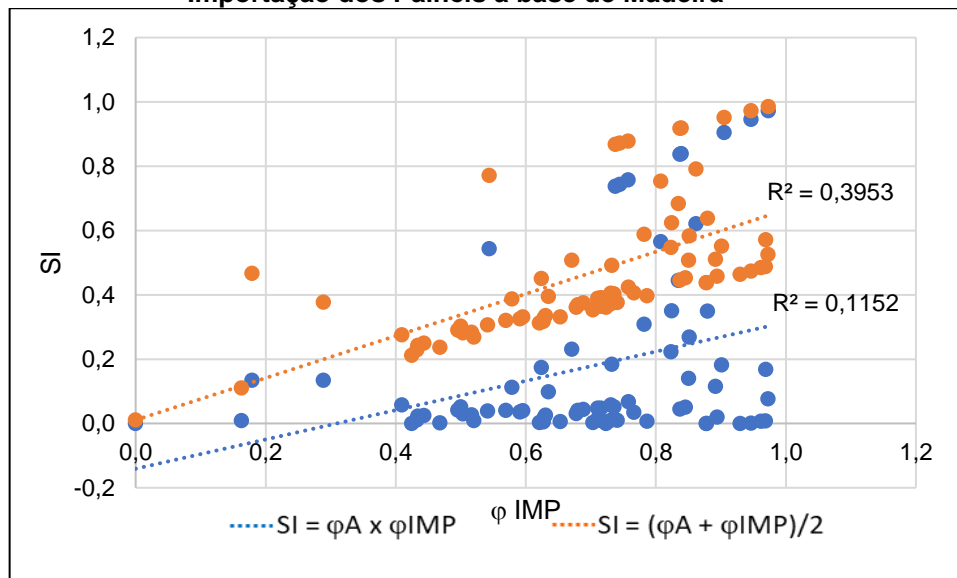
O mesmo acontece para função da Madeira Serrada, que tem o Índice de Substituição muito mais dependente do preço dos painéis à base de madeira. Neste caso a média também é mais razoável, pois a multiplicação não tem interferência nos resultados.

Gráfico 50 – Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade dos Painéis à base de Madeira



Fonte: Autoria própria

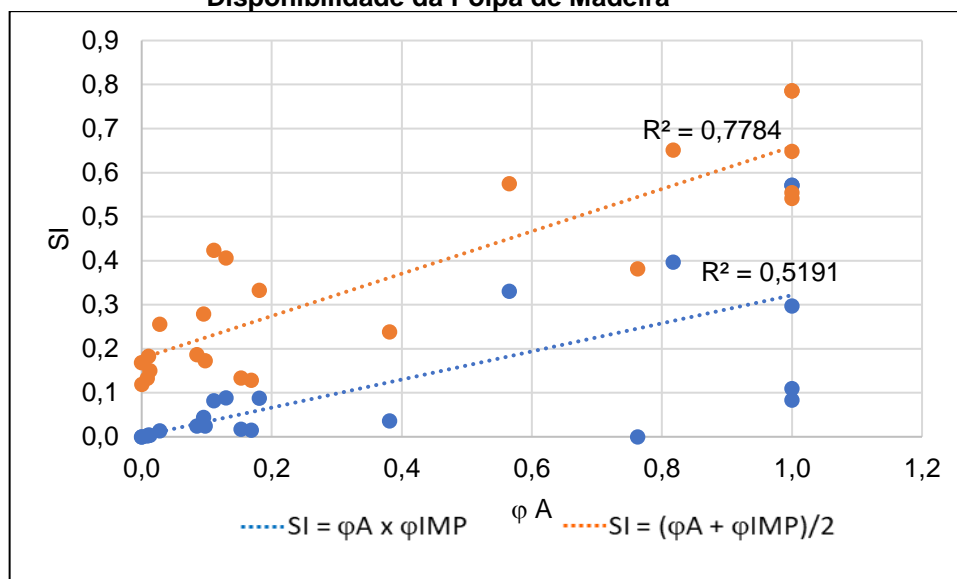
Gráfico 51 – Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação dos Painéis à base de Madeira



Fonte: Autoria própria

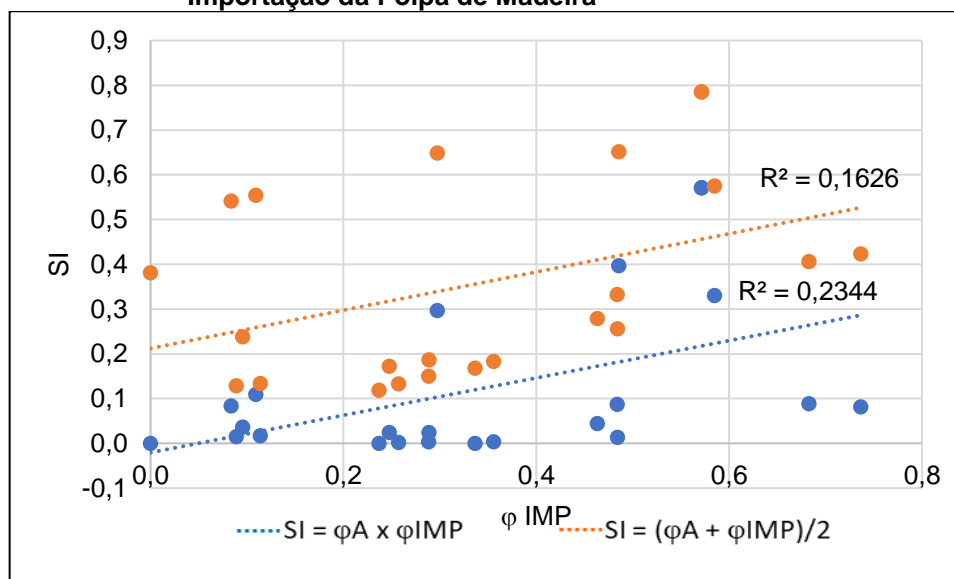
Para a função painéis à base de madeira a relação é similar à função carvão vegetal de madeira, a qual apresenta uma dependência do Índice de Substituição, muito mais ligada à disponibilidade dos resíduos de madeira. E alternativa por média é um pouco mais equilibrada.

Gráfico 52 – Relação entre o Índice de Substituição e a Razão da Disponibilidade da Polpa de Madeira



Fonte: Autoria própria

Gráfico 53 – Relação entre o Índice de Substituição e Razão do Preço de Importação da Polpa de Madeira



Fonte: Autoria própria

E a função que apresentou a relação mais equilibrada foi a polpa de madeira, para a alternativa por multiplicação. Mesmo assim, ainda possui uma influência maior da Razão da Disponibilidade sobre o Índice de Substituição.

Ao analisar estas relações é plausível afirmar que ainda que os indicadores (φA e φIMP) tenham sido aplicados nas equações com pesos iguais, eles não mantêm a esta relação nos resultados, tendo um efeito distinto do esperado. Além disso, as alternativas não apresentam um padrão, o que dificulta uma indicação precisa de qual é a mais harmônica e com maior potencial para aplicação do método.

Como os resultados dos indicadores passaram por um corte eliminando valores extremos para reduzir possíveis influências de dados não expressivos, sugere-se que, em um avanço do trabalho, seja realizada uma análise de sensibilidade com a finalidade de avaliar se este corte alterou de forma relevante os resultados.

4.5.3 Avaliação do Método

Na sequência é feita uma avaliação do método conforme os critérios de qualidade apresentados no quadro 14. Considerando que a avaliação foi qualitativa e aplicada pela autora do método, ou seja, foi realizada em forma de análise crítica, sugere-se que futuramente esta avaliação seja refeita por um possível usuário do

método, por meio de questionário específico a ser aplicado durante a utilização do método, aumentando assim a sua confiabilidade.

Quadro 14 – Avaliação do Método

Critérios	alta	média	baixa
Operacionalidade	x		
Eficiência		x	
Generalidade		x	
Facilidade de uso / reprodutibilidade	x		
Comparação	x		
Representação da realidade		x	
Utilidade		x	

Fonte: Autoria própria

De acordo com a pontuação do quadro 14 é possível afirmar que:

- a) o método é operacional, pois fornece os resultados dos Índices de Substituição para as funções da madeira como proposto;
- b) trata-se de um método eficiente, já que seus resultados são claros e objetivos, contudo depende da obtenção de dados, que em alguns casos se torna difícil, além de necessitar de uma avaliação qualitativa do desempenho dos recursos;
- c) pode-se afirmar que o método é genérico no sentido de ter uma aplicação global, contudo tem uma limitação no quesito de aplicação para outros recursos, se estes não forem naturais, o cálculo da disponibilidade deve ser adaptado;
- d) é um método fácil de aplicar e possível de reproduzir com exatidão por qualquer pesquisador da área de recursos em AICV;
- e) se comparado a outros métodos de substituição, apresenta a vantagem da identificação do substituto, fato que não ocorre nos demais métodos pesquisados (De Bruille et al., 2014 e EC, 2010), os quais indicam apenas se o recurso é substituível ou não;
- f) representa a realidade de forma parcial, necessitando de uma futura avaliação de especialistas, e uma análise de sensibilidade;
- g) os resultados são úteis não somente para aplicação em modelos de caracterização de AICV que possuem a abordagem em substituição, mas também em áreas que busquem identificar alternativas do uso de recursos, todavia, esta aplicação não é direta, necessitando de novos estudos.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta as conclusões resultantes do estudo e contribuições que o método desenvolvido oferece para a comunidade de AICV. Além disso, são relatadas algumas limitações que podem ser oportunidades de pesquisas futuras.

5.1 CONCLUSÕES

Este trabalho contribui por meio da disponibilização de um método de substituição quantitativo com potencial para aplicação em AICV. A maioria dos modelos de caracterização de recursos em AICV de ponto final trabalham com a exploração do recurso para avaliar a sua escassez. O método desenvolvido oferece uma alternativa a isto, indicando a capacidade de substituição da madeira com ênfase na sua funcionalidade. Quesitos estes que vêm sendo indicados como promissores na avaliação de impacto no uso de recursos.

Com relação ao objetivo principal, pode-se afirmar que este estudo satisfaz plenamente o escopo fundamental, que era proporcionar um método que pudesse calcular um índice de substituição para as principais funções da madeira. Este índice foi calculado para os países com dados disponíveis e acessíveis. Além de fornecer índices de substituição para madeira, este método pode ser aplicado para outros recursos.

Outras contribuições importantes são: fornece uma classificação que determina a funcionalidade da madeira e indica seus principais usos; identifica e avalia substitutos para cada uma das funções da madeira estabelecidas; oferece duas alternativas para aplicação do método.

As principais conclusões após a aplicação do método são as seguintes:

- a) quanto a funcionalidade da madeira:
 - a. a madeira pode ser classificada em diversos níveis de acordo com a sua cadeia produtiva;
 - b. o nível selecionado foi aquele que era possível obter um substituto para madeira de acordo com o uso final, ou seja, nível esse no qual a madeira é a matéria-prima principal do produto que determina a função;

- c. a aplicação do método pode ser ampliada para outras funções, dentro dos níveis da sua cadeia produtiva.
- b) quanto aos substitutos:
- a. os substitutos analisados foram aqueles que já são utilizados para desempenhar a mesma função da madeira;
 - b. os substitutos foram selecionados conforme o desempenho similar da madeira, mas sobretudo de acordo com a disponibilidade de dados para aplicação do método;
 - c. outros substitutos podem ser escolhidos, principalmente se o método for aplicado de maneira pontual, com coleta de dados específica.
- c) quanto aos índices de substituição:
- a. a maioria das funções apresentou de forma geral índices inferiores a 0,5 dentro da escala de 0 a 1;
 - b. os índices são específicos para cada função e apresentam distinções regionais;
 - c. os resultados dos índices refletem parcialmente a realidade;
- d) quanto às alternativas de aplicação do método:
- a. foram disponibilizadas duas alternativas para aplicação do método, uma segue o princípio validado no método utilizado como base e o segundo é uma opção ao primeiro considerando que os indicadores precisam ser diferentes de zero para que a substituição seja viável;
 - b. a segunda alternativa apresenta uma relação física dos indicadores com o índice de substituição, o que não ocorre necessariamente na primeira alternativa.

O presente estudo apresentou resultados relevantes, todavia, ele também apresenta algumas limitações. Acredita-se que estas limitações possam ser transformadas em oportunidades para o desenvolvimento de novas pesquisas acerca deste assunto.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Este trabalho teve seu foco em recursos bióticos, especificamente na madeira. O método foi desenvolvido e aplicado para madeira, mas a sua adaptação é perfeitamente viável para outros recursos, contudo, ele é particularmente aplicável para recursos naturais. Uma oportunidade de pesquisa é identificar uma forma de calcular a disponibilidade de outros recursos sem considerar seu estoque.

Outro ponto a destacar é que o método possui uma avaliação estática, ou seja, ele é dependente de dados temporais, refletindo a realidade do período ao qual é aplicado. Considerando que os recursos bióticos são renováveis, recomenda-se avaliar a possibilidade de acrescentar variáveis relativas à renovabilidade do recurso.

A dependência da disponibilidade de dados para aplicação do método limitou a identificação de substitutos, principalmente no caso de novas alternativas ainda em desenvolvimento. Por essa razão, a sugestão é adaptar o método para aplicação de forma regional ou até mesmo local, e para uma única função, de maneira que os dados sejam coletados especificamente para utilização da pesquisa.

Por fim, a última recomendação é que se estude a interação do método no desenvolvimento de um modelo de caracterização em AICV, com o intuito de obter fatores de caracterização para recursos, utilizando a substituição como um de seus parâmetros de avaliação.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14044: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2006. 51p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14042: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida - Avaliação do impacto do ciclo de vida**. Rio de Janeiro, 2009. 17p.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2008. 233 p.

BACH, Vanessa et al. Assessing the availability of terrestrial biotic materials in product systems (BIRD). **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 137, 2017.

BAKSY, Aniket. The bamboo industry in India: supply chain structure, challenges and recommendations. **CCS working Paper**, 2013.

BARRICHELO, Luiz ; BRITO, José O. **A utilização da madeira na produção de celulose**. Piracicaba, SP : IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1979. 12p.

BERLIK, Mary M. et al. The illusion of preservation. **Harvard Forest Paper**, n. 26, 2002.

BIAZUS, André et al. Panorama de mercado: painéis de madeira. **BNDES Setorial**, n. 32, set. 2010, p. 49-89, 2010.

BORBA, Roberto F. Carvão mineral. **Balanco mineral brasileiro**, 2001.

BOULAY, Anne-Marie et al. Categorizing water for LCA inventory. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.16, p.639–651, 2011.

BP (2011). Statistical review of world energy, 2011.

BRAND, Martha A. et al. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Floresta**, v. 32, n. 2, 2002.

BRANDT, Adam R. Review of mathematical models of future oil supply: historical overview and synthesizing critique. **Energy**, v. 35, n. 9, p. 3958-3974, 2010.

BRITO, Edvá O. Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação de madeira. **Revista da Madeira**, v. 4, n. 26, p. 34-39, 1995.

BRITO, José O. O uso energético da madeira. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.

BUAINAIN, Antonio M. e BATALHA, Mário O. Cadeia produtiva de madeira. v. 6. Brasília: Bib. Orton IICA/CATIE, 2007.

BUIJS, Bram et al. Limits to the critical raw materials approach. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management. London**, v. 165, n. 4, p. 201-208, 2012.

CHAOWANA, Pannipa. Bamboo: An alternative raw material for wood and wood-based composites. **Journal of Materials Science Research**, v. 2, n. 2, p. 90, 2013.

CHAPMAN, Adrian et al. Study on Critical Raw Materials at EU Level. **Oakdene Hollins: Buckinghamshire, UK**, 2013. 158 p.

CIROTH, Andreas. Cost data quality considerations for eco-efficiency measures. **Ecological Economics**, v. 68, n. 6, p. 1583-1590, 2009.

CONSOLI, Frank et al. Guidelines for life-cycle assessment. **A Code of Practice**, 1993.

COULOMB, Renaud et al. Critical Minerals Today and in 2030. 2015.

COUNTRYSTAT - Food and Agriculture Data Network. **Fao Forestry**. Disponível em: <<http://countrystat.org/home.aspx?c=FOR&tr=4>> Acesso em: jul. 2017.

CRENNA, Eleonora; SOZZO, Sara; SALA, Serenella. Natural biotic resources in LCA: Towards an impact assessment model for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3669-3684, 2018.

DA COSTA, Lourdes P. E. et al. Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii* (Engelm.). **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, 2005.

DA SILVA, Dimas A. et al. A indústria de *pellet* e perspectivas de mercado. Artigo Científico publicado em 2012.

DA SILVA, Dimas A. Entrevista realizada como especialista da área de Engenharia Florestal, em 16 novembro 2017.

DE BRUILLE, Vincent. et al. Competition Index for Mineral Resources Based on Functionality and Substitutability. **Submitted to Environmental Science & Technology**, 2014. (under review)

DE HAES, H. Udo et al. Life cycle impact assessment: striving towards best practice. **SETAC Press Proceedings**, 2002.

DHAMODARAN, T. K. et al. Bamboo for Pulp and Paper. A State of the Art Review With Annotated Bibliography. p. (38), 2003.

DUTRA, Reinaldo. I. J. P. et al. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 5, p. 1-10, 2005.

EC - European Commission. Critical raw materials for the EU. **Report of the ad-hoc working group on defining critical raw materials**. 2010. 85 p.

EC - European Commission. Critical raw materials for the EU. **Report of the ad-hoc working group on defining critical raw materials**. 2014. 41 p.

EC - European Commission. Report on critical raw materials for the EU. **Non- critical raw materials Profiles**. [201-]. 138 p.

EC-JRC - European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (**ILCD Handbook-Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context**). First Edition, Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2011. 145 p.

EMAMGHEIS, Farshid. E. **A Novel Methodology for the Assessment of the Direct and Indirect Impacts Associated with the Depletion of Fossil Resources in Life Cycle Assessment**. 2013. 137 f. (Tese de Doutorado) Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica de Montreal, 2013.

EMANUELSSON, Andreas et al. Accounting for overfishing in life cycle assessment: new impact categories for biotic resource use. **International Journal of Life Cycle Assessment**. Vol. 19, p. 1156-1168, 2014.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. **Rio de Janeiro**, 2017.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Unified bioenergy terminology (UBET)**. Rome, 2004. 50 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Yearbook. Forest products 2009-2013**. Rome, 2013. 358 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global Forest Resources Assessment 2015 (FRA)**. Terms and definitions. Rome, 2012. 31 p.

FAOSTAT. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>> Acesso em: jul. 2017.

FERRANTE, Maurizio; WALTER, Yuri. **A materialização da ideia: noções de materiais para design de produto**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

FONSECA, Matt et al. Forest product conversion factors for the UNECE Region. **Geneva Timber and Forest Discussion Papers**, n. 49, 2010.

GLÖSER, Simon et al. Raw material criticality in the context of classical risk assessment. **Resources Policy**, v. 44, p. 35-46, 2015.

GRAEDEL, Thomas E. et al. Methodology of metal criticality determination. **Environmental science & technology**, v. 46, n. 2, p. 1063-1070, 2012.

HEIJUNGS, Reinout et al. **Impact categories for natural resources and land use: survey and analysis of existing and proposed methods in the context of environmental life cycle assessment**. Universitair Grafisch Bedrijf - Centre of Environmental Science (CML). Leiden, 1997. 40p.

IBICT - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Ontologia ACV. Disponível em: <http://ontologia.acv.ibict.br/data/M3_deplecao_dos_recursos_naturais_oacv.html> Acesso em: 26 dez. 2017.

IRES - **International Recommendations for Energy Statistics**. Department of Economic and Social Affairs. Statistics Division. Statistical Papers Series N° 93. United Nations. New York, 2016. 186 p.

IWAKIRI, Setsuo et al. Painéis de madeira aglomerada. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, p. 123-166, 2005.

KLINGLMAIR, Manfred et al. Assessing Resource Depletion in LCA: A review of methods and methodological issues. **International Journal Life Cycle Assessment**, Alemanha, v. 19, p. 580-592, 2014.

KLOCK, Umberto et al. Polpa e papel. **FUPEF. Série Didática**, n. 4/98, 2013.

LACERDA, Daniel P. et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LANGLOIS, Juliette et al. New methods for impact assessment of biotic-resource depletion in life cycle assessment: theory and application. **Journal of Cleaner Production**. Vol.73, p. 63-71, 2014.

LIMA, Marco A. M. **Introdução aos materiais e processos para designers**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

LOBOVIKOV, Maxim et al. **World bamboo resources: a thematic study prepared in the framework of the global forest resources assessment 2005**. Food & Agriculture Org., 2007.

MENDES, Lourival M. et al. Variação da densidade da madeira de pinus. **Revista da Madeira** - Edição nº83 - Agosto de 2004.

MORESCHI, João C. Propriedades da Madeira. **Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR**, Curitiba, 2014. 194p.

NAHUZ, A. R. et al. Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. **IPT– Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2013.

OBBER, Joyce A. **Mineral commodity summaries 2017**. US Geological Survey, 2017.

PEARCE, D.W.; Turner, R.K. Natural Resources and Environmental Economics; **The Johns Hopkins University Press**: Baltimore, MD, USA, 1990.

PEKSA, Malgorzata. et al. Global wood pellets markets and industry: policy drivers, market status and raw material potential. 2007.

PFISTER, Stephan et al. Assessing the Environmental Impacts of freshwater Consumption in LCA. **Environmental Science Technology**, Alemanha, v. 43, p. 4098-4104, 2009.

