

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM  
CIENCIAS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA

Ecoeficiência em Empresas do Setor Produtivo de Base  
Florestal: uma abordagem baseada em fronteira não paramétrica

Autor: Robert Armando Espejo  
Orientador: Prof. Dr. Michel Ângelo Constantino de Oliveira

Campo Grande  
Mato Grosso do Sul  
Fevereiro - 2021

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM  
CIENCIAS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA

Ecoeficiência em Empresas do Setor Produtivo de Base Florestal: uma abordagem baseada em fronteira não paramétrica

Autor: Robert Armando Espejo  
Orientador: Prof. Dr. Michel Ângelo Constantino de Oliveira

**“Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária da Universidade Católica Dom Bosco - Área de concentração: “Sustentabilidade Ambiental e Produtiva Aplicada ao Agronegócio e Produção Sustentável”.**

Campo Grande  
Mato Grosso do Sul  
Fevereiro - 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade Católica Dom Bosco  
Bibliotecária Mourâmise de Moura Viana - CRB-1 3360

E77e Espejo, Robert Armando  
Ecoeficiência em empresas do setor produtivo de base  
florestal: uma abordagem baseada em fronteira não  
paramétrica/ Robert Armando Espejo sob orientação  
Prof. Dr. Michel Ângelo Constantino. -- Campo Grande,  
MS : 2021.  
131 p.: il.;

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade  
Agropecuária) -Universidade Católica Dom Bosco, Campo  
Grande-MS, Ano 2021  
Inclui bibliografias

1. Ciências ambientais - Aspectos econômicos. 2. Eficiência  
ambiental. 3. Indústrias de papel e celulose - Aspectos  
ambientais - Constantino, Michel Ângelo. I. Titulo.

CDD: Ed. 21 -- 333.72

**Ecoeficiência em Empresas do Setor Produtivo de Base Florestal:  
Uma Abordagem Baseada em Fronteira não Paramétrica**

**Autor:** Robert Armando Espejo

**Orientador:** Prof. Dr. Michel Ângelo Constantino de Oliveira

**TITULAÇÃO:** Doutor em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária

**Área de Concentração:** Sustentabilidade Ambiental e Produtiva.

APROVADO em 12 de fevereiro de 2021

A presente defesa foi realizada por webconferência. Eu, Michel Ângelo Constantino de Oliveira, como presidente da banca assinei a ata de defesa com o consentimento de todos os membros, ainda na presença virtual destes.

**Michel Angelo  
Constantino de  
Oliveira**

Assinado de forma digital por Michel  
Angelo Constantino de Oliveira  
DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=AC Certisign  
Multiplic, ou=15461676000150,  
ou=Presencial, ou=Assinatura Tipo A3,  
cn=Michel Angelo Constantino de Oliveira  
Dados: 2021.02.12 11:56:20 -04'00'

Prof. Dr. Michel Ângelo Constantino de Oliveira –UCDB

Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa – UCDB

Prof. Dr. Urbano Gomes Pinto de Abreu – UCDB

Prof. Dr. José Carlos Taveira – INSTED

Prof. Dr. George Henrique de Moura Cunha - UNIALFA

*A humildade é a única base sólida de todas as virtudes.*

(Confúcio)

*Pessoas elevadas falam de ideias, pessoas medianas falam de  
fatos; pessoas vulgares falam de pessoas.*

(Leandro Karnal)

*Quem julga as pessoas não tem tempo para amá-las.*

(Madre Teresa de Calcutá)

Aos meus filhos, Stella Maris e Estevam Armando, por me encorajarem a lutar e a ser cada dia melhor.

## AGRADECIMENTO

Ao meu Pai “Armando Raul Espejo Aquije”, professor de Matemática, *in memoriam* desde 1980, impactou consideravelmente a minha primeira família, acredito que, de longe, acreditou em mim. Talvez, tenha ficado no meu inconsciente ser igual a ele (ou próximo).

Minha Mãe, em especial, por ter feito a figura dela e de pai para duas recém-crianças, abdicou dos seus sonhos para nos criar do jeito que deveria ser, com muito trabalho, o meu muito obrigado, de coração.

Nesta trajetória, sou muito grato a tantas pessoas... Primeiramente, agradeço a Deus, por me permitir chegar até aqui, e hoje só cheguei até aqui, porque o Senhor me sustentou. Muito obrigado, a Deus e a Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, que intercede por mim e por minha família.

Em segundo lugar, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Michel Constantino, pelos ensinamentos e orientações e, sobretudo, por acreditar em mim. Espero ser, para meus orientandos, o exemplo que recebi durante esta caminhada. Muito obrigado.

Agradeço à minha família, em especial à esposa Márcia e aos nossos filhos, Stella Maris e Estevam Armando. Este período foi muito difícil, perdas difíceis de pessoas queridas, enfermidades, pandemia, mas também de muita alegria, com a vinda de Estevam Armando. Obrigado por estarem ao meu lado.

Aos professores e amigos, Reginaldo, Urbano, Taveira, Moisés Prates, Simone, Ribamar, Hamilton, Massakazu, Mário, Jaime, Márcio, Claudio, Kelly, Katia, Miguel,

Azevedo, Darci, Keiko, Romildo, Neuza, Edmilson e tantos outros, o meu muito obrigado por terem feito parte da minha trajetória.

Ao amigo, Rildo Araújo, parceiro de estudos e companheiro em diversos momentos, um constante incentivador na busca pelo conhecimento. Além de muitos outros: Vanessa, Fabricio, Fabiano, Carlos, Hélio, Cacaio e Thayliny.

Aos funcionários e servidores da UCDB, representados pela Daiane, Silvia, Luciane, Tatiane e Wanderson.

Agradeço à UFMS, pelo apoio na realização deste doutorado e a Capes pelo financiamento concedido.

Por fim, agradeço à Universidade Católica Dom Bosco, seu corpo docente e administrativo, que me proporcionaram a oportunidade de realizar este sonho.

Gratidão!!!

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Tudo começou em Maringá – Paraná, no ano de 1973, numa hora incerta, o dia em que nasceu Robert, filho de Armando Raul Espejo Aquije e Maria de Jesus. O percurso de vida dele começou em uma data um pouco triste, aos seis anos de idade, foi surpreendido pela morte do pai, eterno exemplo de dedicação, de segurança familiar e um excepcional professor, Doutor em Matemática, na Universidade Estadual de Maringá (UEM). Aos sete anos, foi incentivado ao esporte, o Judô, que perdurou por uns 12 anos, além de outras atividades como atletismo, por exemplo. Aos 15 anos, iniciou o primeiro trabalho como contínuo da Caixa Econômica Federal e, posteriormente, fez seleção para subir de setor e de andar para realizar paralelamente a atividade de digitador aos 17 anos, o que perdurou por mais uns cinco anos, atividade que serviu de apoio financeiro familiar. Aos 19 anos (1993), por incentivo do banco, ingressou no curso de Ciências Contábeis (UEM) e desenvolveu várias atividades, sendo representante discente por duas gestões e monitor de disciplinas por três anos o que contribuiu para despertar um futuro profissional que, inconscientemente, foi legado do pai. Ao concluir a graduação em 1997, o orientador, professor Hamilton Favero, incentivou-o para o mestrado, mas, por motivos financeiros, não conseguiu se ausentar naquele primeiro momento. Em 2004-2005, retomou os estudos e realizou uma especialização em Controladoria, na UEM, coordenada pelo professor Jaime Crozatti. Em 2017, foi morar em Curitiba, uma nova fase, iniciou um curso de especialização em contabilidade e finanças, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), coordenada pelo professor Moises Prates Silveira, que logo se tornou um mentor (Shusa) e incentivador para fazer o concurso para professor substituto na Universidade Federal do Paraná (UFPR). Aprovado, iniciou a carreira como docente ao final de 2007-2008. No segundo semestre de 2008, foi convidado por uma instituição particular de ensino, a Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas do Paraná (FACET), para ministrar a disciplina de Planejamento Orçamentário e Administração Financeira. Em 2009, foi aprovado como Mestrando em Contabilidade, na UFPR, e também convidado para

coordenador o curso de Ciências Contábeis, na FACET, desafio inesperado, mas que rendeu bons frutos em conjunto com a equipe de professores, ao elevar a nota do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE), e o conceito do MEC passou de 2 para 4, no período de quatro anos de muito trabalho. Após realizar quatro concursos públicos para o magistério superior, em 2014 ocorreu o tão sonhado ingresso em uma universidade pública, como professor efetivo, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Em 2016, a oportunidade de realizar o doutorado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, pela Universidade Católica Dom Bosco.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE QUADROS .....	xiv
TABELAS DO APÊNDICE.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo Geral.....	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1 A Indústria da Silvicultura e sua Relação com a Sustentabilidade Ambiental .....	7
3.2 Sustentabilidade Ambiental .....	14
3.3 Eficiência Ambiental .....	18
3.4 Eficiência Econômica .....	20
3.5 Ecoeficiência.....	21
REFERÊNCIAS .....	24
CAPÍTULO 1 .....	29
1 INTRODUÇÃO.....	31
2 REVISÃO DA LITERATURA-.....	32
2.1 Ecoeficiência.....	32
2.2 Revisão sistemática.....	33
3 METODOLOGIA.....	34
3.1 Critérios de Inclusão e Exclusão.....	34
3.2 Condução do Planejamento.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
4.1 Métodos empregados nas análises de ecoeficiência e eficiência ambiental .....	40
4.2 Setores econômicos pesquisados .....	41
4.3 Futuras pesquisas .....	42
5 ANÁLISE TEXTUAL DOS RESUMOS.....	45
5.1 Termo Ecoefficiency.....	45
5.2 Termo - <i>Environmental Efficiency</i> .....	47
5.3 Termo Pulp and Paper.....	49

6 CONCLUSÕES .....	51
REFERÊNCIAS .....	52
CAPÍTULO 2 .....	61
1 INTRODUÇÃO.....	63
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
2.1 Descrição dos dados.....	68
2.2 Estatística Descritiva.....	70
3 ANÁLISE DOS DADOS .....	72
3.1 Panorama Mundial e Configuração Estrutural do Setor .....	72
3.2 Resultados Econômicos do Setor.....	75
3.3 Resultados Ambientais do Setor .....	79
3.4 Discussão .....	82
4 CONCLUSÕES .....	86
REFERÊNCIAS .....	87
CAPÍTULO 3 .....	90
1 INTRODUÇÃO.....	92
2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS .....	93
2.1 Modelagem DEA .....	95
3 MÉTODO DEA PARA ECOEFICIÊNCIA.....	96
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	98
4.1 Definição dos Modelos .....	100
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	101
5.1 Análise Exploratória .....	101
5.2 Análise da Ecoeficiência.....	102
6 CONCLUSÕES .....	111
REFERÊNCIAS .....	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	119
APÊNDICES .....	121

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Distribuição dos 10 Países com Maior Área Florestal – 2020.....	8
Tabela 2 - Principais países produtores de Papel - milhões (t).....	9
Tabela 3 - Principais países produtores de Celulose - milhões (t) .....	9
Tabela 4 - Área com Floresta Nativa e Plantada Brasil .....	9
Tabela 5 - Área de Floresta Plantada (ha) da silvicultura no Brasil .....	10
Tabela 6 - Definição da Amostra Pesquisada .....	35
Tabela 7 - Estatística Descritiva das Variáveis(var) Econômicas e Ambientais da Silvicultura – período 2009 a 2019 .....	70
Tabela 8 - Despesas operacionais(DOT) x nº de empresas(N) por país em 2019 ...	78
Tabela 9 - Dados e Estatística Descritiva das Variáveis.....	99
Tabela 10 - Resultados dos Modelos Estimados por Ano .....	103
Tabela 11 - Benchmarks - Modelo 1 .....	116
Tabela 12 - Benchmarks - Modelo 2 .....	117
Tabela 13 - Benchmarks - Modelo 3 .....	118

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Número de Empregos Diretos e Formais por Segmento do Setor Florestal Nacional de Base Plantada .....	11
Figura 2 - Eco-Efficiency por continentes .....	38
Figura 3 - Environmental Efficiency por continentes.....	38
Figura 4 - Artigos separados por continentes.....	39
Figura 5 - Frequência por termo de busca .....	39
Figura 6 - Metodologias empregadas no artigo .....	40
Figura 7 - Categorizações dos artigos de ecoeficiência e eficiência ambiental .....	41
Figura 8 - Eixo das palavras_ Eco-efficiency.....	46
Figura 9 - Clusters dos assuntos mais frequentes relacionados ao tema: <i>Environmental Efficiency</i> .....	49
Figura 10 - Similitude_Pulp and Paper .....	50
Figura 11 - Número de Empresas por País no Setor de Silvicultura em 2019 .....	73
Figura 12 - Quantidade de observações por países e por tipo de indústria .....	74
Figura 13 - Quantidade de empresas e de países por subáreas dentro da Silvicultura – período 2009 a 2019 .....	75
Figura 14 - Receita Total por país no setor de Silvicultura em 2019.....	76
Figura 15 - 10 maiores valores de receita (US\$) por subárea da silvicultura.....	77
Figura 16 - Despesas Operacionais Totais por País na Silvicultura em 2019.....	78
Figura 17 - Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) equivalentes emitidos pelas empresas do setor de silvicultura em 2019 .....	80
Figura 18 - Despesas Ambientais por País no setor de silvicultura em 2019 .....	81
Figura 19 - Regressão Polinomial e Correlação .....	100
Figura 20 - Evolução e Outliers da Ecoeficiência .....	102
Figura 21 - Eficiência técnica alcançada na silvicultura por - região.....	104
Figura 22 - Eficiência ecológica alcançada por cada região na silvicultura no período de 2009-2019. ....	105
Figura 23 - Ecoeficiência alcançada por cada região na silvicultura(2009-2019) ...	106
Figura 24 - Comparação da Média do Score de Eficiência por Modelo .....	107

## **LISTA DE QUADROS**

	Página
Quadro 1 - Conexão entre Questão Problema, Objetivos Específicos, Coleta -Análise de Dados e Metas da Tese.....	5
Quadro 2 - Conceitos e atributos de sustentabilidade .....	15
Quadro 3- Estudos selecionados após as exclusões, com ano, título e países das publicações. ....	35
Quadro 4 - Variáveis Componentes da Base de Dados do setor de Silvicultura – 2009 a 2019 .....	69
Quadro 5 - Descrição das variáveis .....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS

APRE -	Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal
BCC -	Banker, Charnes e Cooper
CCR -	Charnes, Cooper e Rhodes
CRS -	Constant Returns to Scale
DEA -	Data Envelopment Analysis
DMU -	Decision Making Unit
FAO	Food and Agriculture Organization
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBPT -	Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação
ONU -	Organização das Nações Unidas
PIB -	Produto Interno Bruto
SBS -	Sociedade Brasileira de Silvicultura
SFA -	Stochastic Frontier Analysis
SIAD -	Sistema Integrado de Apoio à Decisão
VRS -	Variant Returns to Scale
WBCSD -	World Business Council for Sustainable Development

## **TABELAS DO APÊNDICE**

	Página
Apêndice 1 - Lista de Empresas.....	122
Apêndice 2 - Receita de Vendas por País no setor florestal no ano de 2019(art2).	131

## RESUMO

O presente estudo investigou a ecoeficiência das empresas do setor de produtivo de base florestal mundial. Foram realizadas revisões sistemáticas sobre o tema e de um panorama descritivo do setor, bem como cálculos não paramétricos relacionados à Análise por Envolvória de Dados (DEA), tendo como base os dados da Plataforma Thomson Reuters das empresas do setor de silvicultura. Com a proposta da revisão sistemática (artigo 1), considerando o protocolo de estudos de identificação, avaliação e síntese do que foi publicado e amplamente citado, com 50 ou mais citações no período de 2009 a 2018, foram identificados 47 artigos no total. O estudo destaca a China como um dos principais países investigados nos temas, bem como ressalta a DEA como uma das principais técnicas empregadas para análise de ecoeficiência. Na análise textual dos resumos, foram evidenciadas expressões-chave prioritárias como eficiência, energia e regulação. Com relação ao panorama mundial descritivo do setor (artigo 2), foram elaborados mapas com dados de 1038 empresas do setor, evidenciando que: (1) o maior número de empresas do setor foi predominantemente do continente asiático (na Índia, China, Japão, Estados Unidos e Malásia); (2) os 5 países com maiores faturamentos e despesas operacionais do setor foram Estados Unidos, Japão, China, Finlândia e Canadá; (3) o país com maior emissão de gás de efeito estufa são os Estados Unidos, seguido por Hong Kong, Japão, Finlândia e Reino Unido; e (4) Japão e Finlândia destacaram-se como países que evidenciaram preocupação ambiental de suas empresas. Os resultados mostraram que o setor da silvicultura tem ampliado seu faturamento, mas ainda carece de investimentos na área ambiental para que haja efetiva geração de economia carbono neutro. O terceiro artigo da tese objetivou investigar a ecoeficiência das empresas que atuam no setor de papel e celulose, considerando 567 dados de empresas da plataforma Thomson Reuters, no período de 2009 a 2019. Empregou-se a DEA, a partir de diferentes modelos de fronteira: modelo de eficiência técnica, ecológica e ecoeficiência a partir das seguintes variáveis despesas operacionais, ativo total, receita e emissão de CO<sub>2</sub>. Os resultados mostraram que no período de 11 anos analisados, destacam-se como países mais ecoeficientes: Portugal, Canadá, Reino Unido, Austrália, África do Sul e Espanha, respectivamente. Importante ressaltar que Austrália, Canadá e Reino Unido apresentando empresas com eficiência nos três modelos: técnica, ecológica e ecoeficiência. Conclui-se pela *proxy* utilizada para analisar ecoeficiência que ao longo do tempo as empresas em média melhoraram sua performance ambiental, e há evidências que protocolos internacionais, especialmente Kyoto influenciaram o resultado. Por fim, cumpre destacar que o conceito de ecoeficiência ainda carece de desenvolvimento de trabalhos nas empresas do setor, em razão do número restrito de companhias que realizaram divulgação voluntária dos dados, no período de 2009 a 2019. Acredita-se que tornar obrigatória tal divulgação seja uma forma de *accountability* ambiental à sociedade e resultará em uma maior transparência neste setor que é não somente relevante economicamente, mas também grande responsável pelo sequestro de carbono dos países de forma geral.

**Palavras-chave:** Ciências Ambientais; Eficiência Ambiental; Eficiência Técnica, Ecoeficiência; Papel e Celulose.

## ABSTRACT

The present study investigated the eco-efficiency of companies in the global forest-based productive sector. Systematic reviews on the topic and a descriptive overview of the sector were carried out, as well as non-parametric calculations related to Data Envelopment Analysis (DEA), based on the data from the Thomson Reuters Platform of companies in the forestry sector. With the proposal of the systematic review (article 1), considering the protocol of studies of identification, evaluation and synthesis of what was published and widely cited, with 50 or more citations in the period from 2009 to 2018, 47 articles were identified in total. The study highlights China as one of the main countries investigated in the themes, as well as highlights the DEA as one of the main techniques used for eco-efficiency analysis. In the textual analysis of the abstracts, key priority expressions such as efficiency, energy and regulation were highlighted. Regarding the descriptive world panorama of the sector (article 2), maps were prepared with data from 1038 companies in the sector, showing that: (1) the largest number of companies in the sector was predominantly from Asia (in India, China, Japan, United States and Malaysia); (2) the 5 countries with the highest revenues and operating expenses in the sector were the United States, Japan, China, Finland and Canada; (3) the country with the highest greenhouse gas emissions is the United States, followed by Hong Kong, Japan, Finland and the United Kingdom; and (4) Japan and Finland stood out as countries that showed their companies' environmental concern. The results showed that the forestry sector has increased its revenue, but still lacks investments in the environmental area so that there is an effective generation of carbon neutral economy. The third article of the thesis aimed to investigate the ecoefficiency of companies that operate in the paper and cellulose sector, considering 567 data from companies from the Thomson Reuters platform, in the period from 2009 to 2019. DEA was used, from different frontier models: technical, ecological and eco-efficiency model based on the following variables: operating expenses, total assets, revenue and CO<sub>2</sub> emissions. The results showed that in the 11-year period analyzed, they stand out as the most eco-efficient countries: Portugal, Canada, the United Kingdom, Australia, South Africa and Spain, respectively. It is important to note that Australia, Canada and the United Kingdom presenting companies with efficiency in the three models: technical, ecological and eco-efficiency. It is concluded by the proxy used to analyze eco-efficiency that, over time, companies on average improved their environmental performance, and there is evidence that international protocols, especially Kyoto, influenced the result. Finally, it should be noted that the concept of eco-efficiency still lacks the development of jobs in companies in the sector, due to the limited number of companies that have made voluntary disclosure of data, in the period from 2009 to 2019. It is believed that making such disclosure mandatory it is a form of environmental accountability to society and will result in greater transparency in this sector, which is not only economically relevant, but also largely responsible for the carbon sequestration of countries in general.

**Keywords:** Environmental Sciences; Environmental Efficiency; Technical Efficiency; Ecoefficiency; Pulp and Paper.

## 1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente tem sido alvo de atenção social há algum tempo e teve seu foco intensificado por volta de 1972, com a Conferência das Nações Unidas, realizada em Estocolmo, na Suécia, na tentativa de comunicar e conscientizar a sociedade sobre questões ambientais e de sustentabilidade. Nesta ocasião, debates ocorreram de opiniões convergentes e divergentes, tendo como núcleo central a relação Homem e o Meio Ambiente, propiciando e impulsionando maior reflexão sobre os recursos naturais e o ritmo desejado de desenvolvimento industrial (ONU,1972). A sustentabilidade econômica, que considera em seus processos os recursos renováveis ou esgotáveis (GOODLAND, 1995), sem a preocupação com o meio ambiente, não era mais suficiente para pautar decisões de mercado.

Desde então, acionistas e investidores têm buscado considerar não somente a sustentabilidade econômica das empresas em suas decisões de investimento, por meio do estudo de indicadores econômico-financeiros, mas também a sustentabilidade e a eficiência ambientais de tais organizações. Desta forma, apesar de uma relação aparentemente paradoxal entre investimento em proteção ambiental e diminuição de lucro, em resposta ao clamor social para proteção do meio ambiente, seja de forma a atender alguma pressão legal-normativa, de atração dos consumidores por meio do *marketing* verde, ou até mesmo pela consciência ambiental, empresas têm procurado atrelar *performance* econômico-financeira à minimização de impactos no meio ambiente (ORSATO, 2002).

A base do desenvolvimento sustentável, portanto, consiste na incorporação de objetivos de sustentabilidade não somente econômica nas organizações; e desta forma, atender às necessidades atuais da empresa, sem afetar a capacidade de gerações posteriores realizarem o mesmo em momento oportuno, conforme destaca a ONU (2001). Isso significa olhares simultâneos, voltados à geração de valor social e aos *stockholders*, cuja harmonização entre eles significa uma mudança do paradigma econômico, dada a existente limitação dos recursos naturais, ou seja,

segundo Goodland (1995), para que haja desenvolvimento sustentável, é preciso atender ao tripé de sustentabilidade econômica, social e ambiental concomitantemente.

Nesse contexto, surge o conceito de ecoeficiência. Conforme World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2006), ecoeficiência refere-se à criação de valor com menor impacto, ou seja, significa associar a competitividade empresarial com responsabilidade ambiental e provocar o menor dano possível ao planeta em suas atividades operacionais, portanto, se enquadra nos critérios de um modelo produtivo sustentável. Na busca por ecoeficiência, as empresas tendem a investir em atividades que normalmente resultam em dispêndios, denominados custos ambientais (VELLANI; RIBEIRO, 2010).

Tal mudança de paradigma demanda alteração de comunicação de *performance* das empresas ao mercado, que procuram divulgar não somente Balanços Patrimoniais e Demonstração de Resultado do Exercício, instrumentos dedicados aos indicadores econômico-financeiros, mas também relatórios voltados a evidenciar informações sociais e ambientais, seja por meio de Relatório da Administração, Balanço Social (modelo Ibase) ou especificamente se tratando de performance ambiental evidenciada, pelo *Global Reporting Initiative* (GRI). Contudo, críticas têm sido realizadas em razão de as empresas tentar divulgar informações que buscam melhoria da própria imagem perante os *stakeholders*, deixando de evidenciar informações que, de fato, contribuem para a compreensão de sua conduta ambiental na direção do desenvolvimento sustentável, deixando de destacar, por exemplo, indicadores de emissão de poluentes nos relatórios (MUSSOI; VAN BELLEN, 2010).

A questão de ecoeficiência tem sido pauta de atenção de uma das indústrias do setor florestal mais importante do mundo, envolvendo a silvicultura e a indústria de papel e celulose. Em função dos benefícios econômicos gerados nesta atividade operacional, tais empresas são relevantes economicamente e tem sido desafiada a equilibrar eficiência energética e resíduos poluentes provenientes do seu processo produtivo (VAN ZWIETEN, 2010). Conforme pesquisa de Monte et al. (2009), a indústria de papel e celulose na Europa produz cerca de onze milhões de toneladas de resíduos, que são reutilizados em alguns processos, tais como incineração como fonte alternativa de energia, tratados em compostagem ou reciclados como material de construção, por exemplo. Tais mecanismos são respostas da indústria ao

aumento de impostos e à legislação, que eliminaram a opção de aterros sanitários para destinação de resíduos na Europa, e demandou dessa indústria a aplicação de processos voltados à ecoeficiência.

A silvicultura é a base predominante do setor florestal, em que as florestas plantadas são responsáveis por 100% do suprimento de madeira para a indústria. Também denominada de setor de papel e celulose, ainda se trata de uma atividade que, em sua essência, é dedicada à proteção do meio ambiente, e que vem contribuindo fortemente, além do PIB nacional, para o desenvolvimento de uma economia verde. A indústria brasileira da silvicultura, se comparada a de outros países, apresenta perspectivas de crescimento, em razão da existência de terras propícias ao florestamento no país, se comparada aos países que possuem tradição nesta área. Dados da Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (APRE) (2018, p.37) revelam que a liderança brasileira, em termos de produtividade de plantios florestais, ocorre, essencialmente, em função das “condições de clima e solo favoráveis à silvicultura, além de investimentos contínuos das empresas do setor em tecnologia e aprimoramento de práticas de manejo florestal”.

Valverde *et al.* (2015, p.5) comentam que, apesar disso, “a busca de investidores para inversões em reflorestamento, estimulados por meio de compromissos globais que privilegiem o desenvolvimento sustentável, bem como políticas públicas congruentes com este objetivo” é fator essencial. Sendo um setor relevante economicamente, importante se faz investigar a sua ecoeficiência, ou seja, a relação entre *performance* econômica e ambiental da indústria de papel e celulose, considerando que se trata de um setor que contribui fortemente para a economia verde (VALVERDE *et al.*, 2015).

A presente tese objetivou estudar a ecoeficiência na indústria da silvicultura, investigando a ecoeficiência das empresas do setor de silvicultura mundial, entre os anos de 2009 a 2019. Para se atingir tal objetivo, inicialmente foram realizadas revisões sistemáticas a fim de selecionar literatura relevante sobre os temas “*environmental efficiency*”, “*ecoeficiency*”, e “*pulp and paper*”. Em um segundo momento, na análise empírica, os dados foram provenientes da Plataforma *Thomson Reuters* e para os procedimentos de análise foi utilizada a estatística descritiva e abordagem de Análise Envoltória de Dados (DEA).

Além de convergir com os objetivos institucionais do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade, justifica-se a presente tese

pelo tema estar intimamente relacionado às discussões do grupo de pesquisa cadastrado no DGP/CNPq, *Science With R*, e a utilização de dados secundários, englobando variáveis ambientais e econômico-financeiras das empresas de capital aberto do ramo de silvicultura.

Por meio dessa investigação, a tese possui caráter inovador, ao abordar o conceito de ecoeficiência materializado na silvicultura, evidenciando-se comportamentos históricos e, a partir destes, destacando-se tendências nesta indústria, no Brasil e no mundo. A preocupação ambiental tem sido pauta de discussões sociais no âmbito teórico e linha de proposições, por meio de acordos e normativas legais; no entanto, tal preocupação deve se concretizar no campo prático, por meio de análises que consigam unir desempenho econômico, visando à continuidade organizacional, com respeito ao meio ambiente. Conforme Vellani e Ribeiro (2009, p.27), a integração entre estes fatores denomina-se ecoeficiência, de maneira que instituições “que não mantêm ações para atuar sobre seus próprios resíduos não são capazes de integrar desempenho ecológico e econômico. [...] uma ação ecológica somente aumenta a sustentabilidade quando integra desempenho econômico e ecológico.”

A questão de pesquisa, norteadora da presente tese, é a seguinte: Quais empresas são mais ecoeficientes no ramo do setor florestal? Pretende-se preencher a lacuna de apresentar dados mundiais e compará-los não somente em dados brutos, mas também com indicadores voltados à questão econômica e ecológica.

No Quadro 1 encontram-se as relações entre a questão-problema, os objetivos específicos, os meios de realização de coleta e análise dos dados para consecução dos respectivos objetivos e as metas da tese.