QISHENG, Zhang et al. **Industrial utilization on bamboo**. International network for bamboo and rattan, 2002.

QUIRINO, Waldir F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**, v. 89, n. 100, p. e106, 2005.

SANTI, Thais. Bambu para toda Obra. **Revista O Papel**, p.23-34, abril, 2015.

SNIF. Sistema Nacional de Informações Florestais. Serviço Florestal Brasileiro. Produção Florestal. **Cadeia Produtiva**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/cadeia-produtiva>> Acesso em: nov. 2014.

SONDEREGGER, Thomas et al. Towards harmonizing natural resources as an area of protection in life cycle impact assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1-16, 2017.

SONNEMANN, Guido et al. From a critical review to a conceptual framework for integrating the criticality of resources into Life Cycle Sustainability Assessment. **Journal of Cleaner Production**, França, v. 94 p. 20-34, 2015.

STEWART, Mary; WEIDEMA, Bo. A Consistent Framework for Assessing the Impacts from Resource Use. A focus on resource functionality. **International Journal Life Cycle Assessment**. v. 10 (4) p. 240 – 247, 2005.

UNDATA – A World of Information. **UnData**. Disponível em: <<http://data.un.org/>> Acesso em: jul. 2017.

UNCOMTRADE – **UN Comtrade Database**. Disponível em: <<https://comtrade.un.org/>> Acesso em: jul. 2017.

UNEP/SETAC. Life Cycle Initiative. Global guidance for life cycle impact assessment indicators. Volume 1. **United Nations Environment Programme**. 2016. 159 p.

UNEP. **Assessing the environmental impacts of consumption and production: priority products and materials**. UNEP International Panel for Resource Management, Paris, 2010.

VAN OERS, Laurant; GUINÉE, Jeroen. The abiotic depletion potential: background, updates, and future. **Resources**, v. 5, n. 1, p. 16, 2016.

WEGNER, Theodore et al. Uses and desirable properties of wood in the 21st century. **Journal of forestry**, v. 108, n. 4, p. 165-173, 2010.

WEIDEMA, Bo P.; WESNAES, Marianne S. Data quality management for life cycle inventories—an example of using data quality indicators. **Journal of cleaner production**, v. 4, n. 3-4, p. 167-174, 1996.

APÊNDICE A - Transcrição da Consulta Realizada à Especialista da Área de Engenharia Florestal - Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva*

* “Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (1979), mestrado em Ciências Florestais pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP (1987) e doutorado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (2001). Foi aluno especial do curso Doutorado em Energia na Agricultura da UNESP. Exerceu os seguintes cargos e funções: foi funcionário do IBDF / IBAMA por três anos, pesquisador do INPA/Instituto de Pesquisas da Amazônia por doze anos, presidente do Instituto do Meio Ambiente do Amazonas (IPAAM/IMA) por quatro anos, diretor da FUPEF/Fundação de Pesquisa do Paraná por quatro anos, diretor Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente e Desenvolvimento por dois anos, coordenador geral do Congresso Internacional de Bioenergia, membro dos Conselhos Superiores da Universidade Federal (CEPE, COPLAD e COUN), coordenador do curso de Engenharia Florestal da UFPR e chefe do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Atualmente é professor Associado da Universidade Federal do Paraná. Leciona as disciplinas: Bioenergia e Tecnologia Aplicada, Energia de Biomassa, Energia da Madeira, Gestão Ambiental e Engenharia de Ambiente na Indústria para cursos de graduação e pós-graduação. Atua e tem experiência na Área de Ciências Agrárias: Recursos Florestais e Engenharia Florestal, Bioenergia e Tecnologia Aplicada, Culturas Energéticas e Energia de Biomassa. É Coordenador do Laboratório de Energia de Biomassa (LEB) na UFPR que atua em pesquisas em Bioenergia, Dendroenergia, Biocombustíveis e análises tecnológicas para biomassa energética.” (Texto informado pelo autor em <http://lattes.cnpq.br/8415872554112911>)

Carvão vegetal de madeira / Carvão Mineral
É uma fonte energética renovável que funciona como oxi-redutor na siderurgia, especialmente no Brasil em substituição ao carvão mineral, tradicional em outros países. Seu uso se aplica em atividades distintas: cocção de alimentos e diversos segmentos industriais.
O carvão mineral é usado principalmente como fonte de energia, e poderá substituir não somente o carvão vegetal de madeira, bem como outras fontes energéticas, porém sem levar em consideração aspectos e impactos ambientais!!!
Lenha / Pellets
É estranho dar índices muito parecidos para todos os países. Por que será?!!!
Os <i>pellets</i> têm aumentado o uso, mas principalmente Europa. No Brasil, o uso é restrito, embora cresça a produção para exportação.
Acredito que os dados expressam de forma parcial a realidade da relação.
Madeira Serrada / Painéis
Em vários países, especialmente os desenvolvidos e aqueles com grande potencial de floresta (reserva) como o Brasil, nas últimas décadas, vem ocorrendo substituição da madeira serrada por painéis de madeira. O Brasil é um bom exemplo.
A tendência é haver evolução na substituição de madeira serrada por painéis.
Os resultados, portanto, refletem de maneira parcial a relação.
Painéis de Madeira / Resíduos de madeira
A relação não reflete a possibilidade de substituição, porque a produção de painéis com resíduos de madeira é muito “incipiente”, porque para fins de qualidade dos painéis é preferível o uso de madeira de única espécie.
Acredito que painéis de madeira é bem consolidado, o que dificulta a substituição!!!
Polpa de Madeira / Polpa de outras fibras
A produção de polpa de outras fibras, em relação a produção mundial atual para polpa de madeira é muito incipiente. Portanto, parece difícil ter uma relação mais significativa.
OBS: há dificuldade de dados para todos países, o que pode prejudicar a proposta!!!

APÊNDICE B – Dados de Disponibilidade do Carvão vegetal de madeira e do Carvão Mineral

Disponibilidade (Availability)	Carvão vegetal de madeira / 2014 (Wood Charcoal / 2014)				Carvão Mineral / 2014 (Coal / 2014)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) * cf 6.00 - ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Total de Reservas Conhecidas (Total Known Reserves) RS (mt)	Produção (Production) POs (mt)	Disponibilidade (Availability) As = RS / POs (yr)
Angola	236452173,9	0,36391	5540785	15,5298	n.a.	n.a.	n.a.
Comoros	869565,2174	0,83263	319012	2,2696	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	57391304,35	0,22525	109683244	0,1179	n.a.	n.a.	n.a.
Kenya	49226086,96	0,23625	27432000	0,4239	n.a.	n.a.	n.a.
Madagascar	522504347,8	0,67953	13774344	25,7769	150000000	n.a.	n.a.
Mauritius	1617391,304	0,00472	2540	3,0084	n.a.	n.a.	n.a.
Mozambique	172869565,2	0,08435	18708000	0,7794	23636000000	6331586000	3,73
Réunion	443478,2609	0,83356	88278	4,1875	n.a.	n.a.	n.a.
South Africa	209739130,4	0,04436	25551561	0,3641	2,136E+11	260540000	819,68
Swaziland	9252173,913	0,13801	2059029	0,6201	4644000000	21616000	214,84
Uganda	3417391,304	0,13476	46189575	0,0100	800000000	n.a.	n.a.
Zambia	287478260,9	0,56875	10982026	14,8882	945000000	159000	5943,40
Zimbabwe	10365217,39	0,00712	9663236	0,0076	25502000000	57826000	441,01
Algeria	99130434,78	0,50257	8598808	5,7938	223000000	0	0
Egypt	0	0,47108	17960905	0,0000	182000000	0	0
Libyan Arab Jamahiriya	0	0,58898	656952	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Morocco	115452173,9	0,09443	7118711	1,5315	96000000	0	0
Tunisia	452173,913	0,31272	3914000	0,0361	n.a.	n.a.	n.a.
Benin	93800000	0,04831	6955050	0,6515	n.a.	n.a.	n.a.
Cameroon	961200000	0,20751	13508763	14,7653	n.a.	n.a.	n.a.
Cape Verde	10434782,61	0,02668	5526	50,3733	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	919373913	0,48719	2545489	175,9609	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	69721739,13	0,32203	8300404	2,7050	n.a.	n.a.	n.a.
Congo	1184086957	0,00775	3539990	2,5926	n.a.	n.a.	n.a.
Gabon	340521739,1	0,03998	3270000	4,1629	n.a.	n.a.	n.a.
Guinea-Bissau	18034782,61	0,14635	2884099	0,9152	n.a.	n.a.	n.a.
Mali	64173913,04	0,16192	6336606	1,6398	n.a.	n.a.	n.a.
Niger	10434782,61	0,34866	11472609	0,3171	90000000	2559000	35,17
Nigeria	141339130,4	0,34312	74865002	0,6478	2144000000	46000	46608,70
Rwanda	65260869,57	0,04636	6211927	0,4871	n.a.	n.a.	n.a.
Sao Tome and Principe	4347826,087	0,45253	124234	15,8373	n.a.	n.a.	n.a.
Senegal	206086956,5	0,28257	6370127	9,1417	n.a.	n.a.	n.a.
Sierra Leone	23695652,17	0,43070	5872870	1,7378	n.a.	0	n.a.
Africa	5889173913	0,25633	728921650	2,0710	2,71972E+11	6674332000	40,75
China	3958295652	0,02983	10038852	11,7614	5,46267E+12	3873919000	1410,12
Republic of Korea	347217391,3	0,01043	5179000	0,6990	1686000000	1748000	964,53
Bangladesh	37739130,43	0,07437	26936413	0,1042	3260000000	947000	3442,45
Bhutan	226086956,5	0,00810	5184336	0,3533	n.a.	n.a.	n.a.

Disponibilidade (Availability)	Carvão vegetal de madeira / 2014 (Wood Charcoal / 2014)				Carvão Mineral / 2014 (Coal / 2014)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) * cf 6.00 - ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Total de Reservas Conhecidas (Total Known Reserves) RS (mt)	Produção (Production) POs (mt)	Disponibilidade (Availability) As = RS / POs (yr)
Brunei Darussalam	52591304,35	0,01569	118957	6,9350	n.a.	n.a.	n.a.
India	1240991304	0,04845	356689633	0,1686	2,60544E+11	612435000	425,42
Myanmar	348173913	0,02368	44286000	0,1862	252000000	642000	392,52
Viet Nam	242086956,5	0,09319	26653820	0,8465	6635000000	41086000	161,49
Cyprus	6965217,391	0,68104	8810	538,4360	n.a.	n.a.	n.a.
Israel	156521,7391	0,00000	27000	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Jordan	0	0,79125	338087	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Kazakhstan	0	0,00847	340000	0,0000	1,48695E+11	107091000	1388,49
Kyrgyzstan	0	0,00000	45920	0,0000	28499000000	298000	95634,23
Lebanon	1260869,565	0,69533	25887	33,8672	n.a.	n.a.	n.a.
Saudi Arabia	0	0,98646	274910	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Tajikistan	0	0,00000	90000	0,0000	4075000000	822000	4957,42
Turkey	942139130,4	0,00000	22835000	0,0000	1182000000	1833000	644,84
Turkmenistan	0	0,00000	0	0,0000	800000000	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	0	0,86974	18578	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Uzbekistan	0	0,00000	36000	0,0000	10852000000	408000	26598,04
Yemen	0	0,75236	505651	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Asia	7403704348	0,04715	1128842468	0,3093	5,92747E+12	4639481000	1277,61
Albania	65217391,3	0,30508	1180010	16,8614	n.a.	n.a.	n.a.
Austria	986956521,7	0,00044	17088560	0,0256	0	0	0,00
Belarus	1373913043	0,00164	19568000	0,1154	n.a.	n.a.	n.a.
Belgium	146086956,5	0,00000	0	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Bosnia and Herzegovina	311304347,8	0,04480	4152200	3,3585	n.a.	n.a.	n.a.
Bulgaria	570434782,6	0,00619	5570040	0,6335	4112000000	0	0,00
Croatia	356521739,1	0,00830	4996590	0,5924	0	0	0,00
Czech Republic	668695652,2	0,00233	36000	43,2086	n.a.	n.a.	n.a.
Denmark	93913043,48	0,00000	3455651	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Estonia	390434782,6	0,00130	8178213	0,0620	n.a.	n.a.	n.a.
Finland	1865408696	0,00000	57033450	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
France	2246956522	0,00455	52793897	0,1935	160000000	0	0,00
Hungary	293443478,3	0,00000	5798162	0,0000	5351000000	0	0,00
Ireland	63060869,57	0,00000	2827986	0,0000	40000000	0	0,00
Italy	1203478261	0,01042	5758866	2,1773	610000000	86000	7093,02
Latvia	550434782,6	0,00559	12885344	0,2387	n.a.	n.a.	n.a.
Lithuania	408695652,2	0,00049	7351000	0,0272	n.a.	n.a.	n.a.
Luxembourg	22608695,65	0,00000	352692	0,0000	n.a.	n.a.	n.a.
Netherlands	60869565,22	0,00000	1251140	0,0000	3247000000	n.a.	n.a.
Norway	858260869,6	0,00000	12386886	0,0000	93000000	1675000	55,52
Poland	1781739130	0,01876	40862038	0,8180	1,78913E+11	72540000	2466,40
Portugal	134243478,3	0,00472	11152372	0,0568	3000000	n.a.	n.a.
Romania	1208695652	0,00644	15329913	0,5080	2446000000	0	0,00
Russian Federation	70889565217	0,00156	203000170	0,5433	2,72792E+12	264042000	10331,37

Disponibilidade (Availability)	Carvão vegetal de madeira / 2014 (Wood Charcoal / 2014)				Carvão Mineral / 2014 (Coal / 2014)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) * cf 6.00 - ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Total de Reservas Conhecidas (Total Known Reserves) RS (mt)	Produção (Production) POs (mt)	Disponibilidade (Availability) As = RS / POs (yr)
Serbia	303130434,8	0,01820	7583000	0,7275	855000000	n.a.	n.a.
Slovakia	446956521,7	0,00275	9167980	0,1340	19000000	n.a.	n.a.
Slovenia	361739130,4	0,00000	5099340	0,0000	95000000	n.a.	n.a.
Spain	761321739,1	0,01549	16395343	0,7193	4231000000	2669000	1585,24
Sweden	2920000000	0,00004	73300000	0,0016	5000000	0	0,00
Switzerland	372173913	0,00016	4913390	0,0120	n.a.	n.a.	n.a.
The former Yugoslav Republic of Macedonia	66086956,52	0,00000	655000	0,0000	80000000*	80000000*	0,00
Ukraine	1842608696	0,03272	18337000	3,2880	81045000000	45230000	1791,84
United Kingdom	329565217,4	0,00268	11184042	0,0790	1,8677E+11	11647000	16035,89
Europe	93954521739	0,00474	718675257	0,6203	3,19591E+12	397889000	8032,16
Cuba	224347826,1	0,37015	1702000	48,7914	n.a.	n.a.	n.a.
Guadeloupe	678260,8696	0,82784	15300	36,6989	n.a.	n.a.	n.a.
Jamaica	904347,8261	0,09009	680502	0,1197	n.a.	n.a.	n.a.
Martinique	391304,3478	0,86446	12410	27,2577	n.a.	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	18156521,74	0,11474	96640	21,5562	n.a.	n.a.	n.a.
Caribbean	244478260,9	0,18029	5885715	7,4889	n.a.	n.a.	n.a.
Guatemala	88104347,83	0,00737	20158523	0,0322	n.a.	n.a.	n.a.
Nicaragua	68147826,09	0,01243	6276135	0,1349	n.a.	n.a.	n.a.
United States of America	37670400000	0,01478	398692751	1,3967	6,68033E+12	435734000	15331,21
North and Central America	37826652174	0,01153	425127409	1,0257	6,68033E+12	435734000	15331,21
New Zealand	436556521,7	0,00000	29956000	0,0000	3175000000	1949000	1629,04
Solomon Islands	92243478,26	0,00334	2477434	0,1244	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	373913,0435	0,37125	4105	33,8165	n.a.	n.a.	n.a.
Oceania	529173913	0,00310	73089175	0,0225	3175000000	1949000	1629,04
Argentina	1758600000	0,15101	15349132	17,3012	800000000	83000	9638,55
Brazil	38415086957	0,16982	255807000	25,5016	6212000000	7936000	782,76
Chile	1641834783	0,02513	58712789	0,7027	5316000000	4104000	1295,32
Uruguay	8695652,174	0,05674	12521458	0,0394	n.a.	n.a.	n.a.
South America	41824217391	0,14332	393496376	15,2337	12328000000	12123000	1016,91
World	1,87672E+11	0,08349	3691530828	4,2444	9,41085E+12	11725774000	802,58

Fonte: CGS (CountryStat, 2017); POWf (FaoStat, 2017); cf (FONSECA, 2010); Awf / As / uf (calculado); RS / POs (UNdata, 2017).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE C – Dados de Preço de Importação do Carvão vegetal de madeira e do Carvão Mineral

Preço de Importação (Import Price)	Carvão vegetal de madeira / 2014 (Wood Charcoal / 2014)			Carvão Mineral / 2014 (Coal / 2014)		
	Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (mt)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/mt)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMGs (mt)
Angola	113000	100	1130,00	548753	483938000	0,001133932
Comoros	0	0	0,00	0	0	n.a.
Ethiopia	442000	152	2907,89	50889035	3,45965E+11	0,000147093
Kenya	282000	42	6714,29	0	0	n.a.
Madagascar	2000	1	2000,00	43673337	4,91738E+11	8,88142E-05
Mauritius	81000	131	618,32	69520271	7,71794E+11	9,00762E-05
Mozambique	42000	26	1615,38	2456890	17703954000	0,000138776
Réunion	198000	651	304,15	n.a.	n.a.	n.a.
South Africa	12197000	90111	135,36	264008892	2,17872E+12	0,000121176
Swaziland	23000	31	741,94	n.a.	n.a.	n.a.
Uganda	103000	7	14714,29	2876522	29144795000	9,86976E-05
Zambia	6000	6	1000,00	4808414	40590708000	0,000118461
Zimbabwe	85000	502	169,32	2583901	45848246000	5,63577E-05
Algeria	442000	283	1561,84	8271334	38345251000	0,000215707
Egypt	988000	190	5200,00	105393178	10245287000	0,010286991
Libyan Arab Jamahiriya	1874000	772	2427,46	n.a.	n.a.	n.a.
Morocco	855000	763	1120,58	591575929	6,51776E+12	9,07637E-05
Tunisia	67000	136	492,65	989464	3276303000	0,000302006
Benin	114000	371	307,28	3713327	38536320000	9,63591E-05
Cameroon	4000	4	1000,00	10723	3802000	0,002820358
Cape Verde	9000000	13000	692,31	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	3000	5	600,00	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	3000	3	1000,00	n.a.	n.a.	n.a.
Congo	14000	13	1076,92	0	0	n.a.
Gabon	11000	6	1833,33	n.a.	n.a.	n.a.
Guinea-Bissau	0	0	0,00	n.a.	n.a.	n.a.
Mali	24000	25	960,00	0	0	n.a.
Niger	5000	4	1250,00	0	0	n.a.
Nigeria	201000	346	580,92	12118879	1,00472E+11	0,00012062
Rwanda	2000	18	111,11	296	75000	0,003946667
Sao Tome and Principe	5000	4	1250,00	43898	36800000	0,00119288
Senegal	9000	4	2250,00	46491229	4,58815E+11	0,000101329
Sierra Leone	2000	3	666,67	n.a.	n.a.	n.a.
Africa	2039939000	10352426	197,05	50415594,67	4,62062E+11	0,00010911
China	61842000	219631	281,57	18904300749	2,26691E+14	8,33924E-05
Republic of Korea	105038000	119227	880,99	11995440321	1,31017E+14	9,15567E-05
Bangladesh	56000	34	1647,06	0	0	n.a.
Bhutan	15270000	65000	234,92	0	0	n.a.