Quadro 1 - Conexão entre Questão Problema, Objetivos Específicos, Coleta -Análise de Dados e Metas da Tese

Questão Problema	Objetivos específicos	Coleta e Análise de Dados	Metas da Tese
Quais empresas são mais ecoeficientes no ramo do setor florestal?	Desenvolver uma revisão sistemática sobre os termos “Environmental Efficiency” e “Eco-efficiency”, bem como o emprego de tais termos combinados com a indústria de “Pulp and Paper”.	Revisão sistemática a partir da base de dados <i>Web of Science</i> , com análise textual, por meio do software Iramuteq.	Artigo 1
	Caracterizar o panorama da indústria de silvicultura, no Brasil e no mundo.	Dados estatísticos no Brasil e no mundo – <i>Thomson Reuters</i> – dados de 2009 a 2019.	Artigo 2
	Analizar a ecoeficiência das empresas da indústria da silvicultura no âmbito mundial, usando dados ambientais e econômicos.	Dados da <i>Thomson Reuters</i> - período 2009 a 2019, empresas de silvicultura no mundo. Análise pelo método DEA	Artigo 3

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A tese está dividida em sete partes, além desta introdução. Na sequência, são apresentados o objetivo geral e específicos. No tópico 3, consta o referencial teórico que embasa o trabalho, estabelecendo o panorama da indústria de papel e celulose no Brasil e no mundo, bem como conceitos de eficiência ambiental e ecoeficiência. No tópico 4, encontra-se o artigo resultante da revisão sistemática. O tópico 5 apresenta-se o artigo resultante do panorama descritivo-analítico do setor de base florestal. O tópico 6 refere-se ao artigo resultante da aplicação da Análise por Envoltória de Dados (DEA), nos dados alvo da tese. Por fim, a conclusão da presente tese e as referências bibliográficas empregadas.

## 2 OBJETIVOS

### **2.1 Objetivo Geral**

Investigar a ecoeficiência das empresas do setor de base florestal mundial, no período de 2009-2019.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Desenvolver uma revisão sistemática sobre os termos, “Environmental Efficiency” e “Eco-efficiency, bem como o emprego de tais termos combinados com a indústria de “Pulp and Paper” através da base de dados Web of Science;
- b) Mapear indústrias do setor de base florestal e avaliar sua estrutura produtiva relacionados à receita, produção e ambiente;
- c) Analisar a ecoeficiência do setor de base florestal, utilizando a abordagem por Análise Envoltória de Dados (DEA).

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com vistas a cumprir com o objetivo desta pesquisa, o referencial teórico contempla dois aspectos essenciais: a) a contextualização da indústria da silvicultura no Brasil e no mundo, consolidando o cenário de investigação, por meio de dados estatísticos e pesquisas empíricas que envolvam o ramo e a sustentabilidade ambiental e, b) evidências de investigações anteriores sobre sustentabilidade, eficiência ambiental, econômica e ecoeficiência, contemplando os artigos mais citados sobre esta temática.

#### **3.1 A Indústria da Silvicultura e sua Relação com a Sustentabilidade Ambiental**

Indústria responsável pelo plantio e exploração das florestas, a silvicultura produz uma diversidade de bens essenciais ao desenvolvimento de um país, como celulose, madeira, papel, carvão vegetal, dentre outros (BACHA, 1991), com uma abrangência importante, especialmente em florestas plantadas. O ramo da Silvicultura, considerada como área no CNPq, engloba dendrologia, fisiologia floresta, florestamento e reflorestamento, genética e melhoramento florestal, nutrição florestal, proteção forestal, sementes florestais e solos florestais.

A silvicultura envolve uma visão de longo prazo para retorno do capital investido em razão da própria natureza do seu alongado ciclo produtivo. Já, nos anos 90, Bacha (1991, p. 147) exaltava a importância de se estudar a silvicultura no Brasil, “devido a sua rápida expansão, pela dimensão do espaço físico que ocupa e pelo fato do reflorestamento ser a solução proposta para evitar os desmatamentos que têm ocorrido no País”.

Apesar de a origem do papel ter sido na China, há cerca de 3.500 anos,

“quando fibras de arroz e bambu foram cozidas e esmagadas para produzir as primeiras folhas celulósicas. [...], as primeiras folhas de papel foram efetivamente produzidas, em escala industrial, com a invenção da imprensa e da indústria gráfica” (DA SILVA, 2019, p. 161). Assim, houve a intensificação da indústria da silvicultura, potencializada com o aumento da tecnologia aplicada nesse processo produtivo.

Embora economicamente estimulada, Silva (2019, p.165) destaca as críticas enfrentadas pela indústria da silvicultura por causa do modelo de produção com conotação essencialmente exploratória, que pode ser visto nos EUA e nos países Europeus, “pela geração de poluentes danosos tanto à fauna quanto à flora dessas regiões, além das implicações de saúde pública ocorridas nas populações que viviam próximas das áreas industriais”. Tal movimento provocou uma “onda” de investimentos desta indústria, com filiais em países em desenvolvimento, por meio de incentivos fiscais à matriz para manutenção desta atividade de exploração, em países menos desenvolvidos.

Conforme dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2021), o Brasil é o segundo país com maior área florestal, perdendo apenas para a Rússia em extensão. Em terceiro lugar, tem-se o Canadá, seguido dos Estados Unidos e China. A distribuição dos países com maior área florestal pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição dos 10 Países com Maior Área Florestal – 2020

Posição	País	Área Florestal (milhões de ha)
1	Rússia	815,31160
2	Brasil	496,61960
3	Canadá	346,92810
4	Estados Unidos	309,79500
5	China	219,97818
6	Austrália	134,00510
7	República do Congo	126,15524
8	Indonésia	92,13320
9	Peru	72,33037
10	Índia	72,16000
<b>Total</b>		<b>2.685,42</b>

Fonte: FAO (2021)

Apesar de ser o quinto país em área florestal no mundo, a China é o principal produtor de papel, seguida dos Estados Unidos. O Brasil, em termos de produção de papel, encontra-se em oitavo lugar, com 10,3 milhões de toneladas de papel,

segundo dados de 2016 (Tabela 2).

Tabela 2 - Principais países produtores de Papel - milhões (t)

Posição	País	Milhões (tonnes)	Posição	País	Milhões (tonnes)
1	China	111,2	6	Coréia do Sul	11,6
2	EUA	72,4	7	Canadá	10,6
3	Japão	26,2	8	Brasil	10,3
4	Alemanha	22,6	9	Finlândia	10,3
5	Índia	15	10	Indonésia	10,2

Fonte: IBÁ/Poyry ABRAF (2016).

Já, com relação à produção de celulose, o líder é os Estados Unidos, com 48,5 milhões de toneladas. Com diferença significativa ao primeiro colocado, está o Brasil (18,8 milhões de toneladas), seguido, de perto, pelo Canadá (17 milhões de toneladas) e China (16,8 milhões de toneladas), conforme destaque na Tabela 3.

Tabela 3 - Principais países produtores de Celulose - milhões (t)

Posição	País	Milhões (t)	Posição	País	Milhões (t)
1	EUA	48,5	6	Finlândia	10,3
2	Brasil	18,8	7	Japão	8,7
3	Canadá	17	8	Rússia	8
4	China	16,8	9	Indonésia	6,8
5	Suécia	11,1	10	Chile	5,1

Fonte: IBÁ/SECEX/FAO/Poyry/2016.

Decorrente da representatividade da silvicultura no Brasil, tanto na produção de papel e celulose em termos de liderança mundial, estando entre os 10 maiores países em tais atividades, constatam-se (Tabela 4) os dados referentes à área com floresta nativa e plantada no país. A área nativa corresponde a quase 99% da área total, significando cerca de 90% da área de produção.

Tabela 4 - Área com Floresta Nativa e Plantada Brasil

Tipo de Floresta	Área Total (milhões ha)	Participação da Área Total (%)	Área de Produção (milhões ha)	Participação da Área de Produção (%)
Nativa	485,8	98,4	63,8	89,1
Plantada	7,8	1,6	7,8	10,9
<b>Total</b>	<b>493,6</b>	<b>100</b>	<b>71,6</b>	<b>100</b>

Fonte: FAO (2015), MMA (2016), IBÁ (2016), compilado por STCP.

Dados mais recentes, obtidos pela Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS) (2001), no Brasil, evidenciam que o estado com maior área plantada de pinus e eucaliptos, na ocasião, era, em 2000, Minas Gerais, seguido pelo estado de São Paulo, Paraná e Bahia. Decorrido alguns anos, foi possível notar um alteração da plantação na maior parte dos estados, conforme a (Tabela 5), destacando as regiões de Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Rio Grande do Sul como líderes na área de floresta plantada(ha) do ano de 2018.

Tabela 5 - Área de Floresta Plantada (ha) da silvicultura no Brasil

Estados	Eucalipto	Pinus	Outras espécies	Total (2018)	Total (2016)
MG	1.966.626	48.050	6.840	2.021.516	1.873.338
PR	678.485	801.316	21.244	1.501.045	1.522.613
MS	1.121.914	11.304	-	1.133.218	998.083
SP	917.550	204.965	3.900	1.126.415	1.070.680
RS	601.767	296.289	120.009	1.018.065	1.119.973
SC	329.653	609.872	26.838	966.363	995.290
BA	593.404	0	-	593.404	587.464
ES	276.082	2.333	400	278.815	282.991
MT	187.947	-	70.858	258.805	266.017
MA	253.043	-	12	253.055	261.616
PA	151.110	-	56.964	208.074	207.514
GO	168.610	7.202	2.613	178.425	174.599
TO	144.793	73	7.272	152.138	143.401
AM	52.293	48	1.478	53.819	221.252
PI	34.237	-	-	34.237	36.316
RJ	30.675	18	950	31.643	37.373
RO	6.686	2.130	17.502	26.318	28.000
RR	-	-	21.557	21.557	10.390
AL	17.903	-	3.097	21.000	16.811
SE	6.153	-	26	6.179	3.363
PB	1.115	-	4.499	5.614	6.084
DF	3.200	733	210	4.143	3.400
PE	271	-	750	1.021	1.291
CE	25	-	625	650	270
RN	-	-	41	41	461

Fonte: Adaptado de IBGE, Produção Vegetal e Silvicultura 2018.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação (IBPT) (2017), observa-se que houve ligeira queda de 2015 (155.419) para 2016 (151.803) no número de empresas ativas na junta comercial, no segmento do setor de floresta nacional. No Brasil, o número de empresas de celulose e papel representa apenas 9% deste total de empresas. No entanto, conforme Figura 1, a indústria de celulose

e papel é responsável por 29% do total de 611.146 empregos diretos e formais desta indústria, evidenciando o impacto socioeconômico desta atividade para o país.

A indústria da silvicultura é fundamental para a sustentabilidade ambiental do planeta, pois a produção de celulose e papel está entre os dez maiores setores com receita cambial (SUSILAWATI & KANOWSKI, 2020). Na Europa, a silvicultura tem sido fortemente significativa para a economia, uma vez que os membros da Associação da Indústria de Papéis de Portugal (CELPA) exportam papel e papelão para mais de 140 países, o que representa aproximadamente 5% do total de exportação de bens portugueses (FERREIRA et al., 2019).

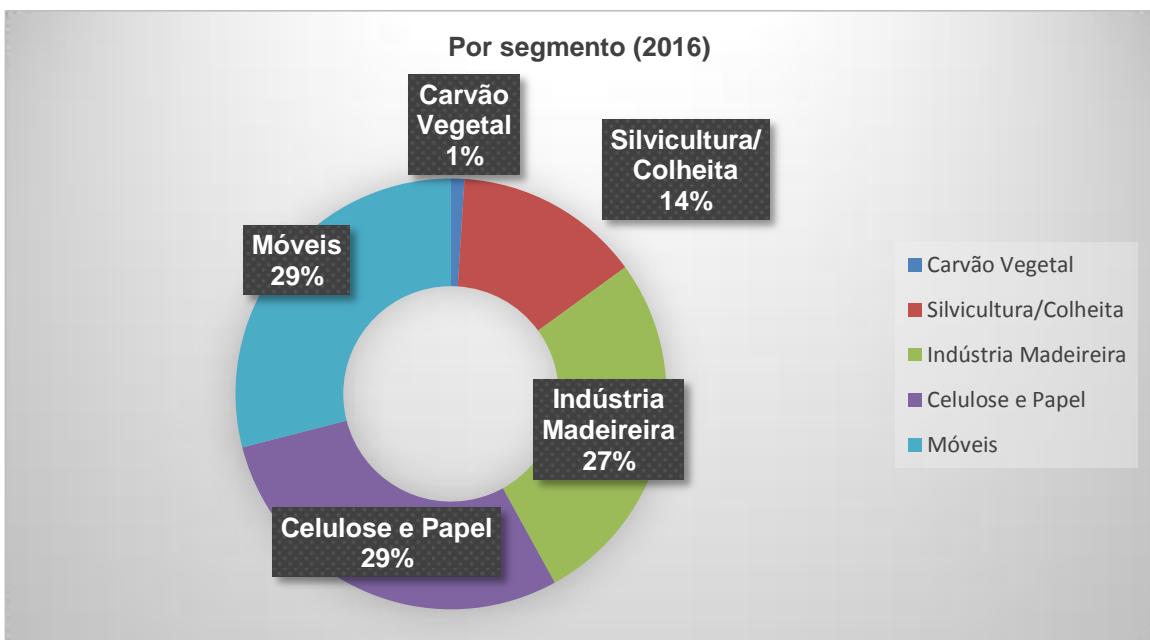


Figura 1 - Número de Empregos Diretos e Formais por Segmento do Setor Florestal Nacional de Base Plantada

Fonte: IBPT (2017), compilado por STCP (2017).

Esse setor de base florestal produz uma diversidade de bens essenciais ao desenvolvimento de qualquer país, com celulose, madeira, papel, carvão vegetal, dentre outros. Conforme Ferreira et al. (2019), essa indústria de Papel e Celulose (*Pulp and Paper*), como é também denominada, abrange quase todo o ciclo de vida dos produtos relacionados ao papel; desde a produção de matérias-primas (floresta), até o tratamento de produtos no final do seu ciclo de vida, por meio de reciclagem ou tratamento de resíduos.

O setor da silvicultura apresentou, ao longo dos anos, uma mudança estrutural. Segundo dados da pesquisa de Berg e Lingqvist (2019), a indústria gráfica mundial (papel jornal e papel para impressão e escrita) aumentou 4,3%, de 1992 a 2007,

mas diminuiu sua participação em 7,6%, de 2010 a 2018. Já, a embalagem apresentou crescimento em ambos os períodos; de 1992 a 2007 aumentou 7,6% e de 2010 a 2018, 4,4%. Ainda segundo os autores, esta mudança estrutural do segmento ocorreu também em termos de consolidação da indústria, pois as maiores indústrias do segmento apresentaram aumento de porte, dificultando a entrada de novos concorrentes.

Além da alteração do arranjo do setor, outros desafios enfrentados pela indústria, em termos globais, corresponderam ao aumento da concorrência de países de baixa renda como Brasil, Indonésia e às políticas ambientais da União Europeia, ocasionando a queda de lucratividade da indústria, o que fez diminuir o número de empresas na Europa, no setor, em 30%, no período de 2000 a 2017 (BIERNACKA, GRZEGORZEWSKA & PODOBAS, 2019).

Tal queda impactou a receita de vendas do setor no continente europeu, embora países como Polônia e República Tcheca possam ser apontados como exceções. A Polônia foi líder em vendas em 2010, com 6,1 bilhões de euros, seguida pela República Tcheca, com 2,1 bilhões de euros, no mesmo período. No entanto, também de acordo com os autores Biernacka, Grzegorzewska e Podobas (2019), se for considerado o período de 2010 a 2017, as vendas do setor de papel e celulose, nos países da União Europeia, aumentaram 12,6%, chegando ao patamar de 180 bilhões de euros, em 2017.

A indústria de papel e celulose também tem sido relevante no combate a COVID19 por meio da produção de máscaras, materiais hospitalares, papel higiênico, entre outros, cujo mercado se intensificou no período da pandemia. Contudo, outros segmentos do setor sofreram com a redução da atividade econômica no mundo, a exemplo os produtos derivados de madeira para móveis e papéis para impressão (MASSETTO, 2020).

A ampliação do setor da silvicultura no mundo ocorre principalmente pelo potencial de crescimento de receita, em comparação com outras atividades. Pesquisas como a de Morgan e Daigneault (2015), por exemplo, revelam que, em virtude de um Programa de Comércio de Emissões de Gás de Efeito Estufa (*Emissions Trading Scheme – ETS*), na Nova Zelândia, estima-se um aumento de receita líquida do setor de silvicultura de 14 milhões de dólares (dados de 2015), para um montante entre 73 e 145 milhões de dólares, em 2060 (crescimento entre 521% a 1036%). Outras atividades como criação de ovinos e bovinos teriam um

crescimento menor, entre 9,3% a 46%.

Em termos de potencial de ampliação da receita do setor da silvicultura, Haggith et al. (2020, p. 63) defendem que, paralelamente ao crescimento de vendas, a indústria precisa usar mecanismos mais inteligentes para “desintoxicar e descarbonizar enquanto cria valor”, por meio do uso de tecnologias mais limpas e regulamentações mais rígidas para o setor. Os autores afirmam que as fábricas de papel e celulose possuem potencial de criação de novas *commodities* de alto valor agregado, provenientes de subprodutos de papel (polímeros à base de madeira, produtos químicos e combustíveis, por exemplo), gerando receitas adicionais para a indústria. Tal fato pode ser observado na Guiana, por exemplo.

Mendes e Macqueen (2006) destacam que, nos primeiros seis meses de 2004, foram exportados 34 mil m<sup>3</sup> de toras, gerando uma receita de 3,84 milhões de dólares. Se, ao invés de toras, fossem vendidos produtos com maior valor agregado com o emprego de tecnologias que diminuíssem os custos de produção, esta receita poderia ter saltado para o patamar de 14 milhões de dólares, que somadas às exportações de madeira serrada, em um ano, poderia gerar uma receita anual de 52 milhões de dólares para o setor.

Sobre a relação da silvicultura com o meio ambiente, pode-se afirmar que esforços governamentais têm sido realizados no sentido de se reduzir a emissão de CO<sub>2</sub>, a exemplo do que realizou a União Europeia, em 2008, por meio do acordo que incluía o compromisso de se reduzir a emissão de gases de efeito estufa em 20% e aumento do uso de energias renováveis em 20% até o ano de 2020 (BACKLUND et al., 2014). Sendo assim, o setor da silvicultura também tem incorporado mecanismos para que suas indústrias se tornem mais verdes. Segundo Backlund et al. (2014, p. 207), a biomassa produzida pelo setor de papel e celulose “não atua apenas como um substituto para os combustíveis fósseis que liberam CO<sub>2</sub>. Quanto mais biomassa for cultivada, maior será o sequestro de carbono pela fotossíntese e uma boa alternativa às matérias-primas fósseis”.

Pesquisas também indicam que a expansão do setor da silvicultura, em regiões menos produtivas para atividades agrícolas e pecuárias convencionais (como morros), provoca a diminuição da emissão de gases de efeito estufa. Atividades agrícolas e pecuárias convencionais, devido ao uso de insumos e fertilizantes, além do descarte de resíduos, colocam em risco o meio ambiente, principalmente recursos naturais como a água doce e emissão de CO<sub>2</sub>. Dados de Morgan e

Daigneault (2015, p. 9) revelam que “aproximadamente 46% das emissões total de gases de efeito estufa da Nova Zelândia ocorrem no setor agrícola, o que é alto em comparação a outros países desenvolvidos no mundo”. Por esse motivo, também ocorre a valorização da silvicultura como setor que auxilia no sequestro do carbono.

A pesquisa de Fortes et al. (2019) destaca que a indústria de papel e celulose, com as crescentes restrições ambientais impostas ao setor, bem como o uso de outras formas de tecnologias empregadas para geração de energia têm sido forçada a se tornar mais eficaz em termos de custo. No caso específico das indústrias portuguesas, os autores investigaram quanto o sistema de energia age como estratégia efetiva de diminuição de custos, visando a uma profunda redução de emissão de gases de efeito estufa. A busca pela descarbonização, por meio da energia empregada nas indústrias, será “crucial para uma economia carbono neutro, exigida para alcançar o objetivo do acordo de Paris” (FORTES et al., 2019, p. 292).

Ainda sobre a importância do setor de papel e celulose na redução de emissões de CO<sub>2</sub>, Bajwa et al. (2019) destacam que produtos derivados da lignina, provenientes da silvicultura, podem conduzir à redução da pegada de carbono, condizente com a necessidade das legislações e acordos mundiais de diminuição de emissão de gases de efeito estufa. Só os “Estados Unidos, em 2016, emitiram um total de 6.511 toneladas métricas de equivalentes a CO<sub>2</sub>” (BAJWA et al., 2019, p.8), e tal indicador, se somado aos demais países, conduzem à preocupação mundial para uma mudança de uso de combustíveis fósseis para indústrias de base energética renovável.

Nos próximos tópicos, são apresentados estudos relacionados à sustentabilidade ambiental, à eficiência ambiental e à ecoeficiência, elementos relevantes para sustentação teórica das variáveis que serão investigadas de forma empírica nesta tese.

### **3.2 Sustentabilidade Ambiental**

A relação entre sustentabilidade ambiental e a silvicultura existe desde a criação do próprio termo sustentabilidade. Este termo foi utilizado, pela primeira vez, “nos círculos florestais alemães por Hans Carl von Carlowitz na *Sylviculture*

*Oeconomica* em 1713. Carlowitz sugeriu *nachhaltende Nutzung* (uso sustentável) dos recursos florestais [...]” (PISANI, 2006, p. 85). Este uso sustentável dos recursos florestais subentendia o balanceamento entre a colheita de árvores mais antigas e as árvores mais novas, que iriam suprir a retirada daquelas do meio ambiente. O autor ainda comenta que relacionado à preocupação com a conservação das florestas, “Outros especialistas em silvicultura, como Marchand e Wilhelm Gottfried Moser, também condenaram o consumo excessivo de madeira como uma prática que traria consequências negativas para as gerações futuras” (PISANI, 2006, p. 66).

Feil e Schreiber (2017, p. 670) complementam que Carlovitz, “influenciado pelas ideias de Evelyn (1664) e de Colbert 1713 (1669) sobre a rápida devastação florestal da Europa, publica o livro *Sylvicultura Oeconomica oder Anweisung zur wilden Baumzucht*”. Esta obra foi centrada “na escassez da madeira, demonstrando alternativas de consumo eficiente, reaproveitamento de energia, reflorestamento e substituição da madeira pelo fóssil [...]” (FEIL; SCHREIBER, 2017, p. 670), evidenciando a preocupação com o termo *ewige Wald*, que significa floresta eterna, como terminologia voltada à arborização e regeneração do cultivo de madeira, buscando a exploração e renovação contínuas da floresta.

Em virtude da não existência de um consenso sobre os conceitos sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, Feil e Schreiber (2017) propõem contribuir com tais axiomas; o resultado da pesquisa dos autores está condensado no Quadro 2, ao estabelecer os atributos de cada conceito.

Quadro 2 - Conceitos e atributos de sustentabilidade

Conceito	Atributos
<b>Sustentável</b>	Solução à escassez de recursos naturais vinculados a questões energéticas e recursos naturais. Originou-se da deterioração entre ecologia global e o desenvolvimento econômico. Abrange a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável. Preocupação com o futuro dos recursos naturais e da vida humana.
<b>Sustentabilidade</b>	Qualidade e propriedade do sistema global humano ambiental. Considera as evoluções dinâmicas temporais. Abrange os aspectos ambiental, econômico e social. Equilíbrio mútuo. Avaliação com indicadores e índices.
<b>Desenvolvimento sustentável</b>	Objetiva o crescimento econômico, sem agressão ambiental humana. Visão de longo prazo em relação às gerações futuras. Abrange o ambiental, o econômico e o social, em equilíbrio mútuo. Propõe mudança no comportamento da humanidade. Materializado por meio de estratégias. Envolve processos e práticas.

Fonte: Adaptado de Feil e Schreiber (2017).

Observa-se que o conceito de sustentabilidade envolve um tripé econômico, social e ambiental, e pode ser medido por meio de indicadores. A exemplo do conceito de sustentabilidade envolver índices para sua medição, foi desenvolvido o Método *Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles or Farm Sustainability Indicators* (IDEA), que se trata de uma matriz que contempla 41 indicadores de sustentabilidade econômica, social e ambiental, aplicada a fazendas. Tal matriz pode ser empregada não somente para proprietários de fazendas, mas também para instituições que desenvolvem políticas públicas que dão subsídio à agricultura sustentável (ZAHM et al., 2008).

Já, Govindan, Khodaverdi e Jafarian (2013) empregaram a lógica *fuzzy* para estabelecer a mensuração da performance de sustentabilidade, baseada na abordagem *Triple Bottom Line* (TBL). Enfatizaram a relação entre os agentes na cadeia de suprimentos (fornecedores-empresa), como forte instrumento para cooperação ambiental e social, tornando a seleção de fornecedores como elemento importante na busca pela sustentabilidade. O artigo emprega análise de variáveis econômicas, sociais e ambientais, e apresenta um *ranking* de fornecedores a partir desta investigação (GOVINDAN; KHODAVERDI; JAFARIAN, 2013).

Com relação ao TBL, sustentabilidade econômica parte do pressuposto de que o capital econômico precisa ser mantido após seu consumo, durante um determinado período. Medida em termos monetários, a sustentabilidade econômica lida com incerteza e risco no ambiente de negócios (GOODLAND, 1995). Já, a vertente da sustentabilidade social, de acordo com o mesmo autor, subentende que as organizações possuem diversos *stakeholders*, não somente os acionistas e investidores detentores de capital econômico, mas também a comunidade e sociedade civil. Sustentabilidade social refere-se ao capital social da instituição, envolvendo aspectos de solidariedade, diversidade, valores que permeiam o desenvolvimento econômico e a busca de redução da pobreza.

Por outro lado, a sustentabilidade ambiental está focada no aspecto que mais restringe o desenvolvimento do ser humano: o meio ambiente. A proteção das fontes de matérias-primas empregadas no processo produtivo e o tratamento de resíduos resultantes deste conduzem à defesa do capital natural que dá suporte à vida no planeta (GOODLAND, 1995).

Para que haja maior sustentabilidade ambiental, pesquisas enfatizam que o investimento em tecnologia é condição ímpar (GREEN; MCMEEKIN; IRWIN, 1994,

KEMP, 1994, SCHOT; HOOGMA; ELZEN, 1994). Contudo, mudanças em tecnologias envolvem um processo gradual e lento, bem como altos custos.

O estudo de Green, McMeekin e Irwin (1994), em uma pesquisa do tipo *survey*, em companhias do Reino Unido, relata, por meio de investigação, como tais empresas conseguiam inovar em termos de tecnologia, aplicando produtos e processos ecologicamente mais corretos, bem como investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento nesta linha, como resposta às pressões ambientais. Já, o artigo de Kemp (1994) enfatizou possibilidades de empresas com restrições em termos de recursos tecnológicos realizarem a transição para sistemas de fornecimento de energia que sejam ambientalmente mais sustentáveis, considerando-se os próprios contextos.

Por meio da comparação entre esforços na Califórnia e na Holanda para produção de veículos elétricos, ambientalmente mais sustentáveis, Schot, Hoogma e Elzen (1994) propõem um modelo evolutivo, a partir da conjunção de três estratégias que podem ser empregadas pelas empresas neste ramo, tais como o investimento em tecnologias para a criação de um novo mercado promissor, experimentos voltados ao desenvolvimento e à melhoria de nichos estratégicos de mercado; e por último, a busca de novas alianças, para fortalecimento de tecnologia, mercado, regulamentação, dentre outros fatores (SHOT; HOOGMA; ELZEN, 1994).

A indústria da silvicultura também tem sido objeto de estudos que relacionam sustentabilidade ambiental e, mais especificamente ao conceito de ecoeficiência. Wang et al. (2011), pautados na argumentação de que poucos estudos buscam relacionar regulamentação ambiental e ecoeficiência, investigaram as tendências de ecoeficiência da indústria de papel e celulose da Província de Shandong (China), considerando três campos específicos: eficiência da água, eficiência energética e eficiência ambiental. O estudo evidenciou que, ao se implementar regulamentações ambientais mais rígidas, a indústria de papel e celulose da Província de Shandong apresentou melhorias significativas em indicadores de ecoeficiência, à exceção de emissão de gás carbônico e consumo de energia.

Tendo como foco de estudo a indústria de papel e celulose da Suécia, Blomberg et al. (2012) tiveram como objetivo fornecer a avaliação empírica do potencial de melhoria da eficiência da eletricidade nesta indústria e compará-la com o resultado das políticas de eficiência energética, mais especificamente do Programa Voluntário de Eficiência Energética da Suécia. Empregou o método de

Análise por Envoltória de Dados, com dados dos anos 1995, 2000 e 2005. Os resultados revelam que, na indústria de papel e celulose, melhorias de eficiência energética são normalmente incorporadas pela difusão de novos equipamentos, o que sugere que tais melhorias são consequência de progressos tecnológicos.

Fleiter et al. (2012), ao afirmar o alto consumo de energia que a indústria de papel e celulose da Alemanha demandou em 2008 (cerca de 9% de toda a demanda energética do país), tiveram como objetivo avaliar 17 tecnologias de processo (como, por exemplo, processo de secagem de papel) e para melhoria de eficiência energética nesta indústria, até 2035. Verificaram que os potenciais de economia de energia das tecnologias avaliadas são reais, contudo restritas, considerando que os processos atuais à produção de papel não mudam radicalmente, sendo que tais processos normalmente consomem muita energia.