Países e Regiões (Countries and Regions)	Carvão vegetal de madeira / 2014 (Wood Charcoal / 2014)			Carvão Mineral / 2014 (Coal / 2014)		
	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (mt)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/mt)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (mt)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/mt)
Brunei Darussalam	439000	512	857,42	14777	4506000	0,003279405
India	6909000	16023	431,19	16395250953	1,95115E+14	8,40289E-05
Myanmar	2000	2	1000,00	33062432	2,71283E+11	0,000121874
Viet Nam	3418000	5882	581,09	236707226	2,59315E+12	9,12817E-05
Cyprus	6635000	11520	575,95	531099	5527200000	9,60883E-05
Israel	10706000	23266	460,16	929082000	8,07674E+12	0,000115032
Jordan	2839000	2974	954,61	76851381	4,64806E+11	0,000165341
Kazakhstan	1661000	3155	526,47	20204020	1,61611E+11	0,000125017
Kyrgyzstan	70000	9	7777,78	0	0	n.a.
Lebanon	15594000	27941	558,10	9698382	95624784000	0,000101421
Saudi Arabia	27908000	113555	245,77	53159251	1,85891E+11	0,00028597
Tajikistan	0	110	0,00	n.a.	n.a.	n.a.
Turkey	29498000	58467	504,52	826365475	9,24177E+12	8,94164E-05
Turkmenistan	2000	10	200,00	n.a.	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	17161000	36157	474,62	275129675	2,93945E+12	9,3599E-05
Uzbekistan	103000	226	455,75	n.a.	n.a.	n.a.
Yemen	11000	18	611,11	55087092	4,50213E+11	0,000122358
Asia	543126000	1232476	440,68	2767271380	3,20727E+13	8,62813E-05
Albania	7000	0	0,00	0	0	n.a.
Austria	8400000	12630	665,08	415769244	3,17776E+12	0,000130837
Belarus	1708000	2984	572,39	63479900	7,81191E+11	8,12604E-05
Belgium	28168000	62037	454,05	n.a.	n.a.	n.a.
Bosnia and Herzegovina	209000	420	497,62	n.a.	n.a.	n.a.
Bulgaria	478000	1130	423,01	194576586	1,78214E+12	0,000109182
Croatia	2384000	4898	486,73	82763656	9,6142E+11	8,60848E-05
Czech Republic	5516000	19700	280,00	n.a.	n.a.	n.a.
Denmark	9486000	15540	610,42	672565	861106000	0,000781048
Estonia	2629000	5255	500,29	7099655	82346956000	8,62164E-05
Finland	3235000	3490	926,93	550771014	5,43692E+12	0,000101302
France	57068000	104717	544,97	1724050664	1,42805E+13	0,000120727
Hungary	1035000	2135	484,78	196301883	1,44023E+12	0,000136299
Ireland	874000	838	1042,96	207886734	1,83129E+12	0,00011352
Italy	28499000	60930	467,73	1909741532	1,95632E+13	9,7619E-05
Latvia	1254000	2268	552,91	13259928	1,24102E+11	0,000106847
Lithuania	2867000	20381	140,67	32782291	3,32664E+11	9,85448E-05
Luxembourg	1281000	1220	1050,00	8636949	84352249000	0,000102391
Netherlands	20057000	22120	906,74	2214795304	2,38953E+13	9,26873E-05
Norway	26265000	39997	656,67	39047070	2,13907E+11	0,000182542
Poland	34060000	96245	353,89	1059287544	1,03162E+13	0,000102682
Portugal	15102000	34294	440,37	320831317	4,43322E+12	7,23699E-05
Romania	332000	480	691,67	75457189	6,9545E+11	0,000108501

Países e Regiões (Countries and Regions)	Carvão vegetal de madeira / 2014 (Wood Charcoal / 2014)			Carvão Mineral / 2014 (Coal / 2014)		
	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (mt)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/mt)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (mt)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/mt)
Russian Federation	2491000	2653	938,94	594011231	2,35706E+13	2,52014E-05
Serbia	368000	600	613,33	21652747	1,6566E+11	0,000130706
Slovakia	2654000	4500	589,78	466703336	3,74493E+12	0,000124623
Slovenia	1185000	2255	525,50	3936667	22562275000	0,00017448
Spain	15762000	30840	511,09	1416866171	1,63959E+13	8,64157E-05
Sweden	26942000	39150	688,17	384122169	2,76302E+12	0,000139023
Switzerland	9187000	12312	746,18	6952887	40325274000	0,00017242
The former Yugoslav Republic of Macedonia	163000	381	427,82	n.a.	n.a.	n.a.
Ukraine	1088000	1350	805,93	1768721193	1,46973E+13	0,000120343
United Kingdom	55407000	118200	468,76	3621728786	3,85459E+13	9,39589E-05
Europe	515151000	1007790	511,17	600065731,4	6,53032E+12	9,18891E-05
Cuba	16000	11	1454,55	n.a.	n.a.	n.a.
Guadeloupe	0	0	0,00	n.a.	n.a.	n.a.
Jamaica	60000	12	5000,00	7445858	31662826000	0,000235161
Martinique	67000	100	670,00	n.a.	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	261000	909	287,13	749078	1656991000	0,000452071
Caribbean	10711000	1948	5498,46	4097468	16659908500	0,000245948
Guatemala	77000	88	875,00	153003490	1,62676E+12	9,40539E-05
Nicaragua	8000	3	2666,67	4561	3578000	0,001274734
United States of America	46907000	88000	533,03	983166760	8,066E+12	0,00012189
North and Central America	15664000	29364	533,45	378724937	3,23092E+12	0,000117219
New Zealand	1441000	2139	673,68	6511567	31350379000	0,000207703
Solomon Islands	6000	26	230,77	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	0	19	0,00	0	0	n.a.
Oceania	9612000	19161	501,64	3255783,5	15675189500	0,000207703
Argentina	5000	8	625,00	237521601	2,00032E+12	0,000118742
Brazil	6165000	41256	149,43	2308889776	2,16573E+13	0,00010661
Chile	14130000	39357	359,02	899709628	1,00305E+13	8,96975E-05
Uruguay	847000	2143	395,24	9813	9601000	0,001022081
South America	21655000	83537	259,23	861532704,5	8,42202E+12	0,000102295
World	1,1699E+11	256308226	456,44	666480514,1	7,25005E+12	9,19277E-05

Fonte: IMVwf / IMQwf (FaoStat, 2017); IMVs / IMQs (UNcomtrade, 2017); IMPwf / IMPs (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE D – Dados para Cálculo do Índice de Substituição do Carvão vegetal de madeira

Índice de Substituição (Substitution Index)	Carvão vegetal de madeira / Carvão Mineral (Wood Charcoal / Coal)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = A_s / A_{wf}$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi/IMP = IMP_{Pwf} / IMP_s$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕ/IMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi/IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi/IMP) / 2$
Angola	n.a.	996532,03	n.a.	0,06083	n.a.	n.a.
Comoros	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	n.a.	19769095,60	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Kenya	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Madagascar	n.a.	22518919,36	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Mauritius	n.a.	6864420,44	n.a.	0,54639	n.a.	n.a.
Mozambique	4,79	11640201,61	0,00000	0,94159	0,00000	0,47079
Réunion	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
South Africa	2251,22	1117014,96	0,11278	0,07080	0,00798	0,09179
Swaziland	346,44	n.a.	0,01199	n.a.	n.a.	n.a.
Uganda	n.a.	149084498,82	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Zambia	399,20	8441600,08	0,01478	0,67690	0,01000	0,34584
Zimbabwe	57720,15	3004429,82	1,00000	0,22698	0,22698	0,61349
Algeria	0,00	7240555,06	0,00000	0,57752	0,00000	0,28876
Egypt	n.a.	505492,80	n.a.	0,02019	n.a.	n.a.
Libyan Arab Jamahiriya	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Morocco	0,00	12346088,47	0,00000	1,00000	0,00000	0,50000
Tunisia	n.a.	1631247,86	n.a.	0,11335	n.a.	n.a.
Benin	n.a.	3188878,60	n.a.	0,24224	n.a.	n.a.
Cameroon	n.a.	354564,95	n.a.	0,00770	n.a.	n.a.
Cape Verde	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Congo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gabon	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Guinea-Bissau	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mali	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Niger	110,90	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.	n.a.
Nigeria	71950,06	4816157,11	1,00000	0,37690	0,37690	0,68845
Rwanda	n.a.	28153,15	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.
Sao Tome and Principe	n.a.	1047883,73	n.a.	0,06508	n.a.	n.a.
Senegal	n.a.	22204904,31	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Sierra Leone	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Africa	19,68	1805968,69	0,00000	0,12781	0,00000	0,06390
China	119,89	3376474,90	0,00000	0,25777	0,00000	0,12888
Republic of Korea	1379,79	9622360,99	0,06667	0,77461	0,05164	0,42064
Bangladesh	33037,20	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.	n.a.
Bhutan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Brunei Darussalam	n.a.	261456,52	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.

Índice de Substituição (Substitution Index)	Carvão vegetal de madeira / Carvão Mineral (Wood Charcoal / Coal)					
	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = As / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
India	2524,00	5131482,84	0,12722	0,40299	0,05127	0,26511
Myanmar	2108,29	8205182,40	0,10522	0,65734	0,06917	0,38128
Viet Nam	190,78	6365948,59	0,00375	0,50515	0,00189	0,25445
Cyprus	n.a.	5994019,40	n.a.	0,47437	n.a.	n.a.
Israel	n.a.	4000253,93	n.a.	0,30938	n.a.	n.a.
Jordan	n.a.	5773568,68	n.a.	0,45613	n.a.	n.a.
Kazakhstan	n.a.	4211163,56	n.a.	0,32684	n.a.	n.a.
Kyrgyzstan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Lebanon	n.a.	5502838,48	n.a.	0,43372	n.a.	n.a.
Saudi Arabia	n.a.	859413,09	n.a.	0,04948	n.a.	n.a.
Tajikistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Turkey	n.a.	5642409,81	n.a.	0,44527	n.a.	n.a.
Turkmenistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	n.a.	5070828,80	n.a.	0,39797	n.a.	n.a.
Uzbekistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Yemen	n.a.	4994462,60	n.a.	0,39165	n.a.	n.a.
Asia	4131,06	5107466,22	0,21226	0,40101	0,08512	0,30663
Albania	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Austria	0,00	5083280,89	0,00000	0,39900	0,00000	0,19950
Belarus	n.a.	7043847,06	n.a.	0,56124	n.a.	n.a.
Belgium	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Bosnia and Herzegovina	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Bulgaria	0,00	3874356,43	0,00000	0,29897	0,00000	0,14948
Croatia	0,00	5654065,73	0,00000	0,44624	0,00000	0,22312
Czech Republic	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Denmark	n.a.	781545,84	n.a.	0,04304	n.a.	n.a.
Estonia	n.a.	5802673,98	n.a.	0,45853	n.a.	n.a.
Finland	n.a.	9150198,94	n.a.	0,73554	n.a.	n.a.
France	0,00	4514087,96	0,00000	0,35190	0,00000	0,17595
Hungary	n.a.	3556722,93	n.a.	0,27268	n.a.	n.a.
Ireland	n.a.	9187490,59	n.a.	0,73863	n.a.	n.a.
Italy	3257,74	4791420,53	0,16605	0,37485	0,06224	0,27045
Latvia	n.a.	5174766,74	n.a.	0,40658	n.a.	n.a.
Lithuania	n.a.	1427475,28	n.a.	0,09649	n.a.	n.a.
Luxembourg	n.a.	10254762,58	n.a.	0,82694	n.a.	n.a.
Netherlands	n.a.	9782740,60	n.a.	0,78788	n.a.	n.a.
Norway	n.a.	3597380,74	n.a.	0,27605	n.a.	n.a.
Poland	3015,23	3446466,76	0,15321	0,26356	0,04038	0,20839
Portugal	n.a.	6084970,86	n.a.	0,48189	n.a.	n.a.
Romania	0,00	6374730,73	0,00000	0,50587	0,00000	0,25294
Russian Federation	19017,38	37257360,55	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Serbia	n.a.	4692468,18	n.a.	0,36667	n.a.	n.a.

Índice de Substituição (Substitution Index)	Carvão vegetal de madeira / Carvão Mineral (Wood Charcoal / Coal)					
	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = As / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Slovakia	n.a.	4732506,45	n.a.	0,36998	n.a.	n.a.
Slovenia	n.a.	3011799,19	n.a.	0,22759	n.a.	n.a.
Spain	2203,78	5914311,94	0,11027	0,46777	0,05158	0,28902
Sweden	0,00	4950080,47	0,00000	0,38798	0,00000	0,19399
Switzerland	n.a.	4327701,17	n.a.	0,33648	n.a.	n.a.
The former Yugoslav Republic of Macedonia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ukraine	544,97	6696911,26	0,02249	0,53253	0,01198	0,27751
United Kingdom	202874,75	4988951,05	1,00000	0,39120	0,39120	0,69560
Europe	12948,54	5562889,71	0,67885	0,43869	0,29781	0,55877
Cuba	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Guadeloupe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Jamaica	n.a.	21262039,92	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Martinique	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	n.a.	635140,39	n.a.	0,03092	n.a.	n.a.
Caribbean	n.a.	22356206,27	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Guatemala	n.a.	9303172,74	n.a.	0,74820	n.a.	n.a.
Nicaragua	n.a.	2091938,90	n.a.	0,15147	n.a.	n.a.
United States of America	10976,78	4373065,73	0,57452	0,34023	0,19547	0,45737
North and Central America	14946,77	4550875,88	0,78460	0,35495	0,27849	0,56977
New Zealand	n.a.	3243474,43	n.a.	0,24676	n.a.	n.a.
Solomon Islands	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Oceania	72557,76	2415198,74	1,00000	0,17822	0,17822	0,58911
Argentina	557,10	5263510,47	0,02314	0,41392	0,00958	0,21853
Brazil	30,69	1401672,39	0,00000	0,09435	0,00000	0,04718
Chile	1843,27	4002579,83	0,09120	0,30958	0,02823	0,20039
Uruguay	n.a.	386701,55	n.a.	0,01036	n.a.	n.a.
South America	66,75	2534101,04	0,00000	0,18806	0,00000	0,09403
World	189,09	4965252,04	0,00366	0,38924	0,00143	0,19645

Fonte: ϕA / ϕIMP / SI (calculado)

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE E – Dados de Disponibilidade da Lenha e dos Pellets de Madeira

Disponibilidade (Availability)	Lenha / 2012 (Firewood / 2012)				Pellets de Madeira / 2012 (Wood Pellets/ 2012)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³)	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POwf (yr)	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) * cf 2.55 - FAO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POwf (yr)
Angola	236452173,9	0,43296	2309957	44,3	n.a.	n.a.	n.a.
Comoros	869565,2174	0,09259	28186	2,9	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	57391304,35	0,75246	80438665	0,5	n.a.	n.a.	n.a.
Kenya	49226086,96	0,74231	20363112	1,8	n.a.	n.a.	n.a.
Madagascar	522504347,8	0,44456	5924115	39,2	n.a.	n.a.	n.a.
Mauritius	1617391,304	0,66667	4800	224,6	0	0	n.a.
Mozambique	172869565,2	0,63723	11630000	9,5	n.a.	n.a.	n.a.
Réunion	443478,2609	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
South Africa	209739130,4	0,25881	7740102	7,0	0,00639	191250	7,0
Swaziland	9252173,913	0,40629	823675	4,6	n.a.	n.a.	n.a.
Uganda	3417391,304	0,78399	36011204	0,1	n.a.	n.a.	n.a.
Zambia	287478260,9	0,29288	3135837	26,8	n.a.	n.a.	n.a.
Zimbabwe	10365217,39	0,94145	8799239	1,1	n.a.	n.a.	n.a.
Algeria	99130434,78	0,48612	4110246	11,7	n.a.	n.a.	n.a.
Egypt	0	0,52004	9292309	0,0	0,00214	38250	0,0
Libyan Arab Jamahiriya	0	0,30685	334886	0,0	n.a.	n.a.	n.a.
Morocco	115452173,9	0,85688	6085566	16,3	n.a.	n.a.	n.a.
Tunisia	452173,913	0,62781	2375000	0,1	0,00000	0	n.a.
Benin	93800000	0,70248	4836270	13,6	n.a.	n.a.	n.a.
Cameroon	961200000	0,60924	7393538	79,2	n.a.	n.a.	n.a.
Cape Verde	10434782,61	0,97239	194610	52,1	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	919373913	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	69721739,13	0,59040	4759344	8,6	n.a.	n.a.	n.a.
Congo	1184086957	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gabon	340521739,1	0,32900	944228	118,6	n.a.	n.a.	n.a.
Guinea-Bissau	18034782,61	0,80950	2272340	6,4	n.a.	n.a.	n.a.
Mali	64173913,04	0,77710	4598577	10,8	n.a.	n.a.	n.a.
Niger	10434782,61	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nigeria	141339130,4	0,53606	39356083	1,9	n.a.	n.a.	n.a.
Rwanda	65260869,57	0,75854	4712000	10,5	n.a.	n.a.	n.a.
Sao Tome and Principe	4347826,087	0,44615	54612	35,5	n.a.	n.a.	n.a.
Senegal	206086956,5	0,58549	3678154	32,8	n.a.	n.a.	n.a.
Sierra Leone	23695652,17	0,56217	3251226	4,1	n.a.	n.a.	n.a.
Africa	5889173913	0,64297	460047287	8,2	0,00032	229500	8,2
China	3958295652	0,50532	171859975	11,6	0,00075	255000	11,6
Republic of Korea	347217391,3	0,54244	2444257	77,1	0,00849	38250	77,1
Bangladesh	37739130,43	0,91720	24996356	1,4	n.a.	n.a.	n.a.
Bhutan	226086956,5	0,96652	4908401	44,5	n.a.	n.a.	n.a.
Brunei Darussalam	52591304,35	0,08283	9854	442,1	n.a.	n.a.	n.a.

Disponibilidade (Availability)	Lenha / 2012 (Firewood / 2012)				Pellets de Madeira / 2012 (Wood Pellets/ 2012)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³)	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) ^{*cf 2.55 - FAO}	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)
India	1240991304	0,81329	290963881	3,5	n.a.	n.a.	n.a.
Myanmar	348173913	0,86123	37268178	8,0	n.a.	n.a.	n.a.
Viet Nam	242086956,5	0,65358	17516000	9,0	0,00476	127500	9,0
Cyprus	6965217,391	-0,17079	-1877	633,8	0,00000	0	n.a.
Israel	156521,7391	0,07407	2000	5,8	n.a.	n.a.	n.a.
Jordan	0	0,19898	64048	0,0	n.a.	n.a.	n.a.
Kazakhstan	0	0,84316	241144	0,0	0,00000	0	n.a.
Kyrgyzstan	0	0,79739	36600	0,0	0,00000	0	n.a.
Lebanon	1260869,565	0,03087	801	48,6	n.a.	n.a.	n.a.
Saudi Arabia	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tajikistan	0	1,00000	90000	0,0	n.a.	n.a.	n.a.
Turkey	942139130,4	0,19391	4258000	42,9	n.a.	n.a.	n.a.
Turkmenistan	0	n.a.	0	n.a.	n.a.	0	n.a.
United Arab Emirates	0	0,13020	2381	0,0	n.a.	n.a.	n.a.
Uzbekistan	0	0,72222	26000	0,0	0,00000	0	n.a.
Yemen	0	0,25427	120027	0,0	n.a.	n.a.	n.a.
Asia	7403704348	0,62289	697530656	6,6	0,00069	775965	6,6
Albania	65217391,3	0,62712	740000	55,3	0,00259	3060	55,3
Austria	986956521,7	0,28751	5181200	54,8	0,12636	2277150	54,8
Belarus	1373913043	0,41019	7410840	76,0	0,02470	446250	76,0
Belgium	146086956,5	0,17409	892753	28,5	n.a.	n.a.	n.a.
Bosnia and Herzegovina	311304347,8	0,31883	1304000	76,1	0,05175	211650	76,1
Bulgaria	570434782,6	0,48431	2892523	95,5	0,05123	306000	95,5
Croatia	356521739,1	0,26892	1536600	62,4	0,07408	423300	62,4
Czech Republic	668695652,2	n.a.	1984000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Denmark	93913043,48	0,45595	1115408	38,4	0,10417	254821,5	38,4
Estonia	390434782,6	0,26222	1911600	53,6	0,17490	1275000	53,6
Finland	1865408696	0,14711	7695371	35,7	0,01230	643543,5	35,7
France	2246956522	0,51033	26279527	43,6	0,03377	1739100	43,6
Hungary	293443478,3	0,49762	2958918	49,4	0,01158	68850	49,4
Ireland	63060869,57	0,07935	204765	24,4	0,02965	76500	24,4
Italy	1203478261	0,89745	5328488	202,7	0,12885	765000	202,7
Latvia	550434782,6	0,08791	1101444	43,9	0,19924	2496450	43,9
Lithuania	408695652,2	0,31733	2196262	59,1	0,10132	701250	59,1
Luxembourg	22608695,65	0,10298	28000	83,1	0,08440	22950	83,1
Netherlands	60869565,22	0,27234	260000	63,8	0,80130	765000	63,8
Norway	858260869,6	0,16882	1784737	81,2	0,01126	119072,25	81,2
Poland	1781739130	0,11866	4511043	46,9	0,04025	1530000	46,9
Portugal	134243478,3	0,04516	483666	12,5	0,16427	1759500	12,5
Romania	1208695652	0,30644	4930025	75,1	0,05389	867000	75,1
Russian Federation	70889565217	0,07436	14280656	369,1	0,01050	2017050	369,1

Disponibilidade (Availability)	Lenha / 2012 (Firewood / 2012)				Pellets de Madeira / 2012 (Wood Pellets/ 2012)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³)	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) ^{cf 2.55 -} FAO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)
Serbia	303130434,8	0,80249	6058000	40,2	0,03645	275145	40,2
Slovakia	446956521,7	0,06843	561273	54,5	0,02798	229500	54,5
Slovenia	361739130,4	0,33552	1120990	108,3	0,06335	211650	108,3
Spain	761321739,1	0,20673	3030000	51,9	0,04350	637500	51,9
Sweden	2920000000	0,08483	5895800	42,0	0,04387	3049256,85	42,0
Switzerland	372173913	0,35898	1672340	79,9	0,08211	382500	79,9
The former Yugoslav Republic of Macedonia	66086956,52	0,83697	652000	84,8	0,00000	0	n.a.
Ukraine	1842608696	0,51728	9055900	105,3	0,03059	535500	105,3
United Kingdom	329565217,4	0,12866	1302000	32,6	0,07006	708971,4	32,6
Europe	93954521739	0,20233	137800964	137,9	0,04692	31954786,95	137,9
Cuba	224347826,1	0,38837	661000	131,8	n.a.	n.a.	n.a.
Guadeloupe	678260,8696	0,15765	2412	44,3	n.a.	n.a.	n.a.
Jamaica	904347,8261	0,69323	477454	1,3	n.a.	n.a.	n.a.
Martinique	391304,3478	-0,06060	-752	31,5	n.a.	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	18156521,74	0,21704	21100	186,8	n.a.	n.a.	n.a.
Caribbean	244478260,9	0,66579	3889757	41,8	n.a.	n.a.	n.a.
Guatemala	88104347,83	0,96456	18626304	4,6	n.a.	n.a.	n.a.
Nicaragua	68147826,09	0,96860	6046579	10,9	n.a.	n.a.	n.a.
United States of America	37670400000	0,08826	34202000	97,2	0,02286	8858700	97,2
North and Central America	37826652174	0,67381	58874883	432,9	0,02286	8858700	97,6
New Zealand	436556521,7	0,00000	0	n.a.	0,00279	76500	15,9
Solomon Islands	92243478,26	0,05420	122526	40,8	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	373913,0435	0,14591	601	90,8	n.a.	n.a.	n.a.
Oceania	529173913	0,15263	10414376	7,8	0,00120	81600	7,8
Argentina	1758600000	0,10984	1812000	106,6	0,00124	20400	106,6
Brazil	38415086957	0,30895	82417000	144,0	0,00054	145350	144,0
Chile	1641834783	0,26356	14514800	29,8	0,00093	51000	29,8
Uruguay	8695652,174	0,18301	1672354	1,0	0,00056	5100	1,0
South America	41824217391	0,30881	123046067	105,0	0,00056	221850	105,0
World	1,87672E+11	0,42839	1548329898	51,9			

Fonte: CGS (CountryStat, 2017); POWf / POs (FaoStat, 2017); cf (FONSECA, 2010); Awf / As / uf (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE F – Dados de Preço de Importação da Lenha e dos *Pellets* de Madeira

Preço de importação (Import Price)	Lenha / 2012 (Firewood / 2012)			Pellets de Madeira / 2012 (Wood Pellets / 2012)		
	Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)
Angola	3000	2	1500,00	n.a.	n.a.	n.a.
Comoros	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	1000	2	500,00	n.a.	n.a.	n.a.
Kenya	67000	53	1264,15	n.a.	n.a.	n.a.
Madagascar	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mauritius	35000	62	564,52	22000	25500	0,86
Mozambique	20000	50	400,00	n.a.	n.a.	n.a.
Réunion	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
South Africa	10504000	275000	38,20	191000	114750	1,66
Swaziland	2945000	88887	33,13	n.a.	n.a.	n.a.
Uganda	1000	3	333,33	n.a.	n.a.	n.a.
Zambia	10000	3	3333,33	n.a.	n.a.	n.a.
Zimbabwe	8000	48	166,67	n.a.	n.a.	n.a.
Algeria	3000	2	1500,00	n.a.	n.a.	n.a.
Egypt	9000	66	136,36	n.a.	n.a.	n.a.
Libyan Arab Jamahiriya	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Morocco	30000	46	652,17	n.a.	n.a.	n.a.
Tunisia	19000	24	791,67	n.a.	n.a.	n.a.
Benin	0	1	0,00	n.a.	n.a.	n.a.
Cameroon	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cape Verde	17000	55	309,09	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	1000	5	200,00	n.a.	n.a.	n.a.
Congo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gabon	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Guinea-Bissau	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mali	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Niger	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nigeria	76000	119	638,66	n.a.	n.a.	n.a.
Rwanda	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sao Tome and Principe	0	2	0,00	n.a.	n.a.	n.a.
Senegal	4000	30	133,33	n.a.	n.a.	n.a.
Sierra Leone	2000	25	80,00	n.a.	n.a.	n.a.
Africa	14507000	367013	39,53	322000	331500	0,97
China	1344000	5721	234,92	n.a.	n.a.	n.a.
Republic of Korea	32000	26	1230,77	122447000	46626750	2,63
Bangladesh	56000	15	3733,33	n.a.	n.a.	n.a.
Bhutan	10000	153	65,36	n.a.	n.a.	n.a.
Brunei Darussalam	0	2	0,00	n.a.	n.a.	n.a.

Preço de importação (Import Price)	Lenha / 2012 (Firewood / 2012)			Pellets de Madeira / 2012 (Wood Pellets / 2012)		
	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMGs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMGs (US\$/m³)
India	979000	7105	137,79	0	0	n.a.
Myanmar	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Viet Nam	33000	602	54,82	35000	94350	0,37
Cyprus	318000	2043	155,65	137000	155550	0,88
Israel	89000	451	197,34	126000	341700	0,37
Jordan	22000	123	178,86	34000	12750	2,67
Kazakhstan	3358000	4393	764,40	1100000	293250	3,75
Kyrgyzstan	1000	10	100,00	0	0	n.a.
Lebanon	1806000	18234	99,05	n.a.	n.a.	n.a.
Saudi Arabia	6617000	26452	250,15	n.a.	n.a.	n.a.
Tajikistan	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Turkey	12491000	166000	75,25	123000	168300	0,73
Turkmenistan	0	0	n.a.	0	0	n.a.
United Arab Emirates	322000	2400	134,17	133000	204000	0,65
Uzbekistan	60000	822	72,99	70000	35700	1,96
Yemen	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Asia	33711000	253050	133,22	204711000	101739900	2,01
Albania	58000	1380	42,03	101000	66300	1,52
Austria	65233000	722565	90,28	272140000	144615600	1,88
Belarus	21000	100	210,00	678000	226950	2,99
Belgium	40503000	602530	67,22	16436000	153460	107,10
Bosnia and Herzegovina	311000	1000	311,00	1800000	678300	2,65
Bulgaria	844000	6203	136,06	22255000	10095450	2,20
Croatia	542000	7000	77,43	1000000	673200	1,49
Czech Republic	1699000	21000	80,90	n.a.	n.a.	n.a.
Denmark	29574000	290172	101,92	2016000000	898844400	2,24
Estonia	1312000	13335	98,39	14673000	6257700	2,34
Finland	3404000	95767	35,54	28271000	11436750	2,47
France	8115000	70657	114,85	25632000	19336650	1,33
Hungary	1947000	67954	28,65	9790000	4067250	2,41
Ireland	8264000	19872	415,86	24306000	10225500	2,38
Italy	81663000	957935	85,25	1197000000	719153550	1,66
Latvia	246000	4172	58,96	34016000	11322000	3,00
Lithuania	1101000	20006	55,03	39571000	14076000	2,81
Luxembourg	2316000	17590	131,67	2384000	1848750	1,29
Netherlands	3351000	41000	81,73	1032550000	503915700	2,05
Norway	14045000	116252	120,82	39562000	24936450	1,59
Poland	987000	23633	41,76	194592000	72440400	2,69
Portugal	88000	1819	48,38	24126000	3651600	6,61
Romania	11454000	295814	38,72	1125000	696150	1,62
Russian Federation	20000	36	555,56	1108000	3090600	0,36

Preço de importação (Import Price)	Lenha / 2012 (Firewood / 2012)			Pellets de Madeira / 2012 (Wood Pellets / 2012)		
	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m³)
Países e Regiões (Countries and Regions)						
Serbia	207000	8000	25,88	3907000	1705950	2,29
Slovakia	7159000	116330	61,54	4352000	3498600	1,24
Slovenia	19890000	255911	77,72	60166000	31074300	1,94
Spain	880000	8538	103,07	16316000	8335950	1,96
Sweden	18858000	479000	39,37	493039000	221039100	2,23
Switzerland	2665000	13342	199,75	36087000	25734600	1,40
The former Yugoslav Republic of Macedonia	208000	3390	61,36	68000	2672400	0,03
Ukraine	24000	290	82,76	433000	283050	1,53
United Kingdom	4000000	11594	345,01	1486880000	747960900	1,99
Europe	394499000	5126035	76,96	8449136000	4155541200	2,03
Cuba	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Guadeloupe	15000	359	41,78	n.a.	n.a.	n.a.
Jamaica	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Martinique	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	12000	53	226,42	n.a.	n.a.	n.a.
Caribbean	95000	711,16	133,58	n.a.	n.a.	n.a.
Guatemala	0	0	n.a.	5000	84150	0,06
Nicaragua	5000	5	1000,00	n.a.	n.a.	n.a.
United States of America	11534000	111902	103,07	86000000	47016900	1,83
North and Central America	3846333,333	111907	34,37	43002500	47101050	0,91
New Zealand	0	0	n.a.	4000	20400	0,20
Solomon Islands	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	0	3	0,00	n.a.	n.a.	n.a.
Oceania	104000	1102	94,37	307000	346800	0,89
Argentina	0	0	n.a.	0	0	n.a.
Brazil	18000	197	91,37	305000	48450	6,30
Chile	0	0	n.a.	93000	155550	0,60
Uruguay	0	0	n.a.	6000	7650	0,78
South America	29000	226	128,32	453000	311100	1,46
World	462528000	5957552,16	77,64	87860095000	4,32637E+11	0,20

Fonte: IMVwf / IMQwf / IMVs / IMQs (Faostat, 2017); IMPwf / IMPs (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE G – Dados para Cálculo do Índice de Substituição da Lenha

Índice de Substituição (Substitution Index)	Lenha / Pellets de Madeira (Firewood / Wood Pelets)					
	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = AS / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Angola	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Comoros	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kenya	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Madagascar	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mauritius	n.a.	654,3255	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Mozambique	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Réunion	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
South Africa	1,00000	22,9478	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Swaziland	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Uganda	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zambia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zimbabwe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Algeria	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Egypt	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Libyan Arab Jamahiriya	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Morocco	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tunisia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Benin	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cameroon	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cape Verde	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Congo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gabon	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Guinea-Bissau	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mali	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Niger	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nigeria	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Rwanda	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sao Tome and Principe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Senegal	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sierra Leone	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Africa	1,00000	40,6934	1,00000	0,02082	0,02082	0,51041
China	1,00000	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.	n.a.
Republic of Korea	1,00000	468,6662	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Bangladesh	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Bhutan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Brunei Darussalam	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
India	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Índice de Substituição (Substitution Index)	Lenha / Pellets de Madeira (Firewood / Wood Pellets)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = As / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Myanmar	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Viet Nam	1,00000	147,7717	1,00000	0,66372	0,66372	0,83186
Cyprus	n.a.	176,7292	n.a.	0,83758	n.a.	n.a.
Israel	n.a.	535,1652	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Jordan	n.a.	67,0732	n.a.	0,17920	n.a.	n.a.
Kazakhstan	n.a.	203,7815	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Kyrgyzstan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Lebanon	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Saudi Arabia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tajikistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Turkey	n.a.	102,9599	n.a.	0,39467	n.a.	n.a.
Turkmenistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	n.a.	205,7895	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Uzbekistan	n.a.	37,2263	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.
Yemen	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Asia	1,00000	66,2088	1,00000	0,17401	0,17401	0,58701
Albania	1,00000	27,5893	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Austria	1,00000	47,9748	1,00000	0,06453	0,06453	0,53227
Belarus	1,00000	70,2942	1,00000	0,19854	0,19854	0,59927
Belgium	n.a.	0,6276	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.
Bosnia and Herzegovina	1,00000	117,1952	1,00000	0,48013	0,48013	0,74007
Bulgaria	1,00000	61,7218	1,00000	0,14707	0,14707	0,57354
Croatia	1,00000	52,1249	1,00000	0,08945	0,08945	0,54473
Czech Republic	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Denmark	1,00000	45,4411	1,00000	0,04932	0,04932	0,52466
Estonia	1,00000	41,9601	1,00000	0,02842	0,02842	0,51421
Finland	1,00000	14,3792	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
France	1,00000	86,6427	1,00000	0,29670	0,29670	0,64835
Hungary	1,00000	11,9033	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Ireland	1,00000	174,9524	1,00000	0,82691	0,82691	0,91345
Italy	1,00000	51,2173	1,00000	0,08400	0,08400	0,54200
Latvia	1,00000	19,6260	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Lithuania	1,00000	19,5762	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Luxembourg	1,00000	102,1044	1,00000	0,38953	0,38953	0,69476
Netherlands	1,00000	39,8876	1,00000	0,01598	0,01598	0,50799
Norway	1,00000	76,1514	1,00000	0,23371	0,23371	0,61685
Poland	1,00000	15,5473	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Portugal	1,00000	7,3223	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Romania	1,00000	23,9601	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Russian Federation	1,00000	1549,6390	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Serbia	1,00000	11,2980	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Slovakia	1,00000	49,4727	1,00000	0,07353	0,07353	0,53676

Índice de Substituição (Substitution Index)	Lenha / Pellets de Madeira (Firewood / Wood Pellets)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = As / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Slovenia	1,00000	40,1417	1,00000	0,01750	0,01750	0,50875
Spain	1,00000	52,6584	1,00000	0,09265	0,09265	0,54633
Sweden	1,00000	17,6501	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Switzerland	1,00000	142,4436	1,00000	0,63173	0,63173	0,81586
The former Yugoslav Republic of Macedonia	n.a.	2411,3274	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Ukraine	1,00000	54,0989	1,00000	0,10130	0,10130	0,55065
United Kingdom	1,00000	173,5520	1,00000	0,81850	0,81850	0,90925
Europe	1,00000	37,8512	1,00000	0,00375	0,00375	0,50188
Cuba	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Guadeloupe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Jamaica	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Martinique	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Caribbean	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Guatemala	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nicaragua	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
United States of America	1,00000	56,3505	1,00000	0,11482	0,11482	0,55741
North and Central America	0,00000	37,6467	0,00000	0,00252	0,00000	0,00126
New Zealand	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Solomon Islands	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Oceania	1,00000	106,6087	1,00000	0,41657	0,41657	0,70829
Argentina	1,00000	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.	n.a.
Brazil	1,00000	14,5144	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Chile	1,00000	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.	n.a.
Uruguay	1,00000	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.	n.a.
South America	1,00000	88,1234	1,00000	0,30559	0,30559	0,65279
World	1,00000	382,2983	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Fonte: ϕA / ϕIMP / SI (calculado)

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE H – Dados de Disponibilidade da Madeira Serrada e dos Painéis à base de Madeira

Disponibilidade (Availability)	Madeira Serrada / 2010 (Sawnwood / 2010)				Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) *cf 1.82 - ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) *cf 1.6 - FAO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)
Angola	236452173,9	0,00177	9100	46,04	0,00343	17600	46,04
Comoros	869565,2174	0,00000	0	n.a.	0,00000	0	n.a.
Ethiopia	57391304,35	0,00031	32578	0,55	0,00158	164480	0,55
Kenya	49226086,96	0,00939	258440	1,79	0,00482	132800	1,79
Madagascar	522504347,8	0,01413	189098	39,05	0,00017	2240	39,05
Mauritius	1617391,304	0,27170	3803,8	115,53	0,00000	0	n.a.
Mozambique	172869565,2	0,01987	360360	9,53	0,00026	4800	9,53
Réunion	443478,2609	0,03761	2200	7,58	0,00000	0	n.a.
South Africa	209739130,4	0,11806	3422506,36	7,24	0,03218	932953,6	7,24
Swaziland	9252173,913	0,10664	212940	4,63	0,00641	12800	4,63
Uganda	3417391,304	0,00487	212940	0,08	0,00077	33600	0,08
Zambia	287478260,9	0,02736	285740	27,52	0,00274	28640	27,52
Zimbabwe	10365217,39	0,03491	322140	1,12	0,00275	25411,2	1,12
Algeria	99130434,78	0,00280	23296	11,91	0,00927	77120	11,91
Egypt	0	0,00123	21840	0,00	0,00534	94880	0,00
Libyan Arab Jamahiriya	0	0,05283	56420	0,00	0,00000	0	n.a.
Morocco	115452173,9	0,02110	151060	16,13	0,00780	55840	16,13
Tunisia	452173,913	0,01545	37128	0,19	0,06926	166400	0,19
Benin	93800000	0,02295	154700	13,91	0,00000	0	n.a.
Cameroon	961200000	0,13694	1678040	78,44	0,01162	142400	78,44
Cape Verde	10434782,61	0,00000	0	n.a.	0,00000	0	n.a.
Central African Republic	919373913	0,03121	82151,16	349,27	0,00243	6400	349,27
Chad	69721739,13	0,00056	4368	8,90	0,00000	0	n.a.
Congo	1184086957	0,09663	325780	351,22	0,02848	96000	351,22
Gabon	340521739,1	0,21927	629303,22	118,65	0,15164	435200	118,65
Guinea-Bissau	18034782,61	0,01046	28574	6,60	0,00000	0	n.a.
Mali	64173913,04	0,00412	23660	11,18	0,00000	0	n.a.
Niger	10434782,61	0,00069	7280	0,99	0,00000	0	n.a.
Nigeria	141339130,4	0,05017	3643640	1,95	0,00214	155200	1,95
Rwanda	65260869,57	0,03955	245700	10,51	0,00000	0	n.a.
Sao Tome and Principe	4347826,087	0,08147	9828	36,04	0,00000	0	n.a.
Senegal	206086956,5	0,00498	30940	33,16	0,00000	0	n.a.
Sierra Leone	23695652,17	0,00169	9646	4,15	0,00000	0	n.a.
Africa	5889173913	0,02236	15697996,86	8,39	0,00554	3892656	8,39
China	3958295652	0,19395	67704000	11,34	0,49892	174160000	11,34
Republic of Korea	347217391,3	0,98035	3905720	87,15	1,37711	5486400	87,15
Bangladesh	37739130,43	0,02561	706160	1,37	0,00054	14880	1,37
Bhutan	226086956,5	0,00904	45500	44,90	0,00890	44800	44,90

Disponibilidade (Availability)	Madeira Serrada / 2010 (Sawnwood / 2010)				Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) *cf 1.82 - ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) *cf 1.6 - FAO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)
Brunei Darussalam	52591304,35	0,77861	92638	442,02	0,00000	0	n.a.
India	1240991304	0,03502	12537980	3,47	0,01397	5001120	3,47
Myanmar	348173913	0,06903	2930928	8,20	0,00562	238400	8,20
Viet Nam	242086956,5	0,37433	10556000	8,58	0,03858	1088000	8,58
Cyprus	6965217,391	0,80679	7227,22	777,54	0,26024	2331,2	777,54
Israel	156521,7391	0,00000	0	n.a.	7,28889	196800	5,80
Jordan	0	0,00000	0	n.a.	0,00000	0	n.a.
Kazakhstan	0	0,56868	196196	0,00	0,53704	185280	0,00
Kyrgyzstan	0	3,17608	145782	0,00	0,00000	0	n.a.
Lebanon	1260869,565	0,63661	16562	48,47	2,84748	74080	48,47
Saudi Arabia	0	0,00000	0	n.a.	0,00000	0	n.a.
Tajikistan	0	0,00000	0	n.a.	0,00000	0	n.a.
Turkey	942139130,4	0,55165	11362260	45,74	0,51316	10569600	45,74
Turkmenistan	0	0,00000	0	n.a.	0,00000	0	n.a.
United Arab Emirates	0	0,00000	0	n.a.	0,00000	0	n.a.
Uzbekistan	0	0,58847	17654	0,00	0,17600	5280	0,00
Yemen	0	0,00000	0	n.a.	0,00000	0	n.a.
Asia	7403704348	0,13866	155982137,2	6,58	0,21230	238812091,2	6,58
Albania	65217391,3	0,03386	14560	151,67	0,04093	17600	151,67
Austria	986956521,7	0,98018	17477460	55,35	0,29936	5337960	55,35
Belarus	1373913043	0,45146	4679038	132,56	0,07401	767038,4	132,56
Belgium	146086956,5	0,52158	2517889,92	30,26	0,70380	3397529,6	30,26
Bosnia and Herzegovina	311304347,8	0,38568	1496040	80,25	0,01361	52800	80,25
Bulgaria	570434782,6	0,17796	1008671,3	100,64	0,24721	1401168	100,64
Croatia	356521739,1	0,27522	1232140	79,63	0,05468	244800	79,63
Czech Republic	668695652,2	0,51590	8634080	39,96	0,13117	2195200	39,96
Denmark	93913043,48	0,30545	815389,12	35,18	0,26098	696662,4	35,18
Estonia	390434782,6	0,44777	3223948	54,23	0,07520	541432	54,23
Finland	1865408696	0,33838	17240860	36,61	0,04230	2155200	36,61
France	2246956522	0,27119	15134572,18	40,26	0,15916	8882625,6	40,26
Hungary	293443478,3	0,05010	287603,68	51,12	0,18740	1075713,6	51,12
Ireland	63060869,57	0,53697	1405791,66	24,09	0,48953	1281600	24,09
Italy	1203478261	0,27844	2184000	153,43	0,90630	7108800	153,43
Latvia	550434782,6	0,45740	5733000	43,92	0,11723	1469278,4	43,92
Lithuania	408695652,2	0,32621	2315040	57,59	0,16142	1145600	57,59
Luxembourg	22608695,65	0,61942	170308,32	82,23	2,80799	772046,4	82,23
Netherlands	60869565,22	0,38958	420980,56	56,33	0,07494	80977,6	56,33
Norway	858260869,6	0,36912	3854760	82,18	0,08679	906406,4	82,18
Poland	1781739130	0,21655	7680400	50,24	0,36882	13080931,2	50,24
Portugal	134243478,3	0,19709	1901630,64	13,91	0,22611	2181550,4	13,91
Romania	1208695652	0,60007	7867860	92,18	0,36975	4848000	92,18
Russian Federation	70889565217	0,29939	52543303,54	403,93	0,09252	16236800	403,93