O estudo de Martire et.al. (2015) baseiam-se na proposição de um sistema de apoio à decisão para cálculo da biomassa anual disponível, para possibilitar o manejo florestal sustentável ambientalmente, considerando as restrições locais ecológicas e técnicas para identificar a quantidade de madeira disponível. Especificamente, a investigação prevê o conceito de sustentabilidade ambiental no processo de produção de energia, a partir de dois estudos de caso (MARTIRE et.al., 2015).

### **3.3 Eficiência Ambiental**

O conceito de eficiência subentende a relação entre saídas (*outputs*) em relação às entradas (*inputs*) de um determinado processo: “Quanto maior for o resultado dado uma determinada entrada, ou menor a entrada para uma determinada saída, mais eficiente é a atividade, produto ou negócio” (BURRIT; SAKA, 2006, p. 1.264). Trata-se de um conceito multidimensional, devido ao fato das unidades de medida, tanto de saída quanto de entrada, poderem ter variações.

Baseada nos conceitos de sustentabilidade ambiental, a eficiência ambiental pode ser definida como “a razão entre o mínimo possível e o uso observado de insumos prejudiciais ao meio ambiente, condicionadas aos níveis de saídas desejáveis e insumos convencionais” (REINHARD; LOVELL; THIJSSSEN, 2000, p.

288). Ao analisar esta medida com periodicidade, a empresa permite-se analisar se há redução da aplicação dos *inputs* que prejudicam o meio ambiente. Também, uma empresa pode ter uma chamada gestão ecologicamente eficiente, quando existe “uma alta proporção entre produtos vendidos ou atividades realizadas, e os impactos ambientais adicionados associados a estas atividades” (BURRITT; SAKA, 2006, p. 1.265).

Reihard, Lovell e Thijssse (2000) realizaram pesquisa com o objetivo de estimar coeficientes de eficiência ambiental para fazendas produtoras de leite da Holanda. Concluíram que tanto a técnica Análise de Fronteira Estocástica (SFA), quanto à Análise Envoltória de Dados (DEA) são capazes de estimar os índices de eficiência ambiental.

Com o objetivo de construir índices de eficiência ambiental para uma amostra composta por países de baixa e alta renda, empregando técnicas não paramétricas de fronteira de produção, Taskim e Zaim (2000) empregaram variáveis como Produto Interno Bruto (PIB) como resultado desejável, e em contraponto às emissões de gás carbônico como o resultado indesejável. Como *inputs*, usaram dados relativos à empregabilidade agregada (total de empregados) e capital social total do país. Para o cálculo do índice, empregaram dados anuais dos países, entre 1975 a 1990.

Na vertente do agronegócio, especificamente na emissão de fósforo resultante de fazendas voltadas à produção suína na Bélgica, o artigo de Coelli, Lauers e Huylenbroeck (2007) propõe um novo método de mensuração de eficiência ambiental, a partir da Análise por Envoltória de Dados e da argumentação de que existem inconsistências nos padrões de modelos empregados até então. Tal método “envolve a identificação de vetores de entrada minimizadores de nutrientes no contexto de um modelo de produção padrão. O método é aplicável quando a poluição é calculada usando uma equação de balanço de materiais [...]” (COELLI; LAUERS; HUYLENBROECK, 2007, p.11). Os achados deste estudo revelam que a poluição por nutrientes, nas fazendas analisadas, pode ser minimizada de forma que se reduzam também os custos envolvidos na sua produção.

Usando como base a produção de maçãs de vinte e duas províncias chinesas, principais produtoras da espécie, Bai, Salin e Bloch (2019) mediram a eficiência ambiental, empregando a técnica de Análise da Fronteira da Eficiência, com dados em painel, no período de 1992 a 2014. O estudo evidenciou que os índices de

eficiência diminuíram ao longo do tempo, no período de análise. Também identificaram que as variáveis “trabalho” e “fertilizantes químicos” possuem relação substituta; enquanto “materiais” e “trabalho”, assim como “fertilizantes químicos” e “pesticidas” possuem relações complementares (BAI; SALIN; BLOCH, 2019).

Com foco nos nove países do leste asiático, no período de 2002 a 2010, Le et al. (2019) realizaram estudo cujo objetivo foi avaliar alterações na produtividade e eficiência ambiental na agricultura destes países. Empregando a Análise por Envoltória de Dados, os achados destacam Taiwan, Japão e Coréia como países com maior crescimento em produtividade e eficiência ambiental; enquanto que a Tailândia foi considerada o pior, segundo os indicadores empregados na pesquisa.

Há ainda pesquisas que combinam viabilidade econômica e eficiência ambiental. Xu et al. (2019), em pesquisa sobre processos de produção de hidrogênio, tomando por base dados do Paquistão, aplicou a Análise por Envoltória de Dados para identificar os processos de produção de hidrogênio mais eficientes e ambientalmente sustentáveis, a partir da análise de cinco variáveis: custo de capital, custo de matéria-prima, custo de operação e manutenção, produção de hidrogênio e emissão de gás carbônico. Dentre as alternativas analisadas, destacaram-se, em termos de maiores escores de eficiência, a eletrólise eólica, a eletrólise fotovoltaica e a gaseificação de biomassa.

### **3.4 Eficiência Econômica**

Svyntukh (2015, p. 156) destaca, em linhas gerais, que “de uma perspectiva econômica, o uso de recursos florestais é uma organização de atividades que visa a extração e o efetivo uso dos recursos das propriedades florestais”. Investigações têm sido realizadas no sentido de comparar eficiências econômicas entre países, respaldando investidores. A pesquisa de Brukas & Weber (2009), por exemplo, comparou a eficiência econômica de dois países, Alemanha e Suécia, que concentram seus esforços em práticas de manejo florestal distintas: a prática alemã foca o manejo voltado ao volume florestal; já, o enfoque escandinavo busca gerenciar o manejo para o lucro.

Os estudos que empregam eficiência econômica como temática principal e se utilizam de Análise por Envoltória de Dados como técnica usam *inputs* e *outputs* diversos. Alden, Proops e Gray (1998) relacionaram o uso total direto da terra necessário para produzir um nível desejado de produção física (*input*) e produção total (*output*). A relação entre custos para produzir produtos e serviços (*input*) e valor gerado pelos produtos e serviços produzidos (*output*) foi estudado por Ron e Padilla (1999), Svyntukh (2015) e Hongguang et al. (2017). Kallio (2002) investigou a relação entre madeira, mão de obra e energia, e materiais que não é madeira (*inputs*) e preço de mercado do papel e celulose (*output*).

Petroni e Preti (2008) usaram mão de obra como insumo e preço local do produto como *output*. Brukas e Weber (2009) relacionaram custos relevantes (*input*) e receitas (*output*). Gonzalez-Benecke et al. (2014) relacionaram custo (*input*) e valor esperado do investimento como saída. Já, o estudo de Yiwen & Kant (2020) mediu eficiência econômica de forma qualitativa (por não ter o histórico destas informações), a partir das seguintes variáveis: capacidade de investimento e custos de gerenciamento da silvicultura, e a relação entre custo e receita, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno.

### 3.5 Ecoeficiência

O *World Business Council For Sustainable Development* (WBCSD) (2006, p. 3) conceitua ecoeficiência como “uma filosofia de gestão que encoraja negócios a buscarem por melhorias ambientais em paralelo aos benefícios econômicos. Foca nas oportunidades de negócio e permite companhias serem mais ambientalmente responsáveis [...]”.

Conforme destacado por Koskela (2015, p. 316), apesar de a integração entre desempenho ambiental e econômico estar subjacente à definição de ecoeficiência, não há um consenso a respeito da definição operacional deste conceito. O trabalho do referido autor, englobando indústrias do ramo da silvicultura na Finlândia e a técnica de painel Delphi, aponta indicadores de ecoeficiência que foram determinados com base em avaliação de especialistas. Em seu estudo, como agenda de pesquisa, consta a importância de comparação de empresas do ramo

não somente finlandesas, mas também do mundo todo, usando dados públicos.

Burritt e Saka (2006) destacam que ecoeficiência é a razão entre valor agregado monetário e o impacto agregado ao meio ambiente. Isso pressupõe que, no numerador, sejam empregadas informações financeiras; e no denominador, informações de cunho físico, relacionado ao ambiente.

A ecoeficiência também tem sido analisada em áreas controversas como em estudos sobre a mineração de urânio, usado na geração de energia nuclear (MUDD; DIESENDORF, 2008). Aqueles que são favoráveis à energia nuclear se baseiam no argumento de que há menor intensidade de carbono na energia nuclear, comparada aos combustíveis fósseis, sendo, portanto, ecologicamente mais eficientes.

Li et al. (2012) conceituam ecoeficiência como a razão entre o valor do produto ou serviço e o seu impacto ambiental. O numerador, ou seja, valor do produto ou serviço pode ser representado pelo volume de produto produzido/vendido ou pelas receitas líquidas da empresa.

O denominador pode ser representado pelas despesas ambientais, a exemplo do consumo de energia, de água ou de material, ou mesmo por outras variáveis que destaquem o impacto ambiental daquele negócio como, por exemplo, emissão de gás carbônico e seu impacto sobre o aquecimento global. Mais recentemente, Koskela (2015, p. 316) define que “o conceito de ecoeficiência combina o desempenho econômico e ambiental em um sistema específico”.

Pesquisas recentes têm empregado o termo ecoeficiência em investigações espalhadas por diversos países. No Japão, por exemplo, Burritt e Saka (2006) examinaram a relação entre contabilidade gerencial ambiental (prática relativamente recente que envolve o levantamento de custos e fluxos físicos de processos relacionados ao meio ambiente) e medidas de ecoeficiência nas empresas.

Nos países europeus, Robaina-Alves, Moutinho e Macedo (2015) avaliaram o problema de recursos e sua eficiência ambiental. Empregando a Análise de Fronteira Estocástica, utilizaram o Produto Interno Bruto (PIB) como *output* desejável, e como *output* indesejável, a emissão de gases de efeito estufa. Como variáveis de entrada, empregaram capital, trabalho, combustíveis fósseis e consumo de energia renovável.

E ecoeficiência também já foi abordada em pesquisa sobre a indústria de papel e celulose, na Finlândia. Com o objetivo de medir a ecoeficiência na indústria florestal finlandesa, Koskela (2015) empregou a técnica Delphi para que

especialistas na área ambiental pudessem destacar indicadores de ecoeficiência que pudessem ser empregadas para mensuração da performance ambiental e econômica das três maiores indústrias da silvicultura do país. A pesquisa apresenta sugestão de futuras investigações, ao identificar que dados mais detalhados sobre as empresas (além de dados públicos) são necessários para o estudo da ecoeficiência, além da necessidade de se realizar comparações de ecoeficiência na silvicultura entre países.

## REFERÊNCIAS

APRE- Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal. Estudo Setorial. Disponível em [http://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Estudo-Setorial-2018\\_APRE.pdf](http://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Estudo-Setorial-2018_APRE.pdf). Acessado em 10 de janeiro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BACHA, Carlos José Caetano. A expansão da silvicultura no Brasil. Revista Brasileira de Economia, v. 45, n. 1, p. 145-168, 1991.

BAI, Xiuguang; SALIM, Ruhul; BLOCH, Harry. Environmental Efficiency of Apple Production in China: A Translog Stochastic Frontier Analysis. Agricultural and Resource Economics Review, p. 1-22, 2019.

BURRELL, G.; MORGAN, G. Sociological Paradigms and organisational Analysis - Elements of the Sociology of Corporate Life. Sociological Paradigms and organisational analysis, 1979.

BURRITT, Roger L.; SAKA, Chika. Environmental management accounting applications and eco-efficiency: case studies from Japan. Journal of Cleaner production, v. 14, n. 14, p. 1262-1275, 2006.

COELLI, Tim; LAUWERS, Ludwig; VAN HUYLENBROECK, Guido. Environmental efficiency measurement and the materials balance condition. Journal of productivity analysis, v. 28, n. 1-2, p. 3-12, 2007.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. Business research methods. 12. ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2014.

DA SILVA, Thiago Alves Lucas. A apropriação capitalista da Silvicultura no Brasil e sua lógica de produção do espaço. Terra Livre, v. 1, n. 50, p. 159-199, 2019.

DE LIMA, Leandro Januário et al. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, SUSTENTABILIDADE E SAÚDE: UMA REVISÃO. Ciência e Sustentabilidade, v. 4, n. 2, p. 133-150, 2019.

FAO – Food and Agriculture Organization. Sustainable Development Goals. Disponível em: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-15/en/>. Acesso em 10 de janeiro de 2021.

FAO (2021). Dados dos países com maior área florestal do mundo. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acessado em 5 e março de 2021.

FAO (2015), MMA (2016), IBÁ (2016), compilado por STCP. Área com Floresta Nativa e Plantada Brasil. Disponível em <http://www.remade.com.br/banco-dados/149/silvicultura/area-com-floresta-nativa-e-plantada-brasil>. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

FAO and EFI. 2018. Making forest concessions in the tropics work to achieve the 2030 Agenda: Voluntary Guidelines, by Y.T. Tegegne, J. Van Brusselen, M. Cramm, T. Linhares-Juvenal, P. Pacheco, C. Sabogal and D. Tuomasjukka. FAO Forestry Paper No. 180, Rome. 128pp.

FAO. Dados sobre Distribuição dos Países com Maior Área Florestal – 2015. Disponível em <http://www.remade.com.br/banco-dados/150/silvicultura/distribuicao-dos-paises-com-maior-area-florestal--2015>. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

FEIL, Alexandre André; SCREIBER, Dusan. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. Cad. EBAPE.BR, v. 14, n. 3, Artigo 7, Rio de Janeiro, jul./set.2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cebape/v15n3/1679-3951-cebape-15-03-00667.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueria e. "Eco-92"; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/eco-92.htm>>. Acesso em 06 de fevereiro de 2019.

GOMES, E.G.; MELLO, J.C.C.B. S.; ASSIS, A.S.; et al. Uma medida de eficiência em segurança pública. Niterói: Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção, v. 3, n. 7, p. 1-15, 2003. Disponível em <[www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume32003/relpesq\\_303\\_07.doc](http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume32003/relpesq_303_07.doc)>. Acesso em 10 de janeiro de 2020.

GOODLAND, Robert. "The Concept of Environmental Sustainability." Annual Review of Ecology and Systematics, vol. 26, 1995, pp. 1–24. JSTOR, [www.jstor.org/stable/2097196](http://www.jstor.org/stable/2097196).

GOVINDAN, Kannan; KHODAVERDI, Roohollah; JAFARIAN, Ahmad. A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. Journal of Cleaner production, v. 47, p. 345-354, 2013.

GREEN, Kenneth; MCMEEKIN, Andrew; IRWIN, Alan. Technological trajectories and R&D for environmental innovation in UK firms. Futures, v. 26, n. 10, p. 1047-1059, 1994.

GRI – Global Reporting Initiative. Base de dados de empresas do ramo da silvicultura. Disponível em <<http://database.globalreporting.org/search/>>. Acessado em 26/01/2019.