Disponibilidade (Availability)	Madeira Serrada / 2010 (Sawnwood / 2010)				Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) * cf 1.82 - ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) * cf 1.6 - FAO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)
Serbia	303130434,8	0,14039	1071980	39,70	0,05008	382400	39,70
Slovakia	446956521,7	0,48836	4687846,8	46,56	0,11476	1101600	46,56
Slovenia	361739130,4	0,46961	1383200	122,81	0,19556	576000	122,81
Spain	761321739,1	0,23057	3709695,08	47,32	0,31663	5094377,6	47,32
Sweden	2920000000	0,42241	30497740	40,44	0,01556	1123201,6	40,44
Switzerland	372173913	0,53682	2650853,66	75,37	0,35468	1751398,4	75,37
The former Yugoslav Republic of Macedonia	66086956,52	0,01442	9100	104,73	0,00000	0	n.a.
Ukraine	1842608696	0,19558	3157700	114,12	0,18115	2924800	114,12
United Kingdom	329565217,4	0,58068	5643175,72	33,91	0,55483	5392000	33,91
Europe	93954521739	0,38427	253178096,1	142,60	0,17608	116010044,8	142,60
Cuba	224347826,1	0,16533	286104	129,64	0,13776	238400	129,64
Guadeloupe	678260,8696	0,11895	1820	44,33	0,00000	0	n.a.
Jamaica	904347,8261	0,17216	120484	1,29	0,00000	0	n.a.
Martinique	391304,3478	0,14666	1820	31,53	0,00000	0	n.a.
Trinidad and Tobago	18156521,74	0,57676	56420	185,61	0,03271	3200	185,61
Caribbean	244478260,9	0,08821	516152	41,78	0,04129	241600	41,78
Guatemala	88104347,83	0,01301	243880	4,70	0,00486	91200	4,70
Nicaragua	68147826,09	0,01994	125580	10,82	0,00000	0	n.a.
United States of America	37670400000	0,29005	109224388	100,04	0,13848	52147648	100,04
North and Central America	37826652174	0,10766	109593848	37,16	0,04778	52238848	34,60
New Zealand	436556521,7	0,29844	7309120	17,83	0,11912	2917470,4	17,83
Solomon Islands	92243478,26	0,02804	49140	52,64	0,00000	0	n.a.
Tonga	373913,0435	0,88447	3656,38	90,45	0,00000	0	n.a.
Oceania	529173913	0,25149	17039711,78	7,81	0,08753	5930270,4	7,81
Argentina	1758600000	0,26179	3929380	117,17	0,13697	2055840	117,17
Brazil	38415086957	0,13491	31762640	163,17	0,06957	16379851,2	163,17
Chile	1641834783	0,24492	11564098	34,77	0,09121	4306288	34,77
Uruguay	8695652,174	0,05322	629720	0,73	0,02691	318400	0,73
South America	41824217391	0,15349	55150368	116,40	0,07363	26455579,2	116,40
World	1,87672E+11	0,19383	683522961,9	53,22	0,13082	461321889,6	53,22

Fonte: CGS (CountryStat, 2017); POWf / POs (FaoStat, 2017); cf (FONSECA, 2010); Awf / As / uf (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE I – Dados de Preço de Importação da Madeira Serrada e dos Painéis à Base de Madeira

Preço de Importação (Import Price)	Madeira Serrada / 2010 (Sawnwood / 2010)			Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels/ 2010)		
Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m³)
Angola	1937000	4979	389,03	20672000	25830	800,31
Comoros	105000	500	210,00	80000	150	533,33
Ethiopia	14963000	36500	409,95	21406000	54477	392,94
Kenya	5093000	19367	262,97	15891000	30221	525,83
Madagascar	140000	44	3181,82	1125000	2742	410,28
Mauritius	21723000	22953	946,41	17938000	64000	280,28
Mozambique	5736000	17139	334,68	3298000	4997	660,00
Réunion	38726000	84695	457,24	11830000	23607	501,12
South Africa	94697000	350904	269,87	92487000	202128	457,57
Swaziland	1705000	2545	669,94	4130000	6350	650,39
Uganda	1206000	7897	152,72	3176000	5689	558,27
Zambia	552000	5457	101,15	4050000	5194	779,75
Zimbabwe	432000	1581	273,24	10867000	22662	479,53
Algeria	464368000	1699600	273,22	126388000	195685	645,87
Egypt	1096455000	4759343	230,38	279865000	701754	398,81
Libyan Arab Jamahiriya	94278000	378293	249,22	35425000	62710	564,90
Morocco	329445000	1218870	270,29	81984000	224828	364,65
Tunisia	236447000	1012300	233,57	52375000	136009	385,08
Benin	56000	55	1018,18	2316000	3843	602,65
Cameroon	32000	34	941,18	277000	784	353,32
Cape Verde	6478000	10635	609,12	3541000	4411	802,77
Central African Republic	57000	97	587,63	347000	538	644,98
Chad	731000	2898	252,24	632000	946	668,08
Congo	86000	94	914,89	1106000	1751	631,64
Gabon	0	0	n.a.	1691000	3671	460,64
Guinea-Bissau	323000	557	579,89	355000	406	874,38
Mali	8535000	12895	661,88	3500000	3730	938,34
Niger	2403000	3532	680,35	2714000	7190	377,47
Nigeria	1083000	2399	451,44	69905000	141654	493,49
Rwanda	1469000	3769	389,76	1875000	1857	1009,69
Sao Tome and Principe	5000	4	1250,00	139000	143	972,03
Senegal	34958000	60891	574,11	8521000	11074	769,46
Sierra Leone	33000	24	1375,00	5304000	7663	692,16
Africa	2554525000	9949382	256,75	982856000	2193546	448,07
China	3868899000	14755695	262,20	442072000	1219120	362,62
Republic of Korea	330047000	1200030	275,03	964605000	2643201	364,94
Bangladesh	2376000	3677	646,18	11863000	30177	393,11
Bhutan	171000	160	1068,75	1999000	2433	821,62

Preço de Importação (Import Price)	Madeira Serrada / 2010 (Sawnwood / 2010)			Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels/ 2010)		
Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m³)
Brunei Darussalam	105000	143	734,27	2662000	3878	686,44
India	66839000	233898	285,76	208063000	374918	554,96
Myanmar	136000	343	396,50	4455000	10152	438,83
Viet Nam	546138000	1125521	485,23	312391000	676310	461,91
Cyprus	29890000	73642	405,88	37364000	108695	343,75
Israel	222590000	495914	448,85	213777000	499325	428,13
Jordan	69111000	277239	249,28	83535000	98511	847,98
Kazakhstan	94650000	514211	184,07	200696000	390432	514,04
Kyrgyzstan	27064000	171493	157,81	29328000	97986	299,31
Lebanon	102426000	373339	274,35	99936000	296755	336,76
Saudi Arabia	472408000	2101664	224,78	476836000	1074146	443,92
Tajikistan	10101000	58900	171,49	0	0	n.a.
Turkey	132290000	664000	199,23	531806000	1059200	502,08
Turkmenistan	1877000	23803	78,86	742000	2924	253,76
United Arab Emirates	207582000	783525	264,93	333646000	552768	603,59
Uzbekistan	215067000	1712444	125,59	93996000	438796	214,21
Yemen	96228000	292615	328,86	35177000	121413	289,73
Asia	10646894000	38505358	276,50	8744191000	20460134	427,38
Albania	4242000	23890	177,56	21714000	98239	221,03
Austria	535970000	1797342	298,20	439747000	809212	543,43
Belarus	3088000	8898	347,04	137262000	549717	249,70
Belgium	705364000	2107558	334,68	669860000	1875626	357,14
Bosnia and Herzegovina	9230000	39270	235,04	60212000	181310	332,09
Bulgaria	6472000	14145	457,55	93961000	312174	300,99
Croatia	53637000	239000	224,42	82881000	238000	348,24
Czech Republic	148373000	449000	330,45	224605000	740000	303,52
Denmark	424226000	1831415	231,64	222333000	882935	251,81
Estonia	162400000	641967	252,97	69196000	175609	394,03
Finland	156566000	627303	249,59	192234000	398097	482,88
France	1239342000	3834085	323,24	1187617000	2498783	475,28
Hungary	107512000	461345	233,04	159974000	441280	362,52
Ireland	97862000	242031	404,34	86822000	165881	523,40
Italy	1723213000	6134000	280,93	1017197000	2437000	417,40
Latvia	41846000	201201	207,98	49459000	150899	327,76
Lithuania	75869000	291274	260,47	142129000	453130	313,66
Luxembourg	26682000	125812	212,08	22113000	52615	420,28
Netherlands	933237000	2750000	339,36	742875000	1482600	501,06
Norway	357089000	947956	376,69	250673000	361989	692,49
Poland	227431000	714722	318,21	612272000	1713329	357,36
Portugal	130280000	208384	625,19	209326000	416311	502,81
Romania	21837000	42904	508,97	291671000	619931	470,49

Preço de Importação (Import Price)	Madeira Serrada / 2010 (Sawnwood / 2010)			Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)		
Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m³)
Russian Federation	13404000	29964	447,34	512299000	1137883	450,22
Serbia	66587000	357000	186,52	101860000	293000	347,65
Slovakia	104534000	294999	354,35	246190000	486000	506,56
Slovenia	196072000	959090	204,44	119991000	250006	479,95
Spain	403075000	1324400	304,35	459693000	1018004	451,56
Sweden	168893000	422255	399,98	481364000	1104538	435,81
Switzerland	259800000	481926	539,09	325110000	562252	578,23
The former Yugoslav Republic of Macedonia	11365000	80741	140,76	33197000	73284	452,99
Ukraine	3688000	7043	523,64	154423000	479594	321,99
United Kingdom	1852355000	5699069	325,03	1206654000	2700996	446,74
Europe	11792197000	38398527	307,10	12826015000	30043258	426,92
Cuba	7836000	22000	356,18	7513000	16010	469,27
Guadeloupe	13097000	45994	284,75	9955000	22661	439,30
Jamaica	30804000	85726	359,33	25191000	58206	432,79
Martinique	10830000	29329	369,26	4113000	7319	561,96
Trinidad and Tobago	16110000	62620	257,27	19279000	43766	440,50
Caribbean	248547000	734503	338,39	154117000	293532	525,04
Guatemala	5234000	15603	335,45	18603000	37628	494,39
Nicaragua	1312000	1795	730,92	8182000	20758	394,16
United States of America	3412054000	16575803	205,85	3156261000	8097259	389,79
North and Central America	1139533333	16593201	68,67	1061015333	8155645	130,10
New Zealand	37155000	36206	1026,21	28267000		3,47
Solomon Islands	653000	1542	423,48	821000	1473	557,37
Tonga	3449000	11377	303,16	996000	1209	823,82
Oceania	431227000	900660	478,79	309311000	571920	540,83
Argentina	11568000	37000	312,65	54005000	101000	534,70
Brazil	14736000	84296	174,81	74120000	203146	364,86
Chile	10273000	33000	311,30	98332000	227600	432,04
Uruguay	8707000	20000	435,35	19194000	51400	373,42
South America	81799000	307190	266,28	552939000	1225553	451,18
World	30043657000	108433662	277,07	28292301000	66983323	422,38

Fonte: IMVwf / IMQwf / IMVs / IMQs (FaoStat, 2017); IMPwf / IMPs (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE J – Dados para Cálculo do Índice de Substituição da Madeira Serrada

Índice de Substituição (Substitution Index)	Madeira Serrada / Painéis à base de Madeira (Sawnwood / Wood-based Panels)					
	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = A_s / A_{wf}$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMP_{wf} / IMP_s$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Angola	1,00000	0,48610	1,00000	0,11351	0,11351	0,55676
Comoros	n.a.	0,39375	n.a.	0,05895	n.a.	n.a.
Ethiopia	1,00000	1,04329	1,00000	0,44271	0,44271	0,72135
Kenya	1,00000	0,50011	1,00000	0,12179	0,12179	0,56090
Madagascar	1,00000	7,75515	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Mauritius	n.a.	3,37665	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Mozambique	1,00000	0,50709	1,00000	0,12591	0,12591	0,56296
Réunion	n.a.	0,91243	n.a.	0,36540	n.a.	n.a.
South Africa	1,00000	0,58978	1,00000	0,17477	0,17477	0,58739
Swaziland	1,00000	1,03005	1,00000	0,43489	0,43489	0,71744
Uganda	1,00000	0,27355	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Zambia	1,00000	0,12973	1,00000	0,00000	0,00000	0,50000
Zimbabwe	1,00000	0,56982	1,00000	0,16298	0,16298	0,58149
Algeria	1,00000	0,42303	1,00000	0,07625	0,07625	0,53812
Egypt	n.a.	0,57767	n.a.	0,16761	n.a.	n.a.
Libyan Arab Jamahiriya	n.a.	0,44117	n.a.	0,08697	n.a.	n.a.
Morocco	1,00000	0,74122	1,00000	0,26424	0,26424	0,63212
Tunisia	1,00000	0,60655	1,00000	0,18468	0,18468	0,59234
Benin	n.a.	1,68950	n.a.	0,82450	n.a.	n.a.
Cameroon	1,00000	2,66384	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Cape Verde	n.a.	0,75878	n.a.	0,27461	n.a.	n.a.
Central African Republic	1,00000	0,91108	1,00000	0,36460	0,36460	0,68230
Chad	n.a.	0,37757	n.a.	0,04939	n.a.	n.a.
Congo	1,00000	1,44844	1,00000	0,68208	0,68208	0,84104
Gabon	1,00000	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.	n.a.
Guinea-Bissau	n.a.	0,66320	n.a.	0,21815	n.a.	n.a.
Mali	n.a.	0,70538	n.a.	0,24307	n.a.	n.a.
Niger	n.a.	1,80240	n.a.	0,89121	n.a.	n.a.
Nigeria	1,00000	0,91478	1,00000	0,36679	0,36679	0,68339
Rwanda	n.a.	0,38602	n.a.	0,05438	n.a.	n.a.
Sao Tome and Principe	n.a.	1,28597	n.a.	0,58609	n.a.	n.a.
Senegal	n.a.	0,74612	n.a.	0,26713	n.a.	n.a.
Sierra Leone	n.a.	1,98654	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Africa	1,00000	0,57302	1,00000	0,16487	0,16487	0,58243
China	1,00000	0,72307	1,00000	0,25352	0,25352	0,62676
Republic of Korea	1,00000	0,75364	1,00000	0,27158	0,27158	0,63579
Bangladesh	1,00000	1,64374	1,00000	0,79747	0,79747	0,89873
Bhutan	1,00000	1,30078	1,00000	0,59484	0,59484	0,79742
Brunei Darussalam	n.a.	1,06968	n.a.	0,45830	n.a.	n.a.
India	1,00000	0,51493	1,00000	0,13054	0,13054	0,56527

Índice de Substituição (Substitution Index)	Madeira Serrada / Painéis à base de Madeira (Sawnwood / Wood-based Panels)					
	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = As / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Myanmar	1,00000	0,90354	1,00000	0,36014	0,36014	0,68007
Viet Nam	1,00000	1,05050	1,00000	0,44697	0,44697	0,72348
Cyprus	1,00000	1,18075	1,00000	0,52392	0,52392	0,76196
Israel	n.a.	1,04839	n.a.	0,44572	n.a.	n.a.
Jordan	n.a.	0,29397	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.
Kazakhstan	n.a.	0,35808	n.a.	0,03788	n.a.	n.a.
Kyrgyzstan	n.a.	0,52726	n.a.	0,13783	n.a.	n.a.
Lebanon	1,00000	0,81467	1,00000	0,30764	0,30764	0,65382
Saudi Arabia	n.a.	0,50635	n.a.	0,12547	n.a.	n.a.
Tajikistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Turkey	1,00000	0,39681	1,00000	0,06076	0,06076	0,53038
Turkmenistan	n.a.	0,31075	n.a.	0,00991	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	n.a.	0,43893	n.a.	0,08564	n.a.	n.a.
Uzbekistan	n.a.	0,58629	n.a.	0,17270	n.a.	n.a.
Yemen	n.a.	1,13504	n.a.	0,49692	n.a.	n.a.
Asia	1,00000	0,64698	1,00000	0,20856	0,20856	0,60428
Albania	1,00000	0,80334	1,00000	0,30094	0,30094	0,65047
Austria	1,00000	0,54874	1,00000	0,15052	0,15052	0,57526
Belarus	1,00000	1,38987	1,00000	0,64747	0,64747	0,82374
Belgium	1,00000	0,93712	1,00000	0,37998	0,37998	0,68999
Bosnia and Herzegovina	1,00000	0,70775	1,00000	0,24447	0,24447	0,62223
Bulgaria	1,00000	1,52014	1,00000	0,72444	0,72444	0,86222
Croatia	1,00000	0,64445	1,00000	0,20707	0,20707	0,60353
Czech Republic	1,00000	1,08873	1,00000	0,46956	0,46956	0,73478
Denmark	1,00000	0,91989	1,00000	0,36980	0,36980	0,68490
Estonia	1,00000	0,64201	1,00000	0,20562	0,20562	0,60281
Finland	1,00000	0,51687	1,00000	0,13169	0,13169	0,56584
France	1,00000	0,68011	1,00000	0,22814	0,22814	0,61407
Hungary	1,00000	0,64283	1,00000	0,20611	0,20611	0,60306
Ireland	1,00000	0,77252	1,00000	0,28273	0,28273	0,64137
Italy	1,00000	0,67305	1,00000	0,22396	0,22396	0,61198
Latvia	1,00000	0,63455	1,00000	0,20122	0,20122	0,60061
Lithuania	1,00000	0,83043	1,00000	0,31695	0,31695	0,65847
Luxembourg	1,00000	0,50461	1,00000	0,12445	0,12445	0,56222
Netherlands	1,00000	0,67728	1,00000	0,22646	0,22646	0,61323
Norway	1,00000	0,54397	1,00000	0,14770	0,14770	0,57385
Poland	1,00000	0,89045	1,00000	0,35241	0,35241	0,67620
Portugal	1,00000	1,24339	1,00000	0,56093	0,56093	0,78047
Romania	1,00000	1,08180	1,00000	0,46546	0,46546	0,73273
Russian Federation	1,00000	0,99359	1,00000	0,41335	0,41335	0,70667
Serbia	1,00000	0,53652	1,00000	0,14330	0,14330	0,57165
Slovakia	1,00000	0,69952	1,00000	0,23961	0,23961	0,61980

Índice de Substituição (Substitution Index)	Madeira Serrada / Painéis à base de Madeira (Sawnwood / Wood-based Panels)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\varphi A = As / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\varphi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) φA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) φIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\varphi A \times \varphi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$
Slovenia	1,00000	0,42595	1,00000	0,07797	0,07797	0,53899
Spain	1,00000	0,67398	1,00000	0,22452	0,22452	0,61226
Sweden	1,00000	0,91779	1,00000	0,36856	0,36856	0,68428
Switzerland	1,00000	0,93231	1,00000	0,37714	0,37714	0,68857
The former Yugoslav Republic of Macedonia	n.a.	0,31073	n.a.	0,00990	n.a.	n.a.
Ukraine	1,00000	1,62628	1,00000	0,78715	0,78715	0,89357
United Kingdom	1,00000	0,72755	1,00000	0,25616	0,25616	0,62808
Europe	1,00000	0,71934	1,00000	0,25131	0,25131	0,62566
Cuba	1,00000	0,75901	1,00000	0,27475	0,27475	0,63738
Guadeloupe	n.a.	0,64820	n.a.	0,20928	n.a.	n.a.
Jamaica	n.a.	0,83027	n.a.	0,31685	n.a.	n.a.
Martinique	n.a.	0,65709	n.a.	0,21453	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	1,00000	0,58403	1,00000	0,17137	0,17137	0,58568
Caribbean	1,00000	0,64450	1,00000	0,20709	0,20709	0,60355
Guatemala	1,00000	0,67851	1,00000	0,22719	0,22719	0,61359
Nicaragua	n.a.	1,85437	n.a.	0,92191	n.a.	n.a.
United States of America	1,00000	0,52809	1,00000	0,13832	0,13832	0,56916
North and Central America	0,93106	0,52788	0,93106	0,13819	0,12867	0,53463
New Zealand	1,00000	296,08425	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Solomon Islands	n.a.	0,75978	n.a.	0,27521	n.a.	n.a.
Tonga	n.a.	0,36799	n.a.	0,04373	n.a.	n.a.
Oceania	1,00000	0,88529	1,00000	0,34936	0,34936	0,67468
Argentina	1,00000	0,58471	1,00000	0,17177	0,17177	0,58589
Brazil	1,00000	0,47912	1,00000	0,10939	0,10939	0,55469
Chile	1,00000	0,72054	1,00000	0,25203	0,25203	0,62601
Uruguay	1,00000	1,16583	1,00000	0,51511	0,51511	0,75755
South America	1,00000	0,59020	1,00000	0,17501	0,17501	0,58751
World	1,00000	0,65597	1,00000	0,21388	0,21388	0,60694

Fonte: φA / φIMP / SI (calculado)

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE K – Dados de Disponibilidade dos Painéis à Base de Madeira e dos Resíduos de Madeira

Disponibilidade (Availability)	Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)				Resíduos de Madeira / 2010 (Wood Residues / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) ^{cf 1.6-FAO}	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m ³)	Produção (Production) POs (m ³)	Disponibilidade (Availability) As = (PO + IMQs) / POs (yr)
Angola	236452173,9	0,00343	17600	46,04	3336	5136338	1,00
Comoros	869565,2174	0,00000	0	n.a.	0	290563	1,00
Ethiopia	57391304,35	0,00158	164480	0,55	1233	104209300	1,00
Kenya	49226086,96	0,00482	132800	1,79	17348	27533000	1,00
Madagascar	522504347,8	0,00017	2240	39,05	7194	13380911	1,00
Mauritius	1617391,304	0,00000	0	n.a.	27434	14000	2,96
Mozambique	172869565,2	0,00026	4800	9,53	2785	18140000	1,00
Réunion	443478,2609	0,00000	0	n.a.	1067	106470	1,01
South Africa	209739130,4	0,03218	932953,6	7,24	340107	28988569	1,01
Swaziland	9252173,913	0,00641	12800	4,63	62177	1996730	1,03
Uganda	3417391,304	0,00077	33600	0,08	1950	43729358	1,00
Zambia	287478260,9	0,00274	28640	27,52	628	10444448	1,00
Zimbabwe	10365217,39	0,00275	25411,2	1,12	2336	9227270	1,00
Algeria	99130434,78	0,00927	77120	11,91	10405	8321080	1,00
Egypt	0	0,00534	94880	0,00	133935	17779447	1,01
Libyan Arab Jamahiriya	0	0,00000	0	n.a.	16306	1067892	1,02
Morocco	115452173,9	0,00780	55840	16,13	241446	7157789	1,03
Tunisia	452173,913	0,06926	166400	0,19	14830	2402607	1,01
Benin	93800000	0,00000	0	n.a.	7	6741503	1,00
Cameroon	961200000	0,01162	142400	78,44	811	12253983	1,00
Cape Verde	10434782,61	0,00000	0	n.a.	1859	193351	1,01
Central African Republic	919373913	0,00243	6400	349,27	0	2632283	1,00
Chad	69721739,13	0,00000	0	n.a.	513	7831029	1,00
Congo	1184086957	0,02848	96000	351,22	16	3371314	1,00
Gabon	340521739,1	0,15164	435200	118,65	24	2870000	1,00
Guinea-Bissau	18034782,61	0,00000	0	n.a.	41	2731864	1,00
Mali	64173913,04	0,00000	0	n.a.	49	5739248	1,00
Niger	10434782,61	0,00000	0	n.a.	695	10576857	1,00
Nigeria	141339130,4	0,00214	155200	1,95	488	72632728	1,00
Rwanda	65260869,57	0,00000	0	n.a.	1242	6211927	1,00
Sao Tome and Principe	4347826,087	0,00000	0	n.a.	24	120626	1,00
Senegal	206086956,5	0,00000	0	n.a.	4910	6215205	1,00
Sierra Leone	23695652,17	0,00000	0	n.a.	140	5705219	1,00
Africa	5889173913	0,00554	3892656	8,39	952710	702183611	1,00
China	3958295652	0,49892	174160000	11,34	34344122	349075292	1,10
Republic of Korea	347217391,3	1,37711	5486400	87,15	4217737	3984000	2,06
Bangladesh	37739130,43	0,00054	14880	1,37	17486	27568834	1,00
Bhutan	226086956,5	0,00890	44800	44,90	2158	5035000	1,00

Disponibilidade (Availability)	Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)				Resíduos de Madeira / 2010 (Wood Residues / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) ^a cf 1.6-FAO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m ³)	Produção (Production) POs (m ³)	Disponibilidade (Availability) As = (PO + IMQs) / POs (yr)
Brunei Darussalam	52591304,35	0,00000	0	n.a.	563	118979	1,00
India	1240991304	0,01397	5001120	3,47	5308463	358065678	1,01
Myanmar	348173913	0,00562	238400	8,20	0	42457000	1,00
Viet Nam	242086956,5	0,03858	1088000	8,58	898320	28200000	1,03
Cyprus	6965217,391	0,26024	2331,2	777,54	3444	8958	1,38
Israel	156521,7391	7,28889	196800	5,80	5375	27000	1,20
Jordan	0	0,00000	0	n.a.	1849	306465	1,01
Kazakhstan	0	0,53704	185280	0,00	85289	345000	1,25
Kyrgyzstan	0	0,00000	0	n.a.	3308	45900	1,07
Lebanon	1260869,565	2,84748	74080	48,47	82789	26016	4,18
Saudi Arabia	0	0,00000	0	n.a.	33841	247428	1,14
Tajikistan	0	0,00000	0	n.a.	12	90000	1,00
Turkey	942139130,4	0,51316	10569600	45,74	1416000	20597000	1,07
Turkmenistan	0	0,00000	0	n.a.	14	10000	1,00
United Arab Emirates	0	0,00000	0	n.a.	177784	18002	10,88
Uzbekistan	0	0,17600	5280	0,00	274381	30000	10,15
Yemen	0	0,00000	0	n.a.	1362	440785	1,00
Asia	7403704348	0,21230	238812091,2	6,58	53464989	1124890527	1,05
Albania	65217391,3	0,04093	17600	151,67	1860	430000	1,00
Austria	986956521,7	0,29936	5337960	55,35	8651751	17830956	1,49
Belarus	1373913043	0,07401	767038,4	132,56	35410	10364200	1,00
Belgium	146086956,5	0,70380	3397529,6	30,26	4254764	4827425	1,88
Bosnia and Herzegovina	311304347,8	0,01361	52800	80,25	112020	3879000	1,03
Bulgaria	570434782,6	0,24721	1401168	100,64	39815	5668000	1,01
Croatia	356521739,1	0,05468	244800	79,63	62000	4477000	1,01
Czech Republic	668695652,2	0,13117	2195200	39,96	1049000	16736000	1,06
Denmark	93913043,48	0,26098	696662,4	35,18	2370351	2669436	1,89
Estonia	390434782,6	0,07520	541432	54,23	336396	7200000	1,05
Finland	1865408696	0,04230	2155200	36,61	6407984	50951529	1,13
France	2246956522	0,15916	8882625,6	40,26	1733081	55807808	1,03
Hungary	293443478,3	0,18740	1075713,6	51,12	509449	5740275	1,09
Ireland	63060869,57	0,48953	1281600	24,09	121298	2617996	1,05
Italy	1203478261	0,90630	7108800	153,43	4150000	7843787	1,53
Latvia	550434782,6	0,11723	1469278,4	43,92	438237	12533818	1,03
Lithuania	408695652,2	0,16142	1145600	57,59	332142	7096860	1,05
Luxembourg	22608695,65	2,80799	772046,4	82,23	790475	274946	3,88
Netherlands	60869565,22	0,07494	80977,6	56,33	2021400	1080593	2,87
Norway	858260869,6	0,08679	906406,4	82,18	1478800	10443082	1,14
Poland	1781739130	0,36882	13080931,2	50,24	2323826	35467417	1,07
Portugal	134243478,3	0,22611	2181550,4	13,91	856259	9648360	1,09
Romania	1208695652	0,36975	4848000	92,18	611067	13111640	1,05

Disponibilidade (Availability)	Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)				Resíduos de Madeira / 2010 (Wood Residues / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) ^{*cf 1.6-FAO}	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m ³)	Produção (Production) POs (m ³)	Disponibilidade (Availability) As = (PO + IMQs) / POs (yr)
Russian Federation	70889565217	0,09252	16236800	403,93	1211	175499000	1,00
Serbia	303130434,8	0,05008	382400	39,70	105310	7636000	1,01
Slovakia	446956521,7	0,11476	1101600	46,56	650237	9599068	1,07
Slovenia	361739130,4	0,19556	576000	122,81	335601	2945449	1,11
Spain	761321739,1	0,31663	5094377,6	47,32	1841174	16089399	1,11
Sweden	2920000000	0,01556	1123201,6	40,44	6791223	72200000	1,09
Switzerland	372173913	0,35468	1751398,4	75,37	299029	4938036	1,06
The former Yugoslav Republic of Macedonia	66086956,52	0,00000	0	n.a.	78114	631000	1,12
Ukraine	1842608696	0,18115	2924800	114,12	19041	16145600	1,00
United Kingdom	329565217,4	0,55483	5392000	33,91	836000	9718263	1,09
Europe	93954521739	0,17608	116010044,8	142,60	54621040	658860063	1,08
Cuba	224347826,1	0,13776	238400	129,64	16167	1730500	1,01
Guadeloupe	678260,8696	0,00000	0	n.a.	5305	15300	1,35
Jamaica	904347,8261	0,00000	0	n.a.	12155	699856	1,02
Martinique	391304,3478	0,00000	0	n.a.	3100	12410	1,25
Trinidad and Tobago	18156521,74	0,03271	3200	185,61	5138	97822	1,05
Caribbean	244478260,9	0,04129	241600	41,78	107485	5851508	1,02
Guatemala	88104347,83	0,00486	91200	4,70	609	18750663	1,00
Nicaragua	68147826,09	0,00000	0	n.a.	1715	6298562	1,00
United States of America	37670400000	0,13848	52147648	100,04	899969	376571676	1,00
North and Central America	37826652174	0,04778	52238848	34,60	902293	401620901	1,00
New Zealand	436556521,7	0,11912	2917470,4	17,83	2779	24491000	1,00
Solomon Islands	92243478,26	0,00000	0	n.a.	0	1752451	1,00
Tonga	373913,0435	0,00000	0	n.a.	15046	4134	4,64
Oceania	529173913	0,08753	5930270,4	7,81	26623	67755098	1,00
Argentina	1758600000	0,13697	2055840	117,17	317	15009546	1,00
Brazil	38415086957	0,06957	16379851,2	163,17	42000	235432000	1,00
Chile	1641834783	0,09121	4306288	34,77	850	47215000	1,00
Uruguay	8695652,174	0,02691	318400	0,73	5000	11832000	1,00
South America	41824217391	0,07363	26455579,2	116,40	44253	359318849	1,00
World	1,87672E+11	0,13082	461321889,6	53,22	114994513	3526454948	1,03

Fonte: CGS (CountryStat, 2017); POWf / POs / IMQs (FaoStat, 2017); cf (FONSECA, 2010); Awf / As / uf (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE L – Dados de Preço de Importação dos Painéis à Base de Madeira e dos Resíduos de Madeira

Preço de Importação (Import Price)	Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)			Resíduos de Madeira / 2010 (Wood Residues / 2010)		
Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m ³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m ³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m ³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m ³)
Angola	20672000	25830	800,31	1191000	3336	357,01
Comoros	80000	150	533,33	0	0	n.a.
Ethiopia	21406000	54477	392,94	1301000	1233	1055,15
Kenya	15891000	30221	525,83	2588000	17348	149,18
Madagascar	1125000	2742	410,28	753000	7194	104,67
Mauritius	17938000	64000	280,28	5009000	27434	182,58
Mozambique	3298000	4997	660,00	405000	2785	145,42
Réunion	11830000	23607	501,12	111000	1067	104,03
South Africa	92487000	202128	457,57	15867000	340107	46,65
Swaziland	4130000	6350	650,39	3570000	62177	57,42
Uganda	3176000	5689	558,27	173000	1950	88,72
Zambia	4050000	5194	779,75	71000	628	113,06
Zimbabwe	10867000	22662	479,53	310000	2336	132,71
Algeria	126388000	195685	645,87	2763000	10405	265,55
Egypt	279865000	701754	398,81	20512000	133935	153,15
Libyan Arab Jamahiriya	35425000	62710	564,90	4281000	16306	262,54
Morocco	81984000	224828	364,65	64659000	241446	267,80
Tunisia	52375000	136009	385,08	4357000	14830	293,80
Benin	2316000	3843	602,65	1000	7	142,86
Cameroon	277000	784	353,32	197000	811	242,91
Cape Verde	3541000	4411	802,77	289000	1859	155,46
Central African Republic	347000	538	644,98	0	0	n.a.
Chad	632000	946	668,08	48000	513	93,57
Congo	1106000	1751	631,64	6000	16	375,00
Gabon	1691000	3671	460,64	21000	24	875,00
Guinea-Bissau	355000	406	874,38	7000	41	170,73
Mali	3500000	3730	938,34	12000	49	244,90
Niger	2714000	7190	377,47	144000	695	207,19
Nigeria	69905000	141654	493,49	72000	488	147,54
Rwanda	1875000	1857	1009,69	97000	1242	78,10
Sao Tome and Principe	139000	143	972,03	15000	24	625,00
Senegal	8521000	11074	769,46	1989000	4910	405,09
Sierra Leone	5304000	7663	692,16	19000	140	135,71
Africa	982856000	2193546	448,07	141890000	952710	148,93
China	442072000	1219120	362,62	6072030000	34344122	176,80
Republic of Korea	964605000	2643201	364,94	723306000	4217737	171,49
Bangladesh	11863000	30177	393,11	9289000	17486	531,22
Bhutan	1999000	2433	821,62	231000	2158	107,04

Países e Regiões (Countries and Regions)	Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)			Resíduos de Madeira / 2010 (Wood Residues / 2010)		
	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m³)
Brunei Darussalam	2662000	3878	686,44	152000	563	269,98
India	208063000	374918	554,96	1328269000	5308463	250,22
Myanmar	4455000	10152	438,83	0	0	n.a.
Viet Nam	312391000	676310	461,91	250202000	898320	278,52
Cyprus	37364000	108695	343,75	701000	3444	203,54
Israel	213777000	499325	428,13	867000	5375	161,30
Jordan	83535000	98511	847,98	300000	1849	162,25
Kazakhstan	200696000	390432	514,04	8937000	85289	104,78
Kyrgyzstan	29328000	97986	299,31	380000	3308	114,87
Lebanon	99936000	296755	336,76	5376000	82789	64,94
Saudi Arabia	476836000	1074146	443,92	7174000	33841	211,99
Tajikistan	0	0	n.a.	1000	12	83,33
Turkey	531806000	1059200	502,08	161041000	1416000	113,73
Turkmenistan	742000	2924	253,76	75000	14	5357,14
United Arab Emirates	333646000	552768	603,59	21222000	177784	119,37
Uzbekistan	93996000	438796	214,21	19610000	274381	71,47
Yemen	35177000	121413	289,73	952000	1362	698,97
Asia	8744191000	20460134	427,38	10037882000	53464989	187,75
Albania	21714000	98239	221,03	558000	1860	300,00
Austria	439747000	809212	543,43	791636000	8651751	91,50
Belarus	137262000	549717	249,70	2160000	35410	61,00
Belgium	669860000	1875626	357,14	261597000	4254764	61,48
Bosnia and Herzegovina	60212000	181310	332,09	9342000	112020	83,40
Bulgaria	93961000	312174	300,99	3351000	39815	84,16
Croatia	82881000	238000	348,24	1565000	62000	25,24
Czech Republic	224605000	740000	303,52	87328000	1049000	83,25
Denmark	222333000	882935	251,81	289731000	2370351	122,23
Estonia	69196000	175609	394,03	29826000	336396	88,66
Finland	192234000	398097	482,88	444527000	6407984	69,37
France	1187617000	2498783	475,28	206400000	1733081	119,09
Hungary	159974000	441280	362,52	23664000	509449	46,45
Ireland	86822000	165881	523,40	42555000	121298	350,83
Italy	1017197000	2437000	417,40	442212000	4150000	106,56
Latvia	49459000	150899	327,76	25471000	438237	58,12
Lithuania	142129000	453130	313,66	20433000	332142	61,52
Luxembourg	22113000	52615	420,28	40770000	790475	51,58
Netherlands	742875000	1482600	501,06	201192000	2021400	99,53
Norway	250673000	361989	692,49	130836000	1478800	88,47
Poland	612272000	1713329	357,36	124526000	2323826	53,59
Portugal	209326000	416311	502,81	116581000	856259	136,15
Romania	291671000	619931	470,49	43442000	611067	71,09

Preço de Importação (Import Price)	Painéis à base de Madeira / 2010 (Wood-based Panels / 2010)			Resíduos de Madeira / 2010 (Wood Residues / 2010)		
Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m³)
Russian Federation	512299000	1137883	450,22	562000	1211	464,08
Serbia	101860000	293000	347,65	6564000	105310	62,33
Slovakia	246190000	486000	506,56	28514000	650237	43,85
Slovenia	119991000	250006	479,95	33652000	335601	100,27
Spain	459693000	1018004	451,56	121342000	1841174	65,90
Sweden	481364000	1104538	435,81	467670000	6791223	68,86
Switzerland	325110000	562252	578,23	33712000	299029	112,74
The former Yugoslav Republic of Macedonia	33197000	73284	452,99	4228000	78114	54,13
Ukraine	154423000	479594	321,99	2083000	19041	109,40
United Kingdom	1206654000	2700996	446,74	111896000	836000	133,85
Europe	12826015000	30043258	426,92	4462081000	54621040	81,69
Cuba	7513000	16010	469,27	1034000	16167	63,96
Guadeloupe	9955000	22661	439,30	1749000	5305	329,69
Jamaica	25191000	58206	432,79	1527000	12155	125,63
Martinique	4113000	7319	561,96	1140000	3100	367,74
Trinidad and Tobago	19279000	43766	440,50	593000	5138	115,41
Caribbean	154117000	293532	525,04	13145000	107485	122,30
Guatemala	18603000	37628	494,39	158000	609	259,44
Nicaragua	8182000	20758	394,16	154000	1715	89,80
United States of America	3156261000	8097259	389,79	94567000	899969	105,08
North and Central America	1061015333	8155645	130,10	31626333,33	902293	35,05
New Zealand	28267000	62410	452,92	2946000	2779	1060,09
Solomon Islands	821000	1473	557,37	0	0	n.a.
Tonga	996000	1209	823,82	986000	15046	65,53
Oceania	309311000	571920	540,83	5939000	26623	223,08
Argentina	54005000	101000	534,70	394000	317	1242,90
Brazil	74120000	203146	364,86	1931000	42000	45,98
Chile	98332000	227600	432,04	983000	850	1156,47
Uruguay	19194000	51400	373,42	832000	5000	166,40
South America	552939000	1225553	451,18	3882000	44253	87,72
World	28292301000	66983323	422,38	15063542000	114994513	130,99

Fonte: IMVwf / IMQwf / IMVs / IMQs (Faostat, 2017); IMPwf / IMPs (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE M – Dados para Cálculo do Índice de Substituição dos Painéis à Base de Madeira

Índice de Substituição (Substitution Index)	Painéis à base de Madeira / Resíduos de Madeira (Wood-based Panels / Wood Residues)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\varphi A = A_s / A_{wf}$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\varphi IMP = IMP_{wf} / IMP_s$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) φA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) φIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\varphi A \times \varphi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$
Angola	0,021736632	2,24167	0,05444	0,83751	0,04559	0,44598
Comoros	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	1,81578959	0,37240	1,00000	0,97301	0,97301	0,98650
Kenya	0,559669673	3,52474	1,00000	0,74451	0,74451	0,87226
Madagascar	0,025622954	3,91977	0,06800	0,71588	0,04868	0,39194
Mauritius	n.a.	1,53508	n.a.	0,88873	n.a.	n.a.
Mozambique	0,104950718	4,53849	0,34471	0,67103	0,23131	0,50787
Réunion	n.a.	4,81710	n.a.	0,65084	n.a.	n.a.
South Africa	0,139834069	9,80788	0,46639	0,28908	0,13482	0,37774
Swaziland	0,222532242	11,32760	0,75486	0,17893	0,13506	0,46689
Uganda	12,79669318	6,29264	1,00000	0,54388	0,54388	0,77194
Zambia	0,036333446	6,89691	0,10536	0,50008	0,05269	0,30272
Zimbabwe	0,890440176	3,61345	1,00000	0,73808	0,73808	0,86904
Algeria	0,084045682	2,43226	0,27179	0,82370	0,22387	0,54774
Egypt	n.a.	2,60405	n.a.	0,81125	n.a.	n.a.
Libyan Arab Jamahiriya	n.a.	2,15167	n.a.	0,84404	n.a.	n.a.
Morocco	0,064089179	1,36166	0,20217	0,90130	0,18222	0,55174
Tunisia	5,346254904	1,31072	1,00000	0,90499	0,90499	0,95250
Benin	n.a.	4,21858	n.a.	0,69422	n.a.	n.a.
Cameroon	0,012749474	1,45452	0,02309	0,89457	0,02066	0,45883
Cape Verde	n.a.	5,16381	n.a.	0,62570	n.a.	n.a.
Central African Republic	0,002863126	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	n.a.	7,14006	n.a.	0,48246	n.a.	n.a.
Congo	0,002847198	1,68437	0,00000	0,87791	0,00000	0,43895
Gabon	0,008428314	0,52644	0,00802	0,96184	0,00771	0,48493
Guinea-Bissau	n.a.	5,12139	n.a.	0,62878	n.a.	n.a.
Mali	n.a.	3,83155	n.a.	0,72227	n.a.	n.a.
Niger	n.a.	1,82181	n.a.	0,86795	n.a.	n.a.
Nigeria	0,513893186	3,34477	1,00000	0,75756	0,75756	0,87878
Rwanda	n.a.	12,92823	n.a.	0,06290	n.a.	n.a.
Sao Tome and Principe	n.a.	1,55524	n.a.	0,88727	n.a.	n.a.
Senegal	n.a.	1,89947	n.a.	0,86232	n.a.	n.a.
Sierra Leone	n.a.	5,10011	n.a.	0,63032	n.a.	n.a.
Africa	0,119394729	3,00851	0,39509	0,78193	0,30893	0,58851
China	0,096864774	2,05100	0,31650	0,85133	0,26945	0,58392
Republic of Korea	0,023621331	2,12803	0,06101	0,84575	0,05160	0,45338
Bangladesh	0,730973917	0,74001	1,00000	0,94636	0,94636	0,97318
Bhutan	0,022279737	7,67556	0,05633	0,44364	0,02499	0,24999
Brunei Darussalam	n.a.	2,54252	n.a.	0,81571	n.a.	n.a.