IBÁ/PoyryABRAF. Principais países produtores de Papel - milhões (t) em 2016. Disponível em <[http://www.remade.com.br/banco-dados/124/papel-e-celulose/principais-paises-produtores-de-papel---milhoes-\(t\)](http://www.remade.com.br/banco-dados/124/papel-e-celulose/principais-paises-produtores-de-papel---milhoes-(t))>. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

IBÁ/SECEX/FAO/Poyry. Principais países produtores de Celulose - milhões (t) em 2016. Disponível em <[http://www.remade.com.br/banco-dados/123/papel-e-celulose/principais-paises-produtores-de-celulose---milhoes-\(t\)](http://www.remade.com.br/banco-dados/123/papel-e-celulose/principais-paises-produtores-de-celulose---milhoes-(t))>. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação – IBPT. Dados sobre Evolução e Participação do Número de Empresas por Segmento do Setor Florestal Nacional. Disponível em: [http://www.remade.com.br/banco-dados/158/setor-florestal/evolucao-e-participacao-do-numero-de-empresas-por-segmento-do-setor-florestal-nacional-\(2016\)](http://www.remade.com.br/banco-dados/158/setor-florestal/evolucao-e-participacao-do-numero-de-empresas-por-segmento-do-setor-florestal-nacional-(2016)). Acessado em 10 de janeiro de 2020.

KEMP, René. Technology and the transition to environmental sustainability: the problem of technological regime shifts. *Futures*, v. 26, n. 10, p. 1023-1046, 1994.

KOSKELA, Marileena. Measuring eco-efficiency in the Finnish forest industry using public data. *Journal of Cleaner Production*, v. 98, p. 316-327, 2015.

LE, Truc Linh et al. Evaluation of total factor productivity and environmental efficiency of agriculture in nine East Asian countries. *Agricultural Economics/Zemedelska Ekonomika*, v. 65, n. 6, 2019.

LI, Wen et al. Eco-efficiency of manufacturing processes: A grinding case. *CIRP annals*, v. 61, n. 1, p. 59-62, 2012.

LINS, Marcos Pereira Estellita; MOREIRA, Maria Cristina Bessa. Implementação com Seleção de Variáveis em Modelos de DEA. In: LINS, Marcos Pereira Estellita; MEZA, Lídia Ângulo (org.). *Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente de Apoio à Decisão*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000. Cap. III, p.38 - 52.

MARTIRE, Salvatore; CASTELLANI, Valentina; SALA, Serenella. Carrying capacity assessment of forest resources: Enhancing environmental sustainability in energy production at local scale. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 94, p. 11-20, 2015.

MASSETTO, Giovanna. Indústria de base florestal sofre oscilações devido ao coronavírus. Site de internet, data da publicação: 05 de maio de 2020. Disponível em: <<https://blogs.canalrural.com.br/florestasa/2020/05/05/industria-de-base-florestal-sofre-oscilacao-devido-ao-coronavirus/>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros.html>>, acessado em 10 de janeiro de 2020.

MONTE, M. Concepcion et al. Waste management from pulp and paper production in the European Union. *Waste management*, v. 29, n. 1, p. 293-308, 2009.

MTE. Número de Empregos Diretos e Formais por Segmento do Setor Florestal Nacional de Base Plantada. Disponível em <http://www.remade.com.br/banco-dados/159/setor-florestal/numero-de-empregos-diretos-e-formais-por-segmento-do-setor-florestal-nacionalde-base-plantada>. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

MUDD, Gavin M.; DIESENDORF, Mark. Sustainability of uranium mining and milling: toward quantifying resources and eco-efficiency. *Environmental Science & Technology*, v. 42, n. 7, p. 2624-2630, 2008.

MUSSOI, A.; VAN BELLEN, H. Evidenciação ambiental: uma comparação do nível de evidenciação entre os relatórios de empresas brasileiras. *Revista de Contabilidade e Organizações*, v. 4, n. 9, p. 55-78, 1 ago. 2010.

ONU – Organização das Nações Unidas. Contabilidade da Gestão Ambiental: Procedimentos e Princípios. Divisão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, Nações Unidas: Nova York, 2001. Disponível em: <https://www.un.org/esa/sustdev/publications/emaportuguese.pdf>. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

ONU – Organização das Nações Unidas. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/>. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

ORSATO, Renato J. Posicionamento ambiental estratégico. Identificando quando vale a pena investir no verde. *Revista Eletrônica de Administração*, v. 8, n. 6, 2002.

PISANI, J. A. Sustainable development – historical roots of the concept. *Environmental Sciences*, v. 3, n. 2, p. 83-96, 2006

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2015.

REINHARD, Stijn; LOVELL, CA Knox; THIJSSEN, Geert J. Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*, v. 121, n. 2, p. 287-303, 2000.

ROBAINA-ALVES, Margarita; MOUTINHO, Victor; MACEDO, Pedro. A new frontier approach to model the eco-efficiency in European countries. *Journal of Cleaner Production*, v. 103, p. 562-573, 2015.

SBS – Sociedade Brasileira de Silvicultura. Dados sobre Área Plantada com Pinus e Eucaliptos no Brasil (Ha) – 2000. Disponível em [http://www.sbs.org.br/area\\_plantada.htm](http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm). Acessado em 10 de janeiro de 2019.

SCHOT, Johan; HOOGMA, Remco; ELZEN, Boelie. Strategies for shifting technological systems: the case of the automobile system. *Futures*, v. 26, n. 10, p. 1060-1076, 1994.

TASKIN, Fatma; ZAIM, Osman. Searching for a Kuznets curve in environmental efficiency using kernel estimation. *Economics letters*, v. 68, n. 2, p. 217-223, 2000.

VALVERDE, S. R.; MAFRA, J. W. A.; MIRANDA, M. A.; SOUZA, C. S.; VASCONCELOS, D. C. Silvicultura brasileira – Oportunidades e desafios da economia verde. Coleção de estudos sobre diretrizes para uma economia verde no Brasil. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. FBDS. São Paulo. v. 1. 2015. Disponível em: <<http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-29.pdf>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2019.

VAN ZWIETEN, L<sup>†</sup> et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and soil*, v. 327, n. 1-2, p. 235-246, 2010.

VELLANI, C.; RIBEIRO, M. Sistema contábil para gestão da ecoeficiência empresarial. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 20, n. 49, p. 25-43, 1 abr. 2009.

VELLANI, Cassio Luiz; RIBEIRO, Maísa de Souza. Sustentabilidade e contabilidade. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, Florianópolis, v. 6, n. 11, p. 187-206, jan. 2010. ISSN 2175-8069. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/2175-8069.2009v6n11p187/11610>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020. doi:<https://doi.org/10.5007/2175-8069.2009v6n11p187>.

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficiency Learning Module. 2006, 231 pages. Disponível em: <https://www.wbcsd.org/gf6v>. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

XU, Li et al. Economic viability and environmental efficiency analysis of hydrogen production processes for the decarbonization of energy systems. *Processes*, v. 7, n. 8, p. 494, 2019.

ZAHM, Frédéric et al. Assessing farm sustainability with the IDEA method—from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable development*, v. 16, n. 4, p. 271-281, 2008.

## CAPÍTULO 1

### Eficiência Ambiental e Ecoeficiência na Indústria de Papel e Celulose: uma abordagem baseada em revisão sistemática e análise textual

Nesse primeiro capítulo, foi realizada uma revisão sistemática das terminologias “*environmental efficiency*” e “*ecoeficiency*” em artigos da base de dados da Web of Science, a partir de um recorte no número de citações, bem como pesquisas na indústria de papel e celulose que abordam a temática. Foram considerados 19 artigos relacionados a “*environmental efficiency*”, 25 artigos sobre “*ecoeficiency*” e 3 artigos, com a combinação de “*pulp and paper*”. Os dados explorados referem-se a objetivos, contribuições do artigo, “gaps” voltados a futuras investigações, métodos e variáveis principais de mensuração dos conceitos e outros fatores como países mais importantes em termos de publicação na área temática abordada. Além disso, uma análise textual foi realizada, utilizando-se o software Iramuteq.

## **Eficiência Ambiental e Ecoeficiência na Indústria de Papel e Celulose: uma abordagem baseada em revisão sistemática e análise textual**

### **RESUMO**

O presente artigo tem como objetivo desenvolver uma revisão sistemática sobre os termos “Environmental Efficiency” e “Eco-efficiency”, bem como o emprego de tais termos combinados com a indústria de “Pulp and Paper” através da base de dados Web of Science. A partir do protocolo de estudos de identificação, avaliação e síntese do que foi publicado e amplamente citado (a partir de 50 citações) no período de 2009 a 2018, foram identificados 47 artigos no total. O estudo mostra de forma destacada a China como um dos principais países com estudos relacionados aos temas, bem como ressalta que Análise Envoltória de Dados (DEA) e Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) são as principais técnicas empregadas para análise de ecoeficiência. O artigo apresenta, além da revisão sistemática, uma análise textual dos resumos, os quais trouxeram a essência dos artigos em tela, em caso específico dos *papers* sobre eficiência ambiental e ecoeficiência na indústria de papel e celulose, evidenciam expressões-chave prioritárias como eficiência, energia e regulação. Futuras investigações devem incentivar a demonstração de resultados desejáveis e indesejáveis, em razão da prevenção de exaustão de recursos não renováveis. O *disclosure* de informações relacionadas à poluição ambiental é relevante para comparabilidade entre os setores e países, carecendo de legislação que as tornem obrigatórias para que, uma vez claramente evidenciadas, possam ser mitigadas.

**Palavras-chave:** revisão sistemática, ecoeficiência, eficiência ambiental, papel e celulose.

### **ABSTRACT**

This article aims to develop a systematic review on the terms "Environmental Efficiency" and "Eco-efficiency", as well as the use of such terms combined with the "Pulp and Paper" industry. From the protocol of studies of identification, evaluation and synthesis of what was published and widely cited (from 50 citations) in the period from 2009 to 2018, 47 articles were identified in total. The study highlights China as one of the main countries investigated in the themes, as well as emphasizing that DEA and LCA are the main techniques used for eco-efficiency analysis. In an unprecedented way, the article presents in addition to the systematic review a textual analysis of the abstracts, which brought the essence of the articles on screen, in specific case of the papers on environmental efficiency and eco-efficiency in the pulp and paper industry, show priority key expressions such as efficiency, energy and regulation. Future research should encourage the demonstration of desirable and undesirable results, due to the prevention of depletion of non-renewable resources. The disclosure of information related to environmental pollution is relevant for comparability between sectors and countries, lacking legislation that make them mandatory so that, once clearly evidenced, could be mitigated.

**Keywords:** systematic review, eco-efficiency, environmental efficiency, pulp and paper.

## 1 INTRODUÇÃO

O tripé de sustentabilidade econômica, social e ambiental evoluiu para o conceito de ecoeficiência. Conforme *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) (2006), ecoeficiência refere-se à criação de valor com menor impacto, ou seja, é atrelar a competitividade empresarial à responsabilidade ambiental e provocar o menor dano possível ao planeta em suas atividades operacionais. Para alcançar ecoeficiência, as empresas tendem a investir em atividades que normalmente resultam em gastos, denominados gastos ambientais (VELLANI; RIBEIRO, 2010).

A questão de ecoeficiência tem sido pauta de atenção de uma das indústrias mais importantes do mundo, a indústria de papel e celulose, ou silvicultura. Em função dos benefícios econômicos gerados nesta atividade operacional, tais empresas são relevantes economicamente, e neste sentido, desafiadas a equilibrar eficiência energética e resíduos poluentes provenientes do processo produtivo (VAN ZWIETEN, 2010). Conforme pesquisa de Monte et al. (2009), a indústria de papel e celulose, na Europa, produz cerca de onze milhões de toneladas de resíduos, reutilizados em alguns processos, tais como, incineração como fonte alternativa de energia, tratados em compostagem ou reciclados como material de construção, por exemplo. Tais mecanismos são respostas da indústria ao aumento de impostos e à legislação, que eliminaram a opção de aterros sanitários para destinação de resíduos na Europa e demandaram, dessa indústria, a aplicação de processos voltados à ecoeficiência.

Na busca de intersecção entre os temas eficiência ambiental, ecoeficiência e silvicultura e na tentativa de compreender melhor o construto ecoeficiência e suas variáveis componentes, bem como os gaps a serem estudados na indústria da silvicultura, este artigo tem como objetivo desenvolver uma revisão sistemática sobre tais aspectos e pretende contribuir no sentido de: (1) elucidar os conceitos de eficiência ambiental e ecoeficiência; (2) identificar estudos na área de papel e celulose que abordaram o tema; e (3) no estabelecimento de agenda para futuras investigações que abordem eficiência ambiental e ecoeficiência.

O presente artigo está dividido em seis seções, além desta. Na segunda - encontram-se referências que respaldam teoricamente o estudo de revisão sistemática. Em seguida, encontra-se a descrição da metodologia empregada no estudo, desde a seleção, avaliação e perguntas orientativas das análises realizadas. Na quarta seção, encontra-se a discussão e análise dos achados e, em seguida, as conclusões principais do estudo. Por fim, as referências bibliográficas estão destacadas.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA-**

### **2.1 Ecoeficiência**

Desenvolvimento sustentável pressupõe atender às necessidades econômicas, sociais e ambientais de forma conjunta (GOODLAND, 1995). Este novo paradigma tem sido enfatizado pelas empresas de diversas indústrias, de forma a manter a competitividade perante seus *stakeholders*. Neste contexto, surgem alguns conceitos importantes a serem elucidados: eficiência ambiental, eficiência econômica e ecoeficiência.

Baseada nos conceitos de sustentabilidade ambiental, eficiência ambiental pode ser compreendida como a relação entre o menor uso de insumos que prejudicam o meio ambiente para a produção dos produtos/serviços desejados pela organização (REINHARD; LOVELL & THIJSSSEN, 2000). Eficiência econômica também é conhecida como eficiência de custos, definida pela razão entre os custos totais mínimos e a produção total do período no negócio em questão (KHUMBHAKAR & LOVELL, 2000 apud DWIASTUTI & NINGSIH, 2017).

O terceiro conceito, ecoeficiência, tem como foco atender tanto ao conceito de eficiência ambiental quanto ao de eficiência econômica, criando-se valor com menor impacto ambiental (WBCS, 2006). Este equilíbrio entre eficiência energética e emissão de resíduos poluentes no processo de produção tem sido preocupação de diversas indústrias, tais como a silvicultura. A indústria de papel e celulose, em alguns países europeus, é afetada por restrições legais e impostos que exercem

pressão para que haja tratamento dos resíduos do processo produtivo e reutilização destes, buscando melhor eficiência energética (MONTE et al., 2009).