Índice de Substituição (Substitution Index)	Painéis à base de Madeira / Resíduos de Madeira (Wood-based Panels / Wood Residues)					
	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\varphi A = A_s / A_{wf}$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\varphi IMP = IMP_{wf} / IMP_s$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) φA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) φIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\varphi A \times \varphi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\varphi A + \varphi IMP) / 2$
India	0,292809579	2,21790	1,00000	0,83924	0,83924	0,91962
Myanmar	0,121941933	n.a.	0,40398	n.a.	n.a.	n.a.
Viet Nam	0,120197802	1,65841	0,39789	0,87979	0,35006	0,63884
Cyprus	0,001780562	1,68884	0,00000	0,87759	0,00000	0,43879
Israel	0,206840278	2,65422	0,70012	0,80761	0,56542	0,75387
Jordan	n.a.	5,22636	n.a.	0,62117	n.a.	n.a.
Kazakhstan	n.a.	4,90563	n.a.	0,64442	n.a.	n.a.
Kyrgyzstan	n.a.	2,60556	n.a.	0,81114	n.a.	n.a.
Lebanon	0,086293621	5,18606	0,27963	0,62409	0,17451	0,45186
Saudi Arabia	n.a.	2,09405	n.a.	0,84821	n.a.	n.a.
Tajikistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Turkey	0,023364914	4,41471	0,06012	0,68000	0,04088	0,37006
Turkmenistan	n.a.	0,04737	n.a.	0,99657	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	n.a.	5,05649	n.a.	0,63348	n.a.	n.a.
Uzbekistan	n.a.	2,99725	n.a.	0,78275	n.a.	n.a.
Yemen	n.a.	0,41451	n.a.	0,96995	n.a.	n.a.
Asia	0,15915756	2,27635	0,53379	0,83500	0,44572	0,68440
Albania	0,006621853	0,73677	0,00172	0,94660	0,00162	0,47416
Austria	0,026832699	5,93908	0,07222	0,56951	0,04113	0,32086
Belarus	0,007569336	4,09339	0,00502	0,70329	0,00353	0,35416
Belgium	0,062169746	5,80872	0,19548	0,57896	0,11317	0,38722
Bosnia and Herzegovina	0,012820316	3,98214	0,02334	0,71136	0,01660	0,36735
Bulgaria	0,010006078	3,57621	0,01352	0,74078	0,01002	0,37715
Croatia	0,012731341	13,79607	0,02303	0,00000	0,00000	0,01151
Czech Republic	0,026596554	3,64594	0,07139	0,73573	0,05253	0,40356
Denmark	0,053664399	2,06012	0,16581	0,85067	0,14105	0,50824
Estonia	0,019302573	4,44416	0,04595	0,67787	0,03115	0,36191
Finland	0,030749033	6,96089	0,08588	0,49544	0,04255	0,29066
France	0,025608368	3,99077	0,06795	0,71073	0,04829	0,38934
Hungary	0,02129788	7,80455	0,05291	0,43429	0,02298	0,24360
Ireland	0,043438887	1,49189	0,13014	0,89186	0,11607	0,51100
Italy	0,009965936	3,91712	0,01338	0,71607	0,00958	0,36473
Latvia	0,023566925	5,63926	0,06082	0,59124	0,03596	0,32603
Lithuania	0,018177345	5,09861	0,04202	0,63043	0,02649	0,33623
Luxembourg	0,04712439	8,14865	0,14300	0,40935	0,05854	0,27617
Netherlands	0,050961314	5,03423	0,15638	0,63510	0,09932	0,39574
Norway	0,013890744	7,82698	0,02707	0,43267	0,01171	0,22987
Poland	0,021210312	6,66879	0,05260	0,51662	0,02718	0,28461
Portugal	0,078250498	3,69303	0,25157	0,73231	0,18423	0,49194
Romania	0,011353319	6,61803	0,01822	0,52030	0,00948	0,26926
Russian Federation	0,002475685	0,97014	0,00000	0,92968	0,00000	0,46484
Serbia	0,025537884	5,57747	0,06770	0,59572	0,04033	0,33171

Índice de Substituição (Substitution Index)	Painéis à base de Madeira / Resíduos de Madeira (Wood-based Panels / Wood Residues)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = A_s / A_{wf}$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMP_{wf} / IMP_s$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Slovakia	0,022931324	11,55175	0,05861	0,16268	0,00953	0,11064
Slovenia	0,00907021	4,78642	0,01026	0,65306	0,00670	0,33166
Spain	0,023551899	6,85176	0,06077	0,50335	0,03059	0,28206
Sweden	0,027051789	6,32851	0,07298	0,54128	0,03950	0,30713
Switzerland	0,014071553	5,12895	0,02770	0,62823	0,01740	0,32797
The former Yugoslav Republic of Macedonia	n.a.	8,36919	n.a.	0,39336	n.a.	n.a.
Ukraine	0,008772693	2,94333	0,00922	0,78665	0,00725	0,39794
United Kingdom	0,032024809	3,33772	0,09033	0,75807	0,06847	0,42420
Europe	0,007593899	5,22597	0,00511	0,62120	0,00317	0,31315
Cuba	0,007785531	7,33721	0,00578	0,46817	0,00270	0,23697
Guadeloupe	n.a.	1,33247	n.a.	0,90342	n.a.	n.a.
Jamaica	n.a.	3,44503	n.a.	0,75029	n.a.	n.a.
Martinique	n.a.	1,52814	n.a.	0,88923	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	0,00567069	3,81669	0,00000	0,72335	0,00000	0,36167
Caribbean	0,024374327	4,29321	0,06364	0,68881	0,04384	0,37623
Guatemala	0,212830268	1,90560	0,72102	0,86187	0,62142	0,79144
Nicaragua	n.a.	4,38952	n.a.	0,68183	n.a.	n.a.
United States of America	0,010020378	3,70956	0,01357	0,73111	0,00992	0,37234
North and Central America	0,028967601	3,71161	0,07966	0,73097	0,05823	0,40531
New Zealand	0,056106776	0,42725	0,17433	0,96903	0,16893	0,57168
Solomon Islands	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	n.a.	12,57121	n.a.	0,08878	n.a.	n.a.
Oceania	0,128089687	2,42440	0,42542	0,82427	0,35066	0,62485
Argentina	0,008535121	0,43021	0,00839	0,96882	0,00813	0,48860
Brazil	0,006129727	7,93586	0,00000	0,42477	0,00000	0,21239
Chile	0,028757979	0,37358	0,07893	0,97292	0,07679	0,52593
Uruguay	1,361255	2,24414	1,00000	0,83734	0,83734	0,91867
South America	0,008592225	5,14319	0,00859	0,62720	0,00539	0,31789
World	0,019403273	3,22442	0,04630	0,76628	0,03548	0,40629

Fonte: ϕA / ϕIMP / SI (calculado)

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE N – Dados de Disponibilidade da Polpa de Madeira e da Polpa de Outras Fibras que não Madeira

Disponibilidade (Availability)	Polpa de Madeira / 2010 (Wood Pulp / 2010)				Polpa de outras Fibras / 2010 (Pulp from fibres / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) *cf 3.37-ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (mt)	Produção (Production) POs (mt)	Disponibilidade (Availability) As = (PO + IMQs) / POs (yr)
Angola	236452173,9	0,00984	50550	46,04	15	0	n.a.
Comoros	869565,2174	0,00000	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	57391304,35	0,00000	0	n.a.	16	9400	1,00
Kenya	49226086,96	0,00000	0	n.a.	5	0	n.a.
Madagascar	522504347,8	0,00018	2359	39,05	14	2000	1,01
Mauritius	1617391,304	0,00000	0	n.a.	568	0	n.a.
Mozambique	172869565,2	0,00000	0	n.a.	477	0	n.a.
Réunion	443478,2609	0,00000	0	n.a.	110	0	n.a.
South Africa	209739130,4	0,26715	7744260	7,24	7394	79000	1,09
Swaziland	9252173,913	0,02532	50550	4,63	n.a.	n.a.	n.a.
Uganda	3417391,304	0,00000	0	n.a.	1	0	n.a.
Zambia	287478260,9	0,00000	0	n.a.	7	0	n.a.
Zimbabwe	10365217,39	0,00000	0	n.a.	27	2000	1,01
Algeria	99130434,78	0,00000	0	n.a.	1023	2000	1,51
Egypt	0	0,00777	138170	0,00	426	120000	1,00
Libyan Arab Jamahiriya	0	0,00000	0	n.a.	8	0	n.a.
Morocco	115452173,9	0,10405	744770	16,13	4	5000	1,00
Tunisia	452173,913	0,00000	0	n.a.	59	10000	1,01
Benin	93800000	0,00000	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cameroon	961200000	0,00000	0	n.a.	24	0	n.a.
Cape Verde	10434782,61	0,00000	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	919373913	0,00000	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	69721739,13	0,00000	0	n.a.	9	0	n.a.
Congo	1184086957	0,00000	0	n.a.	13	0	n.a.
Gabon	340521739,1	0,00000	0	n.a.	3	0	n.a.
Guinea-Bissau	18034782,61	0,00000	0	n.a.	1	0	n.a.
Mali	64173913,04	0,00000	0	n.a.	23	0	n.a.
Niger	10434782,61	0,00000	0	n.a.	191	0	n.a.
Nigeria	141339130,4	0,00107	77510	1,95	111	0	n.a.
Rwanda	65260869,57	0,00000	0	n.a.	23	0	n.a.
Sao Tome and Principe	4347826,087	0,00000	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Senegal	206086956,5	0,00000	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sierra Leone	23695652,17	0,00000	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Africa	5889173913	0,01281	8996889	8,39	10816	229400	1,05
China	3958295652	0,06912	24129200	11,34	49761	12970000	1,00
Republic of Korea	347217391,3	0,43225	1722070	87,15	15616	0	n.a.
Bangladesh	37739130,43	0,00575	158390	1,37	6584	18000	1,37
Bhutan	226086956,5	0,00000	0	n.a.	12	0	n.a.

Disponibilidade (Availability)	Polpa de Madeira / 2010 (Wood Pulp / 2010)				Polpa de outras Fibras / 2010 (Pulp from fibres / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) * cf 3.37-ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (mt)	Produção (Production) POs (mt)	Disponibilidade (Availability) As = (PO + IMQs) / POs (yr)
Brunei Darussalam	52591304,35	0,00000	0	n.a.	21	0	n.a.
India	1240991304	0,02172	7776612	3,47	2460	1995300	1,00
Myanmar	348173913	0,00010	4044	8,20	0	38600	1,00
Viet Nam	242086956,5	0,04422	1246900	8,58	271	60000	1,00
Cyprus	6965217,391	0,00000	0	n.a.	56	0	n.a.
Israel	156521,7391	0,00000	0	n.a.	1613	15000	1,11
Jordan	0	0,00000	0	n.a.	2025	8000	1,25
Kazakhstan	0	0,00000	0	n.a.	46	0	n.a.
Kyrgyzstan	0	0,00000	0	n.a.	0	0	n.a.
Lebanon	1260869,565	0,00000	0	n.a.	75	0	n.a.
Saudi Arabia	0	0,00000	0	n.a.	16692	0	n.a.
Tajikistan	0	0,00000	0	n.a.	0	0	n.a.
Turkey	942139130,4	0,01064	219050	45,74	3000	53000	1,06
Turkmenistan	0	0,00000	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	0	0,00000	0	n.a.	1860	0	n.a.
Uzbekistan	0	0,00000	0	n.a.	0	9500	1,00
Yemen	0	0,00000	0	n.a.	17	0	n.a.
Asia	7403704348	0,08309	93462232	6,58	182967	15963900	1,01
Albania	65217391,3	0,00000	0	n.a.	6	0	n.a.
Austria	986956521,7	0,37506	6687734,67	55,35	31968	0	n.a.
Belarus	1373913043	0,01649	170859	132,56	600	0	n.a.
Belgium	146086956,5	0,31611	1525983,18	30,26	9010	218	42,33
Bosnia and Herzegovina	311304347,8	0,05039	195460	80,25	10	0	n.a.
Bulgaria	570434782,6	0,08037	455533,01	100,64	906	0	n.a.
Croatia	356521739,1	0,07302	326890	79,63	262	0	n.a.
Czech Republic	668695652,2	0,14458	2419660	39,96	1000	3927	1,25
Denmark	93913043,48	0,00884	23590	35,18	4521	0	n.a.
Estonia	390434782,6	0,10333	744011,75	54,23	97	0	n.a.
Finland	1865408696	0,69501	35411960	36,61	1975	0	n.a.
France	2246956522	0,11065	6175410,42	40,26	15007	85981	1,17
Hungary	293443478,3	0,00000	0	n.a.	283	15000	1,02
Ireland	63060869,57	0,00129	3370	24,09	250	0	n.a.
Italy	1203478261	0,16971	1331150	153,43	15466	176000	1,09
Latvia	550434782,6	0,00000	0	n.a.	68	0	n.a.
Lithuania	408695652,2	0,00000	0	n.a.	165	0	n.a.
Luxembourg	22608695,65	0,00000	0	n.a.	2	0	n.a.
Netherlands	60869565,22	0,30206	326401,35	56,33	51900	0	n.a.
Norway	858260869,6	0,65218	6810770	82,18	345	0	n.a.
Poland	1781739130	0,10260	3638929,37	50,24	4573	99954	1,05
Portugal	134243478,3	0,68529	6611892,82	13,91	43	0	n.a.
Romania	1208695652	0,00000	0	n.a.	272	0	n.a.

Disponibilidade (Availability)	Polpa de Madeira / 2010 (Wood Pulp / 2010)				Polpa de outras Fibras / 2010 (Pulp from fibres / 2010)		
	Estoque Comercial de Crescimento (Commercial Growing Stock) CGS (m ³ ub) - 2010	Fração de uso (Use Fraction) uf (dimensionless)	Produção (Production) POwf (m ³ rw eq.) *cf 3.37-ITTO	Disponibilidade (Availability) Awf = (CGS x uf) / POWf (yr)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (mt)	Produção (Production) POs (mt)	Disponibilidade (Availability) As = (PO + IMQs) / POs (yr)
Russian Federation	70889565217	0,14164	24857120	403,93	6417	0	n.a.
Serbia	303130434,8	0,00000	0	n.a.	0	0	n.a.
Slovakia	446956521,7	0,22376	2147903,2	46,56	0	0	n.a.
Slovenia	361739130,4	0,04920	144910	122,81	252	0	n.a.
Spain	761321739,1	0,39250	6315043	47,32	2550	900000	1,00
Sweden	2920000000	0,55376	39981680	40,44	12000	0	n.a.
Switzerland	372173913	0,08456	417556,48	75,37	3002	0	n.a.
The former Yugoslav Republic of Macedonia	66086956,52	0,00000	0	n.a.	6	0	n.a.
Ukraine	1842608696	0,00000	0	n.a.	475	0	n.a.
United Kingdom	329565217,4	0,07906	768360	33,91	27594	0	n.a.
Europe	93954521739	0,23799	156803565,8	142,60	250245	1281080	1,20
Cuba	224347826,1	0,00000	0	n.a.	0	100	1,00
Guadeloupe	678260,8696	0,00000	0	n.a.	2	0	n.a.
Jamaica	904347,8261	0,00000	0	n.a.	0	0	n.a.
Martinique	391304,3478	0,00000	0	n.a.	100	0	n.a.
Trinidad and Tobago	18156521,74	0,00000	0	n.a.	28	0	n.a.
Caribbean	244478260,9	0,00000	0	n.a.	221	100	3,21
Guatemala	88104347,83	0,00000	0	n.a.	30	0	n.a.
Nicaragua	68147826,09	0,00000	0	n.a.	2	0	n.a.
United States of America	37670400000	0,45557	171553014,4	100,04	27073	245000	1,11
North and Central America	37826652174	0,15186	171553014,4	33,48	27105	245000	1,11
New Zealand	436556521,7	0,21229	5199219,15	17,83	413	0	n.a.
Solomon Islands	92243478,26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	373913,0435	0,00000	0	n.a.	3	0	n.a.
Oceania	529173913	0,14159	9593699,15	7,81	1432	0	n.a.
Argentina	1758600000	0,15964	2396070	117,17	3000	236000	1,01
Brazil	38415086957	0,20718	48777380	163,17	9578	57000	1,17
Chile	1641834783	0,29278	13823740	34,77	3000	0	n.a.
Uruguay	8695652,174	0,31786	3760920	0,73	0	0	n.a.
South America	41824217391	0,19393	69683879,33	116,40	17096	486207	1,04
World	1,87672E+11	0,16301	574843785,7	53,22	515587	18283687	1,03

Fonte: CGS (CountryStat, 2017); POWf / POs / IMQs (FaoStat, 2017); cf (FONSECA, 2010); Awf / As / uf (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE O – Dados de Preço de Importação da Polpa de Madeira e da Polpa de Outras Fibras que não Madeira

Preço de Importação (Import Price)	Polpa de Madeira / 2010 (Wood Pulp / 2010)			Polpa de outras Fibras / 2010 (Pulp from Fibres / 2010)		
Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m ³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m ³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m ³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m ³)
Angola	832000	1408	590,91	21000	15	1400,00
Comoros	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	4087000	6282	650,59	22000	16	1375,00
Kenya	1931000	2187	882,94	10000	5	2000,00
Madagascar	44000	49	897,96	12000	14	857,14
Mauritius	1269000	1301	975,40	926000	568	1630,28
Mozambique	135000	225	600,00	769000	477	1612,16
Réunion	31000	26	1192,31	102000	110	927,27
South Africa	49376000	59812	825,52	6706000	7394	906,95
Swaziland	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Uganda	152000	219	694,06	13000	1	13000,00
Zambia	90000	80	1125,00	8000	7	1142,86
Zimbabwe	848000	1100	770,91	25000	27	925,93
Algeria	38638000	39351	981,88	745000	1023	728,25
Egypt	28875000	18225	1584,36	888000	426	2084,51
Libyan Arab Jamahiriya	3175000	4754	667,86	15000	8	1875,00
Morocco	22083000	24848	888,72	11000	4	2750,00
Tunisia	77887000	101802	765,08	130000	59	2203,39
Benin	312000	440	709,09	n.a.	n.a.	n.a.
Cameroon	1013000	1204	841,36	41000	24	1708,33
Cape Verde	4000	2	2000,00	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	134000	288	465,28	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	0	0	n.a.	15000	9	1666,67
Congo	97000	133	729,32	32000	13	2461,54
Gabon	152000	253	600,79	4000	3	1333,33
Guinea-Bissau	50000	26	1923,08	1000	1	1000,00
Mali	3484000	3388	1028,34	22000	23	956,52
Niger	1171000	2002	584,92	206000	191	1078,53
Nigeria	22049000	34093	646,73	311000	111	2801,80
Rwanda	124000	258	480,62	71000	23	3086,96
Sao Tome and Principe	31000	36	861,11	n.a.	n.a.	n.a.
Senegal	300000	272	1102,94	n.a.	n.a.	n.a.
Sierra Leone	977000	1806	540,97	n.a.	n.a.	n.a.
Africa	264107000	311338	848,30	11410000	10816	1054,92
China	8771624000	11299951	776,25	41687000	49761	837,74
Republic of Korea	1844412000	2517326	732,69	28741000	15616	1840,48
Bangladesh	20382000	29866	682,45	4938000	6584	750,00
Bhutan	198000	507	390,53	9000	12	750,00

Países e Regiões (Countries and Regions)	Polpa de Madeira / 2010 (Wood Pulp / 2010)			Polpa de outras Fibras / 2010 (Pulp from Fibres / 2010)		
	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m³)
Brunei Darussalam	48000	28	1714,29	48000	21	2285,71
India	476050000	799690	595,29	4753000	2460	1932,11
Myanmar	854000	1058	807,18	0	0	n.a.
Viet Nam	96871000	158087	612,77	1229000	271	4535,06
Cyprus	60000	62	967,74	85000	56	1517,86
Israel	131933000	163461	807,12	2589000	1613	1605,08
Jordan	56033000	68799	814,44	1459000	2025	720,49
Kazakhstan	2979000	3885	766,80	90000	46	1956,52
Kyrgyzstan	0	0	n.a.	0	0	n.a.
Lebanon	18565000	23579	787,35	87000	75	1160,00
Saudi Arabia	57733000	74488	775,06	16491000	16692	987,96
Tajikistan	0	0	n.a.	0	0	n.a.
Turkey	524907000	627000	837,17	2255000	3000	751,67
Turkmenistan	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	38759000	59862	647,47	1493000	1860	802,69
Uzbekistan	1661000	1581	1050,60	0	0	n.a.
Yemen	19000	21	904,76	44000	17	2588,24
Asia	16133444000	20799832	775,65	248178000	182967	1356,41
Albania	1038000	4354	238,40	25000	6	4166,67
Austria	500193000	615037	813,27	38425000	31968	1201,98
Belarus	39665000	48126	824,19	362000	600	603,33
Belgium	780199000	837732	931,32	24687000	9010	2739,96
Bosnia and Herzegovina	26364000	34580	762,41	12000	10	1200,00
Bulgaria	7698000	8624	892,63	1896000	906	2092,72
Croatia	315000	404	779,70	384000	262	1465,65
Czech Republic	144587000	177249	815,73	2592000	1000	2592,00
Denmark	53087000	72922	728,00	4323000	4521	956,20
Estonia	44000	47	936,17	118000	97	1216,49
Finland	302397000	419322	721,16	2488000	1975	1259,75
France	1551192000	1930302	803,60	34902000	15007	2325,71
Hungary	66685000	87801	759,50	840000	283	2968,20
Ireland	40879000	40610	1006,62	313000	250	1252,00
Italy	2501636000	3425366	730,33	18209000	15466	1177,36
Latvia	65000	64	1015,63	48000	68	705,88
Lithuania	20204000	24337	830,18	305000	165	1848,48
Luxembourg	13000	1	13000,00	1000	2	500,00
Netherlands	959531000	1210400	792,74	56309000	51900	1084,95
Norway	35378000	47619	742,94	828000	345	2400,00
Poland	503838000	678920	742,12	4369000	4573	955,39
Portugal	22889000	34788	657,96	138000	43	3209,30
Romania	58856000	73873	796,72	396000	272	1455,88