## 2.2 Revisão sistemática

A revisão sistemática, proveniente de pesquisa referente à literatura existente sobre determinada temática, “disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada” (SAMPAIO; MANCINI, 2007, p. 84). Trata-se, portanto, de uma prática relevante para o desenvolvimento da ciência, pois, por meio da revisão sistemática, podem ser identificados problemas ainda existentes que demandam soluções dentro de determinada temática, orientando futuros investigadores (WEBSTER; WATSON, 2002).

A revisão sistemática difere de uma revisão bibliográfica da literatura justamente pelo estabelecimento de critérios de inclusão ou exclusão dos artigos, que devem estar estabelecidos de forma clara, delimitando o escopo de investigação (WEED, 2006). A importância da revisão sistemática tem destaque, principalmente, quando se trata de assuntos emergentes, que necessitam ser melhor explorados. Muitas vezes, pesquisadores que trabalham com temáticas inovadoras tendem a coletar dados empíricos e analisá-los, sem a devida conexão com o estado da arte sobre o tema. Ao atrelar dados empíricos de temas emergentes com revisão sistemática robusta e criteriosa, pode-se contribuir, de fato, com o aprimoramento da teoria (CONBOY, 2009).

Para a realização de revisão sistemática, protocolos ou guias de ação devem ser –organizados - de forma sequencial (GALVAO; SAWADA; TREVIZAN, 2004; KITCHENHAM; BRERETON, 2013). Contemplam fases: construção do protocolo, definição da pergunta da pesquisa como guia da revisão, busca e seleção dos estudos, avaliação crítica, coleta de dados e, por fim, síntese dos dados (GALVAO; SAWADA; TREVIZAN, 2004).

O estudo em questão seguiu o protocolo definido por Kitchenham (2004) e revisitado por Kitchenham e Brereton (2013). As atividades orientativas da revisão sistemática, conforme Kitchenham (2004), seguem três etapas principais: (1)

planejamento, condução e relato propriamente dito da revisão sistemática. Na parte do planejamento, seguem-se os estágios de identificação da necessidade da revisão e desenvolvimento do protocolo. Nos estágios associados à condução da revisão, englobam-se as atividades de “identificação da pesquisa, seleção dos estudos primários, avaliação da qualidade dos estudos, extração dos dados e monitoramento, e a síntese dos dados” (KITCHENHAM, 2004, p. 3). Tais etapas serão seguidas pela investigação em questão, que engloba duas terminologias essenciais, “environmental efficiency” e “eco-efficiency”, bem como os estudos na área de silvicultura relativos a tais temáticas.

### 3 METODOLOGIA

A presente investigação constituiu de uma revisão sistemática, de cunho quanti-qualitativo, por meio de análise documental bibliográfica (COOPER; SCHINDLER, 2014). Foram organizadas as questões de investigação para o mapeamento sistemático, a *string* de busca, a localização dos dados, os critérios de inclusão e de exclusão necessários para selecionar os artigos, e a estratégia de busca e seleção dos estudos primários. A partir da seleção dos estudos, foi realizada a análise textual dos resumos, por meio do software Iramuteq, destacando as expressões-chave dos estudos.

#### 3.1 Critérios de Inclusão e Exclusão

Inicialmente, foram adotados como Critério de Inclusão (CI) estudos relevantes relacionados à temática e que poderiam ser incluídos na amostra: termos de busca: “*ecoefficiency*”, “*environmental efficiency*” e “*pulp and paper*”, e os Critérios de Exclusão (CE) foram descritos para que seja possível selecionar os estudos que se encaixam no escopo deste mapeamento: **CE1**: O estudo não abrange o período de 2009-2018; **CE2**: O número de citações é inferior a 50; e **CE3**: O estudo não contempla o assunto desejável de pesquisa ou está em duplicidade.

### 3.2 Condução do Planejamento

O período de busca na base *Web of Science* compreendeu 2009 a 2018, com os termos utilizados “Environmental efficiency”, “Eco-efficiency” e “Pulp and paper”, com número mínimo de 50 citações para embasar a pesquisa, e o resultado alcançado pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Definição da Amostra Pesquisada

Terminologias	Qtde.	Aplicação dos Critérios de Exclusão			Total
		CE1	CE2	CE3	
“Environmental Efficiency”	269	23	227		19
“Eco-efficiency”	623	152	445	1	25
“Pulp and Paper”	4.107	3.295	786	23	3
Total de artigos	4.999	3.470	1.458	24	47

Fonte: O autor (2021).

Após realizar todos os passos de seleção dos estudos retornados pela base de busca *Web of Science*, no Quadro 3 são apresentados os títulos, destacados por ano e por países das publicações.

Quadro 3- Estudos selecionados após as exclusões, com ano, título e países das publicações.

Initials	Year	Title	Countries
EcoE_1	2009	Eco-Efficiency of Electric and Electronic Appliances: A Data Envelopment Analysis (DEA)	Spain
EcoE_2	2009	Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand.	New Zealand, Sweden and Netherlands
EcoE_3	2009	Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: Ten basic steps for analysis	-
EcoE_4	2009	Justifying the incorporation of the materials balance principle into frontier-based eco-efficiency models	Belgium
EcoE_5	2009	A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks.	Germany
EcoE_6	2010	Measuring the eco-efficiency of cement use	Brazilian and 28 countries
EcoE_7	2010	LCI modelling approaches applied on recycling of materials in view of environmental sustainability, risk perception and eco-efficiency.	Zurich
EcoE_8	2010	Enhancing Eco-efficiency in Agro-ecosystems through Soil Carbon Sequestration	-
EcoE_9	2011	Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential	European region

EcoE_10	2011	The Economic Value of Corporate Eco-Efficiency	United States
EcoE_11	2011	Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms	Spain
EcoE_12	2011	Eco-efficiency of the world cement industry: A data envelopment analysis	Todos menos África
EcoE_13	2011	Assessing farming eco-efficiency: A Data Envelopment Analysis approach	Spain
EcoE_14	2011	Economic-environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency.	Germany
EcoE_15	2012	Eco-efficiency assessment of olive farms in Andalusia.	Spain
EcoE_16	2012	Eco-efficiency of manufacturing processes: A grinding case	-
EcoE_17	2012	Assessing eco-efficiency with directional distance functions	Spain
EcoE_18	2013	Scope for improved eco-efficiency varies among diverse cropping systems	China, Zimbabwean e Australia
EcoE_19	2013	Eco-efficiency trends in China, 1978-2010: Decoupling environmental pressure from economic growth	China
EcoE_20	2014	Eco-efficiency assessment of the Peruvian anchoveta steel and wooden fleets using the LCA plus DEA framework	Perú
EcoE_21	2014	Eco-efficiency based green supply chain management: Current status and opportunities	-
EcoE_22	2014	A comprehensive eco-efficiency model and dynamics of regional eco-efficiency in China	China
EcoE_23	2014	Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port	China
EcoE_24	2014	Using eco-efficiency as an indicator for sustainable urban development: A case study of Chinese provincial capital cities	China
EcoE_25	2015	Eco-efficiency analysis of Spanish WWTPs using the LCA plus DEA method	Spain
EEff_1	2009	Environmental efficiency measurement with translog distance functions: A parametric approach	United States
EEff_2	2009	Exploring the existence of Kuznets curve in countries' environmental efficiency using DEA window analysis	17 countries
EEff_3	2010	Environmental efficiency of the Indian cement industry: An interstate analysis	Indian
EEff_4	2011	The environmental efficiency of well-being: A cross-national analysis	several countries
EEff_5	2011	Methodological comparison between two unified (operational and environmental) efficiency measurements for environmental assessment	Japanese
EEff_6	2012	Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A review	-
EEff_7	2012	Does generation form influence environmental efficiency performance? An analysis of China's power system	China
EEff_8	2013	Environmental efficiency analysis of transportation system in China: A non-radial DEA approach	China
EEff_9	2013	Regional environmental efficiency evaluation in China: Analysis based on the Super-SBM model with undesirable outputs	China

EEff_10	2013	China's regional energy and environmental efficiency: A Range-Adjusted Measure based analysis	China
EEff_11	2013	China's regional energy and environmental efficiency: A DEA window analysis based dynamic evaluation	China
EEff_12	2013	Environmental efficiency analysis of power industry in China based on an entropy SBM model	China
EEff_13	2013	Statistical analysis and combination forecasting of environmental efficiency and its influential factors since China entered the WTO: 2002-2010-2012	China
EEff_14	2014	Evaluating economic and environmental efficiency of global airlines: A SBM-DEA approach	several countries
EEff_15	2014	A DEA approach for estimating the agricultural energy and environmental efficiency of EU countries	Eastern and Western Europe
EEff_16	2014	Environmental efficiency evaluation of industry in China based on a new fixed sum undesirable output data envelopment analysis	China
EEff_17	2015	Have Chinese cities achieved the win-win between environmental protection and economic development? From the perspective of environmental efficiency	China
EEff_18	2016	Environmental efficiency analysis of China's regional industry: a data envelopment analysis (DEA) based approach	China
EEff_19	2018	Better resource management: An improved resource and environmental efficiency evaluation approach that considers undesirable outputs	China
PP_1	2011	Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of Shandong Province's pulp and paper industry, China	China
PP_2	2012	Energy efficiency and policy in Swedish pulp and paper mills: A data envelopment analysis approach	Swedish
PP_3	2012	Energy efficiency in the German pulp and paper industry - A model-based assessment of saving potentials	German

Fonte: O autor (2021).

No tópico a seguir, serão evidenciados os resultados e realizadas as discussões pertinentes a esta revisão sistemática.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 25 artigos analisados, ou seja, 54,2% são relacionados à ecoeficiência (Figura 2); seguidos por 19, que correspondem à 39,6% de artigos da temática “Environmental Efficiency” (Figura 3); e somente 3, ou seja, 6,25% de publicações da área da indústria de “Pulp and Paper” relacionados a estas temáticas.

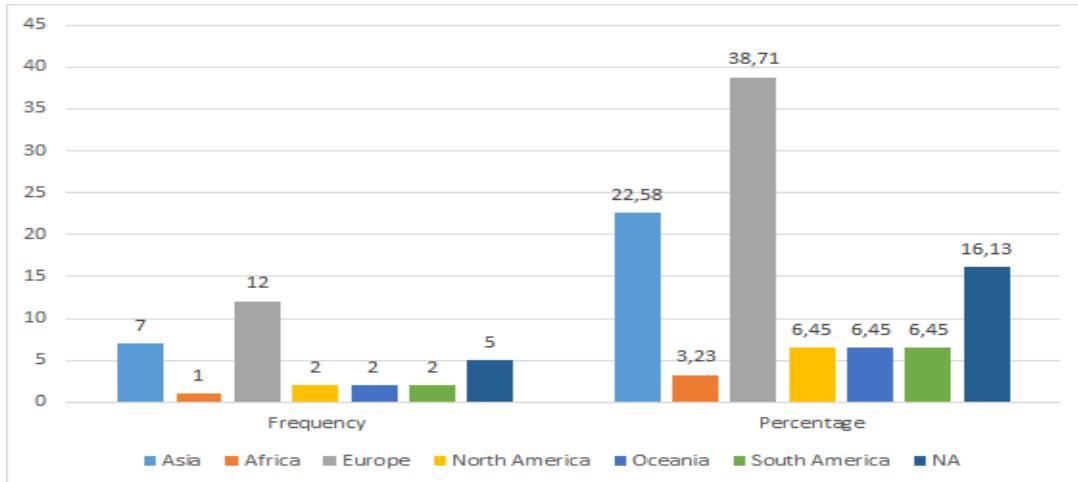


Figura 2 - Eco-Efficiency por continentes

No que se refere à Eco-Efficiency, verifica-se na Figura 2 que a maior parte dos artigos estão relacionados a pesquisas no âmbito europeu (38,71%), seguido pelos estudos realizados no continente asiático (22,58%). Destaque para 2 artigos que abordaram investigações na América do Sul; e apenas 1 artigo no continente africano, relacionando ecoeficiência.

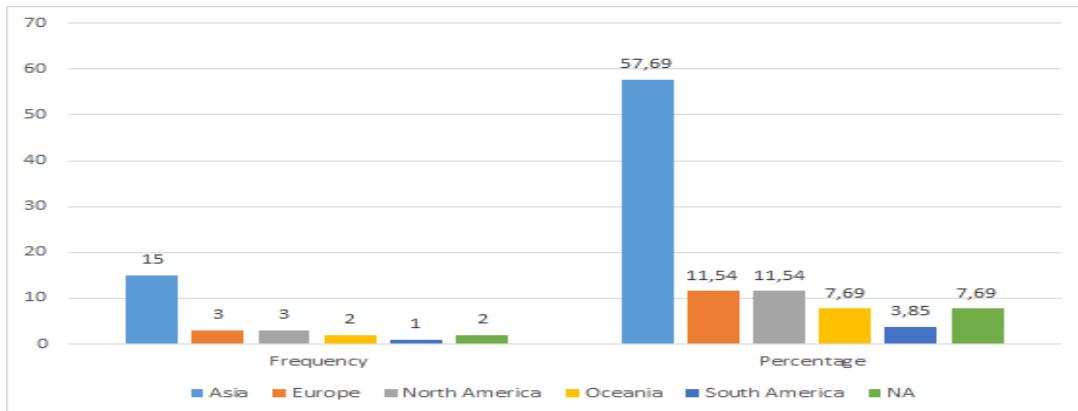


Figura 3 - Environmental Efficiency por continentes

A Figura 3 evidencia os artigos sobre “Environmental Efficiency”. Nesta temática, a maior parte de investigações foram realizadas no âmbito asiático (57,69%), mostrando esta ser uma preocupação de estudos essencialmente relativos à China; e apenas 1 artigo foi realizado na América do Sul.

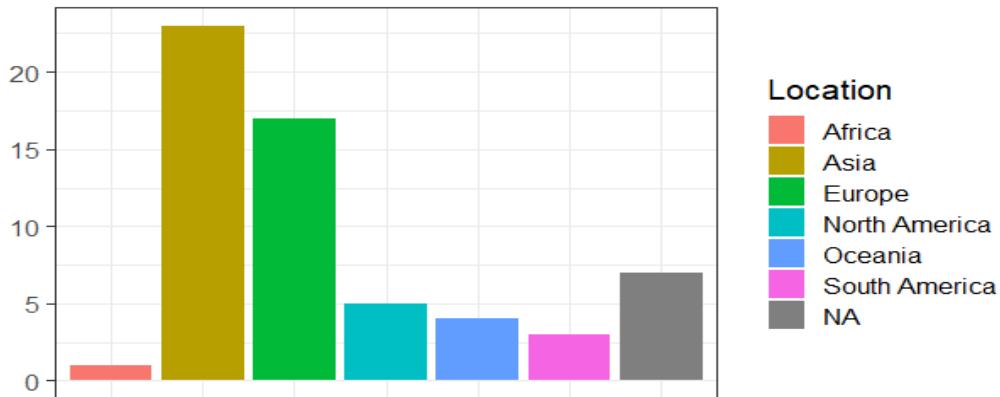


Figura 4 - Artigos separados por continentes.