Preço de Importação (Import Price)	Polpa de Madeira / 2010 (Wood Pulp / 2010)			Polpa de outras Fibras / 2010 (Pulp from Fibres / 2010)		
Países e Regiões (Countries and Regions)	Valor de Importação (Import Value) IMVwf (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQwf (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPwf = IMVwf / IMQwf (US\$/m³)	Valor de Importação (Import Value) IMVs (US\$)	Quantidade de Importação (Import Quantity) IMQs (m³)	Preço de Importação (Import Price) IMPs = IMVs / IMQs (US\$/m³)
Russian Federation	54721000	60860	899,13	7607000	6417	1185,44
Serbia	25345000	34085	743,58	0	0	n.a.
Slovakia	160608000	199029	806,96	0	0	n.a.
Slovenia	153647000	211096	727,85	516000	252	2047,62
Spain	672471000	1184796	567,58	2835000	2550	1111,76
Sweden	330346000	440118	750,59	23278000	12000	1939,83
Switzerland	370540000	471795	785,38	4034000	3002	1343,77
The former Yugoslav Republic of Macedonia	329000	343	959,18	13000	6	2166,67
Ukraine	68353000	87242	783,49	876000	475	1844,21
United Kingdom	857756000	1061000	808,44	56540000	27594	2049,00
Europe	14430223000	18761266	769,15	368295000	250245	1471,74
Cuba	2207000	3783	583,40	0	0	n.a.
Guadeloupe	8000	17	470,59	2000	2	1000,00
Jamaica	101000	255	396,08	0	0	n.a.
Martinique	83000	100	830,00	117000	100	1170,00
Trinidad and Tobago	12609000	16396	769,03	29000	28	1035,71
Caribbean	18489000	25345	729,49	208000	221	941,18
Guatemala	1066000	1041	1024,02	31000	30	1033,33
Nicaragua	32000	88	363,64	2000	2	1000,00
United States of America	3731815000	5591374	667,42	22515000	27073	831,64
North and Central America	1244304333	5592503	222,50	7516000	27105	277,29
New Zealand	14737000	20123	732,35	831000	413	2012,11
Solomon Islands	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	5000	9	555,56	5000	3	1666,67
Oceania	186415000	259563	718,19	2696000	1432	1882,68
Argentina	86804000	106197	817,39	3807000	3000	1269,00
Brazil	341533000	424404	804,74	15489000	9578	1617,14
Chile	16713000	19010	879,17	2382000	3000	794,00
Uruguay	12998000	17000	764,59	0	0	n.a.
South America	779121000	960003	811,58	24735000	17096	1446,83
World	36466530000	47854182	762,03	699866000	515587	1357,42

Fonte: IMVwf / IMQwf / IMVs / IMQs (Faostat, 2017); IMPwf / IMPs (calculado).

Nota: n.a. – dado não disponível

APÊNDICE P – Dados para Cálculo do Índice de Substituição da Polpa de Madeira

Índice de Substituição (Substitution Index)	Polpa de Madeira / Polpa de outras fibras que não Madeira (Wood Pulp/ Pulp from Fbres other than Wood)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = A_s / A_{wf}$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMP_{wf} / IMP_s$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Angola	n.a.	0,42208	n.a.	0,17593	n.a.	n.a.
Comoros	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ethiopia	n.a.	0,47316	n.a.	0,21733	n.a.	n.a.
Kenya	n.a.	0,44147	n.a.	0,19165	n.a.	n.a.
Madagascar	0,0258	1,04762	0,12980	0,68294	0,08864	0,40637
Mauritius	n.a.	0,59830	n.a.	0,31877	n.a.	n.a.
Mozambique	n.a.	0,37217	n.a.	0,13548	n.a.	n.a.
Réunion	n.a.	1,28582	n.a.	0,87601	n.a.	n.a.
South Africa	0,1511	0,91021	1,00000	0,57157	0,57157	0,78579
Swaziland	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Uganda	n.a.	0,05339	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.
Zambia	n.a.	0,98438	n.a.	0,63168	n.a.	n.a.
Zimbabwe	n.a.	0,83258	n.a.	0,50865	n.a.	n.a.
Algeria	n.a.	1,34827	n.a.	0,92663	n.a.	n.a.
Egypt	n.a.	0,76007	n.a.	0,44988	n.a.	n.a.
Libyan Arab Jamahiriya	n.a.	0,35619	n.a.	0,12253	n.a.	n.a.
Morocco	0,0620	0,32317	0,38149	0,09577	0,03653	0,23863
Tunisia	n.a.	0,34723	n.a.	0,11527	n.a.	n.a.
Benin	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cameroon	n.a.	0,49250	n.a.	0,23301	n.a.	n.a.
Cape Verde	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Central African Republic	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Chad	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Congo	n.a.	0,29629	n.a.	0,07398	n.a.	n.a.
Gabon	n.a.	0,45059	n.a.	0,19904	n.a.	n.a.
Guinea-Bissau	n.a.	1,92308	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Mali	n.a.	1,07508	n.a.	0,70520	n.a.	n.a.
Niger	n.a.	0,54232	n.a.	0,27339	n.a.	n.a.
Nigeria	n.a.	0,23083	n.a.	0,02092	n.a.	n.a.
Rwanda	n.a.	0,15569	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.
Sao Tome and Principe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Senegal	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sierra Leone	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Africa	0,1249	0,80413	0,81748	0,48559	0,39696	0,65154
China	0,0885	0,92660	0,56530	0,58485	0,33062	0,57508
Republic of Korea	n.a.	0,39809	n.a.	0,15649	n.a.	n.a.
Bangladesh	0,9977	0,90993	1,00000	0,57134	0,57134	0,78567
Bhutan	n.a.	0,52071	n.a.	0,25587	n.a.	n.a.

Índice de Substituição (Substitution Index)	Polpa de Madeira / Polpa de outras fibras que não Madeira (Wood Pulp/ Pulp from Fbres other than Wood)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = As / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Brunei Darussalam	n.a.	0,75000	n.a.	0,44172	n.a.	n.a.
India	0,2889	0,30810	1,00000	0,08356	0,08356	0,54178
Myanmar	0,1219	n.a.	0,79726	n.a.	n.a.	n.a.
Viet Nam	0,1170	0,13512	0,76305	0,00000	0,00000	0,38152
Cyprus	n.a.	0,63757	n.a.	0,35059	n.a.	n.a.
Israel	n.a.	0,50285	n.a.	0,24140	n.a.	n.a.
Jordan	n.a.	1,13040	n.a.	0,75003	n.a.	n.a.
Kazakhstan	n.a.	0,39192	n.a.	0,15149	n.a.	n.a.
Kyrgyzstan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Lebanon	n.a.	0,67875	n.a.	0,38397	n.a.	n.a.
Saudi Arabia	n.a.	0,78451	n.a.	0,46969	n.a.	n.a.
Tajikistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Turkey	0,0231	1,11375	0,11113	0,73654	0,08185	0,42384
Turkmenistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
United Arab Emirates	n.a.	0,80663	n.a.	0,48762	n.a.	n.a.
Uzbekistan	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Yemen	n.a.	0,34957	n.a.	0,11716	n.a.	n.a.
Asia	0,1537	0,57184	1,00000	0,29732	0,29732	0,64866
Albania	n.a.	0,05722	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.
Austria	n.a.	0,67661	n.a.	0,38223	n.a.	n.a.
Belarus	n.a.	1,36606	n.a.	0,94104	n.a.	n.a.
Belgium	1,3988	0,33990	1,00000	0,10933	0,10933	0,55466
Bosnia and Herzegovina	n.a.	0,63534	n.a.	0,34878	n.a.	n.a.
Bulgaria	n.a.	0,42654	n.a.	0,17955	n.a.	n.a.
Croatia	n.a.	0,53198	n.a.	0,26501	n.a.	n.a.
Czech Republic	0,0314	0,31471	0,16876	0,08891	0,01500	0,12883
Denmark	n.a.	0,76134	n.a.	0,45091	n.a.	n.a.
Estonia	n.a.	0,76956	n.a.	0,45757	n.a.	n.a.
Finland	n.a.	0,57246	n.a.	0,29782	n.a.	n.a.
France	0,0292	0,34553	0,15328	0,11389	0,01746	0,13359
Hungary	n.a.	0,25588	n.a.	0,04123	n.a.	n.a.
Ireland	n.a.	0,80401	n.a.	0,48550	n.a.	n.a.
Italy	0,0071	0,62031	0,00000	0,33660	0,00000	0,16830
Latvia	n.a.	1,43880	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Lithuania	n.a.	0,44911	n.a.	0,19784	n.a.	n.a.
Luxembourg	n.a.	26,00000	n.a.	1,00000	n.a.	n.a.
Netherlands	n.a.	0,73067	n.a.	0,42605	n.a.	n.a.
Norway	n.a.	0,30956	n.a.	0,08473	n.a.	n.a.
Poland	0,0208	0,77677	0,09528	0,46341	0,04416	0,27935
Portugal	n.a.	0,20502	n.a.	0,00000	n.a.	n.a.
Romania	n.a.	0,54724	n.a.	0,27738	n.a.	n.a.

Índice de Substituição (Substitution Index)	Polpa de Madeira / Polpa de outras fibras que não Madeira (Wood Pulp/ Pulp from Fbres other than Wood)					
Países e Regiões (Countries and Regions)	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) $\phi A = As / Awf$	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) $\phi IMP = IMPwf / IMPs$	Razão da Disponibilidade (Availability Ratio) ϕA normalizado (normalized)	Razão do Preço de Importação (Import Price Ratio) ϕIMP normalizado (normalized)	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A \times \phi IMP)$	Índice de Substituição (Substitution Index) $SI = (\phi A + \phi IMP) / 2$
Russian Federation	n.a.	0,75847	n.a.	0,44859	n.a.	n.a.
Serbia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Slovakia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Slovenia	n.a.	0,35546	n.a.	0,12194	n.a.	n.a.
Spain	0,0212	0,51053	0,09790	0,24762	0,02424	0,17276
Sweden	n.a.	0,38693	n.a.	0,14745	n.a.	n.a.
Switzerland	n.a.	0,58446	n.a.	0,30755	n.a.	n.a.
The former Yugoslav Republic of Macedonia	n.a.	0,44270	n.a.	0,19265	n.a.	n.a.
Ukraine	n.a.	0,42484	n.a.	0,17817	n.a.	n.a.
United Kingdom	n.a.	0,39455	n.a.	0,15362	n.a.	n.a.
Europe	0,0084	0,52261	0,00897	0,25742	0,00231	0,13319
Cuba	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Guadeloupe	n.a.	0,47059	n.a.	0,21525	n.a.	n.a.
Jamaica	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Martinique	n.a.	0,70940	n.a.	0,40881	n.a.	n.a.
Trinidad and Tobago	n.a.	0,74251	n.a.	0,43565	n.a.	n.a.
Caribbean	n.a.	0,77509	n.a.	0,46205	n.a.	n.a.
Guatemala	n.a.	0,99098	n.a.	0,63704	n.a.	n.a.
Nicaragua	n.a.	0,36364	n.a.	0,12856	n.a.	n.a.
United States of America	0,0111	0,80254	0,02784	0,48430	0,01348	0,25607
North and Central America	0,0332	0,80239	0,18103	0,48418	0,08765	0,33260
New Zealand	n.a.	0,36397	n.a.	0,12883	n.a.	n.a.
Solomon Islands	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tonga	n.a.	0,33333	n.a.	0,10400	n.a.	n.a.
Oceania	n.a.	0,38147	n.a.	0,14302	n.a.	n.a.
Argentina	0,0086	0,64412	0,01078	0,35590	0,00384	0,18334
Brazil	0,0072	0,49763	0,00047	0,23717	0,00011	0,11882
Chile	n.a.	1,10727	n.a.	0,73129	n.a.	n.a.
Uruguay	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
South America	0,0089	0,56094	0,01252	0,28848	0,00361	0,15050
World	0,0193	0,56139	0,08490	0,28884	0,02452	0,18687

Fonte: ϕA / ϕIMP / SI (calculado)

Nota: n.a. – dado não disponível

ANEXO A – PRINCIPAIS PRODUTOS FLORESTAIS MADEIREIROS

	Produto Florestal (<i>forest product</i>)	Descrição (<i>description</i>)
1	madeira em tora (<i>roundwood</i>)	madeira em tora caída e/ou removida da floresta (representa a soma das demais)
1.1	madeira para combustível (<i>wood fuel</i>)	madeira em tora para fins combustíveis, como aquecimento, cozimento e energia e carvão vegetal de madeira
1.2	madeira em tora industrial (<i>industrial roundwood</i>)	madeira em tora para produção de outros produtos e serviços, excluindo combustível
1.2.1	toras serradas e folheadas (<i>sawlogs and venner logs</i>)	madeira em tora para a fabricação de madeira serrada, dormentes e folheados
1.2.2	polpa de madeira, partículas e fibras (<i>pulpwood, round and Split</i>)	madeira em tora usada para produção de polpa, painéis de partículas e painéis de fibras
1.2.3	outras madeiras industriais (<i>other industrial roundwood</i>)	madeira industrial para outros fins que não polpa, partículas e fibras
2	carvão vegetal de madeira (<i>wood charcoal</i>)	madeira carbonizada
3	aparas, partículas e resíduos de madeira (<i>wood chips, particles and residues</i>)	madeira reduzida a pequenos pedaços e resíduos de madeira destinados a produção de outros produtos de madeira
3.1	aparas e partículas de madeira (<i>wood chips and particles</i>)	madeira reduzida a pequenos pedaços destinada a produção de outros produtos de madeira
3.2	resíduos de madeira (<i>wood residues</i>)	madeira que sobra do processo de produção de produtos florestais não transformado em partículas
4	pellets de madeira e outros aglomerados (<i>wood pellets and other agglomerates</i>)	aglomerados cilíndricos produzidos por compressão ou por adição de um aglutinante (proporção não superior a 3% do peso)
4.1	pellets de madeira (<i>wood pellets</i>)	aglomerados cilíndricos, com diâmetro inferior a 25mm e comprimento inferior a 100mm
4.2	outros aglomerados (<i>other agglomerates</i>)	aglomerados que não sejam pellets de madeira, por exemplo, briquetes ou toras
5	madeira serrada (<i>sawnwood</i>)	madeira processada longitudinal ou transversalmente acima de 5mm de espessura
6	painéis à base de madeira (<i>wood based panels</i>)	madeira utilizada para produção de painéis, incluindo lâminas, compensado, painéis de partícula e painéis de fibra
6.1	lâminas de madeira (<i>veneer sheets</i>)	folhas finas de madeira de espessura uniforme (não superior a 6mm)
6.2	madeira compensada (<i>plywood</i>)	painel contraplacado constituído por uma montagem de lâminas coladas com a direção da grã em camadas alternadas em ângulos retos
6.3	painel de partículas e OSB (<i>particleboard and oriented strandboard</i>)	painel de partículas de madeira ou outros materiais lignocelulósicos unidos por um aglutinante orgânico e/ou calor e/ou pressão e/ou catalisador, etc.
6.3.1	OSB (<i>oriented strandboard</i>)	placa estrutural em camadas de partículas estreitas colocadas alternadamente em ângulos retos, revestidas com resina fenólica impermeável e ligada sob calor e pressão

Produto Florestal (<i>forest product</i>)		Descrição (<i>description</i>)
6.4	painel de fibras (<i>fibreboard</i>)	painel de fibras de madeira ou outros materiais lignocelulósicos com a ligação a partir de suas propriedades adesivas inerentes (materiais de liga e/ou aditivos podem ser adicionados)
6.4.1	chapa dura (<i>hardboard</i>)	painel de fibra por processo úmido com densidade superior a 0,8 g/cm ³
6.4.2	MDF/HDF (<i>medium density fibreboard /hard density fibreboard</i>)	painel de fibras de média e alta densidade por processo seco, com densidade superior a 0,8 g/cm ³
6.4.3	outros painéis de fibras (<i>other fibreboard</i>)	painel de fibra por processo úmido com uma densidade inferior a 0,8 g/cm ³ (conhecido como chapa isolante)
7	polpa de madeira (<i>wood pulp</i>)	material fibroso preparado a partir da polpa da madeira, aparas e partículas de madeira e resíduos de papel
7.1	polpa mecânica de madeira (<i>mechanical wood pulp</i>)	polpa de madeira obtida por moagem de madeira ou resíduos de fibras, ou por meio de aparas ou partículas refinadas
7.2	polpa de madeira semi-química (<i>semi-chemical wood pulp</i>)	polpa de madeira obtida por aparas de madeira, partículas ou resíduos por meio de uma série de tratamentos mecânicos e químicos
7.3	polpa química de madeira (<i>chemical wood pulp</i>)	polpa de madeira obtida por aparas de madeira, partículas ou resíduos por meio de uma série de tratamentos químicos
7.3.1	polpa de sulfato não branqueada (<i>sulphate unbleached pulp</i>)	polpa de madeira obtida de polpa reduzida mecanicamente, aparas de madeira, partículas ou resíduos cozidos por pressão com hidróxido de sódio (polpa de soda)
7.3.2	polpa de sulfato branqueada (<i>sulphate bleached pulp</i>)	
7.3.3	polpa de sulfito não branqueada (<i>sulphite unbleached pulp</i>)	polpa de madeira obtida de polpa reduzida mecanicamente, aparas de madeira, partículas ou resíduos em pequenos pedaços cozidos por pressão com bisulfito (amônia, cálcio, magnésio e sódio)
7.3.4	polpa de sulfito branqueada (<i>sulphite bleached pulp</i>)	
7.4	polpa de madeira dissolvida (<i>dissolving wood pulp</i>)	polpa química de madeira de qualidade especial, com um alto teor de alfa-celulose utilizada principalmente na fabricação fibras sintéticas, materiais plásticos de celulose, lacas e explosivos
8	outros tipos de polpa (<i>other pulp</i>)	polpa fabricada a partir de outras fibras vegetais que não a madeira
8.1	polpa de outras fibras que não madeira (<i>pulp from fibres other than wood</i>)	celulose fabricada a partir de materiais vegetais fibrosos, que não sejam de madeira
8.2	fibra de polpa recuperada (<i>recovered fibre pulp</i>)	celulose fabricada a partir de papel ou cartão recuperado
9	papel recuperado (<i>recovered paper</i>)	resíduos e restos de papel ou cartão coletados para reutilização ou comercialização
10	papel e cartão (<i>paper and paperboard</i>)	papel jornal, papel para impressão e escrita, cartão e outros tipos de papéis
10.1	papel gráfico (<i>graphic paper</i>)	papéis para fins gráficos

Produto Florestal <i>(forest product)</i>	Descrição <i>(description)</i>
10.1.1 papel jornal <i>(newsprint)</i>	papel usado principalmente para impressão de jornais, de pasta mecânica e/ou papel recuperado
10.1.2 papel para impressão e escrita <i>(printing and writing paper)</i>	papel para escrita, impressão e outros fins gráficos
10.1.2.1 papel de polpa mecânica não revestido <i>(uncoated mechanical)</i>	papel para impressão ou outros fins gráficos (menos de 90% de fibras de polpa química)
10.1.2.2 papel de polpa livre de madeira não revestido <i>(uncoated woodfree)</i>	papel para impressão ou outros fins gráficos (pelo menos 90% de fibras químicas de celulose)
10.1.2.3 papel revestido <i>(coated papers)</i>	papéis para impressão ou outros fins gráficos revestidos com carbono ou minerais
10.2 papel doméstico e sanitário <i>(sanitary and household papers)</i>	papéis higiênicos para uso em domicílios, comércio e industriais (p.ex. papel higiênico, toalhas de cozinha e de mão, guardanapos, etc.)
10.3 materiais de embalagem <i>(packaging materials)</i>	papel ou cartão utilizados principalmente para fabricação de embalagens
10.3.1 materiais para caixa <i>(case materials)</i>	papéis e chapas utilizados principalmente na fabricação de papelão ondulado
10.3.2 cartão <i>(cartonboard)</i>	revestido ou não (usado principalmente em cartões para produtos de consumo, como alimentos congelados e recipientes líquidos)
10.3.3. papel de embrulho <i>(wrapping papers)</i>	papéis (até 150 g/m ²) cujo principal uso é o acondicionamento ou embalagem
10.3.4 outros papéis principalmente para embalagem <i>(other papers mainly for packaging)</i>	papéis e chapas, principalmente para fins de embalagem que não sejam os listados acima (a maioria produzida a partir de fibras recuperadas)
10.4 outros papéis e cartões não especificados <i>(other paper and paperboard n.e.s. - not elsewhere specified)</i>	outros papéis e chapas para fins industriais e especiais

Fonte: FAO (2015)