Para completar a análise, dos 3 artigos sobre *Pulp and Paper* que abordam tanto ecoeficiência quanto “Environmental Efficiency”, constata-se que são relativos a pesquisas nos continentes europeu (2) e asiático (1) (Figura 4). Analisando os 47 artigos, há a predominância de trabalhos realizados na Ásia, seguido pelas investigações na Europa (3). Evidencia-se, portanto, uma carência de estudos realizados no âmbito da América do Sul e da África, justificando que pesquisas empíricas sejam desenvolvidas neste escopo, nos países de tais regiões.

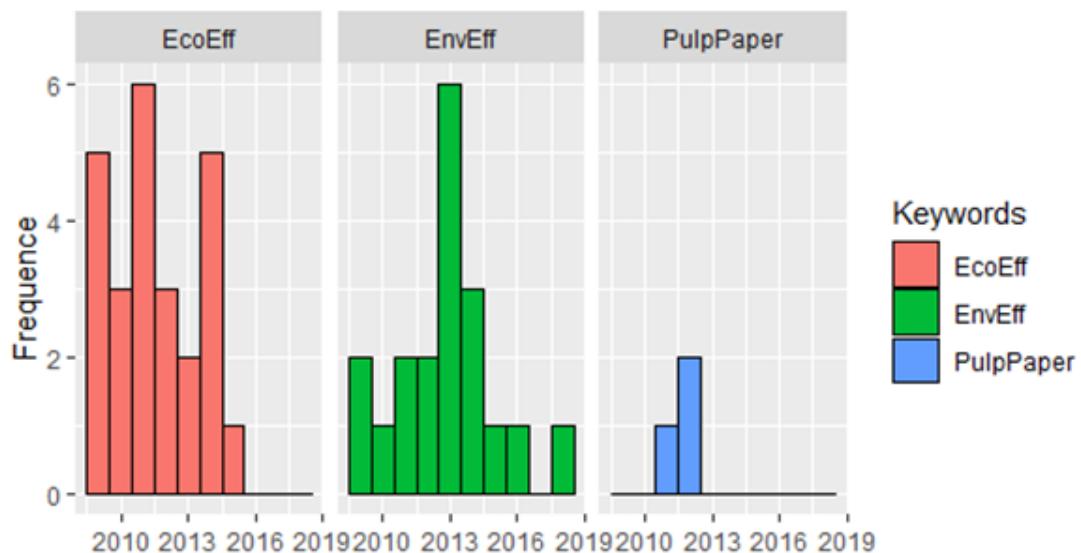


Figura 5 - Frequência por termo de busca

Dos artigos selecionados, percebe-se que pesquisas realizadas em 2011 (“Eco-efficiency”) e 2013 (“Environmental Efficiency”) ocorreram em maior quantidade nas respectivas temáticas (4). Já, os 3 artigos sobre “Pulp and Paper” relacionados a esta temática foram publicados em 2011 e 2012 (Figura 5).

#### 4.1 Métodos empregados nas análises de ecoeficiência e eficiência ambiental

Por meio dos dados, constatou-se que Análise por Envoltória de Dados (DEA) e Avaliação do Ciclo de Vida (LCA são as duas metodologias mais empregadas (Figura 6).

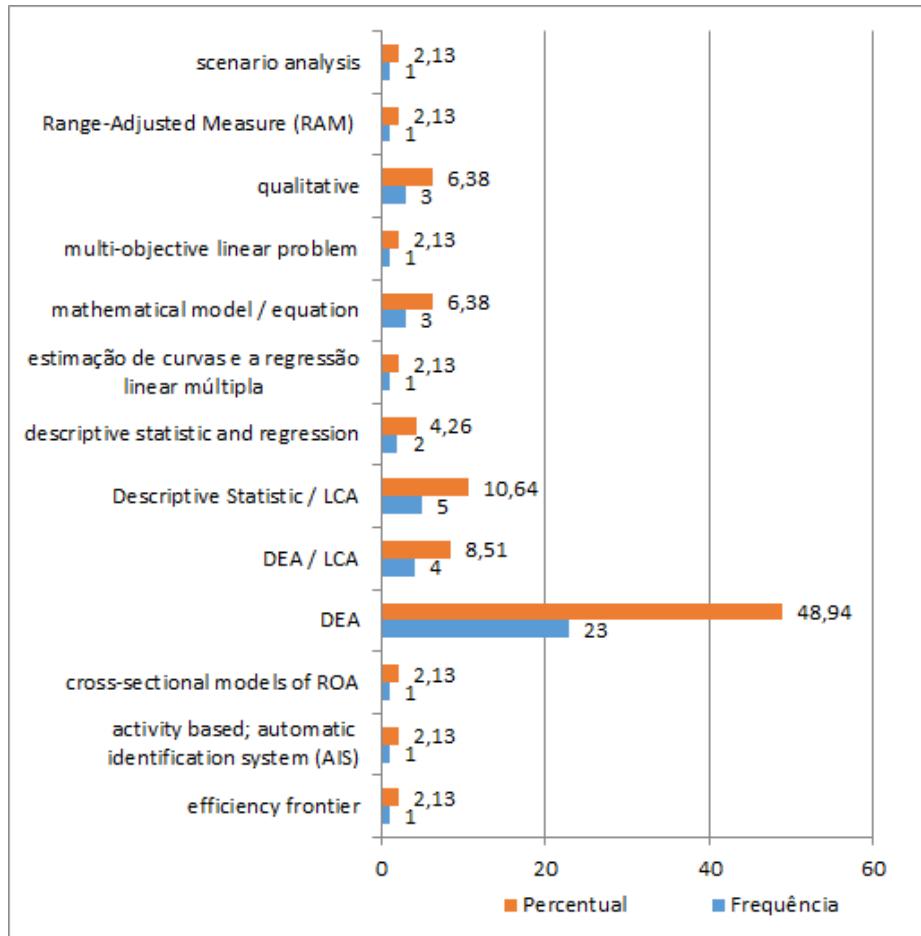


Figura 6 - Metodologias empregadas no artigo  
Fonte: O autor (2021)

Dos artigos mais citados que usaram somente Análise por Envoltória de Dados na ecoeficiência, foram 48,94%, e se combinado ao DEA ou empregada sozinha, a LCA foi utilizada em cerca de 19,15% dos artigos. Outras técnicas quantitativas são empregadas, mas também existem pesquisas de cunho qualitativo (3 artigos) sobre o tema de ecoeficiência e eficiência ambiental.

## 4.2 Setores econômicos pesquisados

Quando examinadas as categorias ou temas encontrados na amostra de artigos analisados, o resultado mostrou que é possível os separar em 8 categorias específicas por seu enfoque: (1) indústria; (2) cidades da China; (3) agronegócio; (4) energia; (5) papel e celulose; (6) serviços de construção; (7) setores isolados; e (8) continentes e países.

Destaque deve ser dado aos três artigos na área de silvicultura (Wang et al, 2011; Blomberg et al, 2012 e Fleiter et al, 2012). Wang et al. (2011) objetivaram investigar as tendências de ecoeficiência da Indústria de Papel e Celulose de Shandong (SPPI) (China), de 2001 a 2008, em três campos: eficiência da água; eficiência energética; e eficiência ambiental. Já, Blomberg et al. (2012) desenvolveram uma avaliação empírica do potencial de melhoria da eficiência da eletricidade na indústria sueca de celulose e papel, comparando-a com o resultado das políticas de eficiência energética, isto é, o programa para melhorar a eficiência energética. Na Alemanha, Fleiter et al. (2012) avaliaram opções de melhoria da eficiência energética na indústria da silvicultura até o ano de 2035.

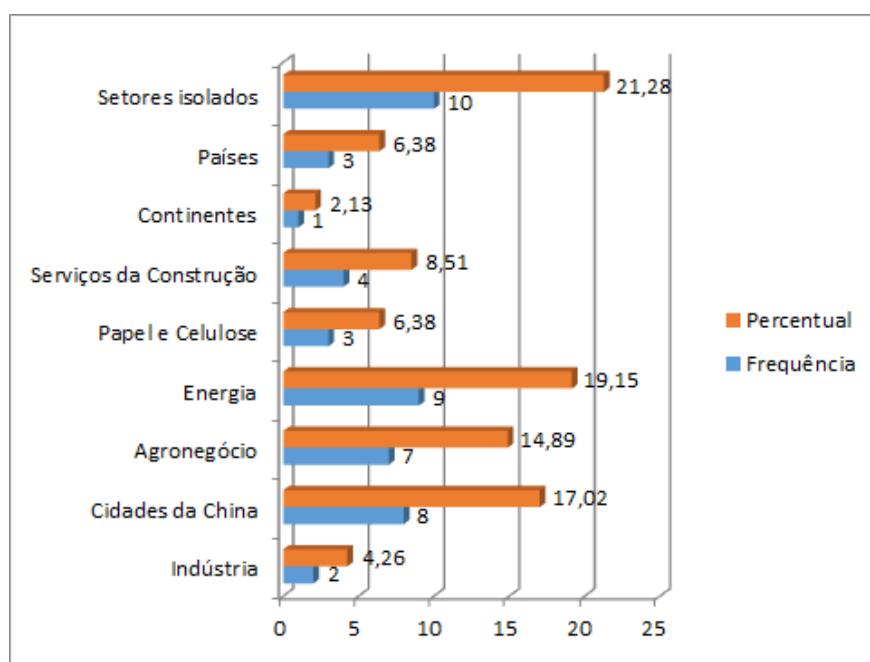


Figura 7 - Categorizações dos artigos de ecoeficiência e eficiência ambiental  
Fonte: O autor (2021)

Na Figura 7, apresenta-se a proporção de artigos analisados por categorizações. Observa-se que a China se destaca nos estudos de eficiência

ambiental e ecoeficiência (17%). Em termos de setores, observam-se estudos no setor de energia (19,15%), agronegócio (14,89%) e construção civil (8,51%).

### **4.3 Futuras pesquisas**

Dentre os 25 estudos relacionados à ecoeficiência, 21 destacaram sugestões para futuras investigações. Gutierrez et al. (2009) evidenciaram a necessidade de adaptação da abordagem DEA para incluir a vida útil de um produto nos cálculos de sua ecoeficiência. Basset-Mens et al. (2009) salientaram a importância de se realizar pesquisas que comparem estudos europeus, de forma mais abrangente, com metodologias mais harmonizadas e com premissas comparáveis entre países, necessidade esta abordada também por Wursthorn et al. (2011). Ainda sobre a extensão de países considerados na comparação de pesquisas, Oggioni et al. (2011) refletem sobre a necessidade também de ampliação do conjunto de dados reais empregados nas investigações sobre ecoeficiência, tais como a inclusão de gases de efeito estufa indesejáveis como fatores de produção.

Frota Neto et al. (2009) explicitaram a importância de se pesquisar melhor as etapas mais relevantes no processo produtivo (logística e fabricação, por exemplo) com relação à ecoeficiência. Especificamente no setor de construção civil, Damineli et al. (2010) ressaltaram a necessidade de pesquisas adicionais sobre as implicações de reduções significativas do teor de cimento no desempenho de longo prazo. Neste mesmo sentido (da construção civil), Bribian et al. (2011) avançam sobre a necessidade de modelagem destas reduções nas áreas social, econômica, energética e ambiental. Frischknecht (2010) incluiu como sugestões para futuras investigações de identificações claras de agentes públicos ou privados do estudo da LCA sobre suas preferências em relação ao conceito de sustentabilidade e percepções de risco para derivar a modelagem adequada voltada a pesquisas sobre reciclagem. Ainda no contexto de metodologia empregada na definição de ecoeficiência, Iribarren et al. (2011) e Yin et al. (2014) explicitaram a necessidade de pesquisas adicionais que implementem conjuntamente LCA e DEA na ecoeficiência.

Guenster et al. (2011) destacaram que uma via importante para novas pesquisas consiste em observar a tolerância da tendência crescente observada na avaliação do diferencial entre ganhadores e perdedores ambientais. Ainda sobre a

materialização da ecoeficiência, é necessário quantificar melhor questões subjacentes à ecoeficiência (PICAZO-TADEO et al., 2011), estendendo este termo a outros processos da mesma unidade (LI et al., 2012), ou de explorar outras premissas em relação às propriedades de escala da tecnologia na avaliação da ecoeficiência (PICAZO-TADEO et al., 2012).

Na área do agronegócio, o desafio é encontrar inovações que continuem a aumentar a intensificação ecológica da agricultura australiana (CARBERRY et al., 2013), ou o emprego de uma análise DEA que permita a melhor compreensão das interdependências ecológicas, operacionais, econômicas, sociais e de gestão da pesca (AVADI, 2014).

No sentido de ampliar a comparação entre o antes e o depois, em termos de relação entre utilização de recursos e crescimento econômico (YU et al., 2013) voltada à ecoeficiência, Huang et al (2014) forneceram provas matemáticas mais rigorosas sobre o tema e Song (2014) focou mais no desenvolvimento da metodologia do custo social de emissões específicas localmente. Por fim, Lorenzo-Troja et al. (2015) recomendam que futuras pesquisas estejam focadas no comportamento interanual das estações de tratamento de águas residuais de forma individual, devido a sazonalidade; desta forma, determinando se o desempenho anual destas instalações segue um padrão regular ou seus parâmetros são variáveis.

Nos estudos sobre eficiência ambiental, a aplicação de técnicas estatísticas específicas foi escopo de sugestões de alguns artigos, tais como: (1) aplicação da função de distância hiperbólica translog para interessados em desenvolver o potencial analítico e estatístico da análise de regressão aplicada ao desempenho ambiental (CUESTA et al., 2009); (2) explicação das variações interestaduais da eficiência ambiental, usando uma análise de regressão do segundo estágio (MANDAL; MAKHESWARAN, 2010); (3) estabelecer uma série de novos modelos DEA, baseados no estudo de caracteres específicos da avaliação da eficiência ambiental (SONG et al. 2012); (4) para capturar uma natureza mais dinâmica da indústria na China, os dados do painel devem ser coletados no futuro e estes incluem outros países avançados, por exemplo, da Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (CHANG et al., 2013); e (5) considerar séries temporais adicionais, impulsionadas pela disponibilidade de dados (WANG et al.,

2015).

Knight e Rosa (2011) apontaram que a maior compreensão do vínculo entre o uso humano do meio ambiente e o bem-estar pode fornecer orientações empíricas sobre o caminho para a sustentabilidade; os pesquisadores afirmam que estudos sobre desenvolvimento econômico e escassez de recursos são fundamentais para o desenvolvimento sustentável (SONG, 2013). Um plano de desenvolvimento de energia mais flexível deve ser implementado, de acordo com a dotação de recursos regionais para melhor planejamento do desenvolvimento do sistema de energia em âmbito nacional (XIE et al., 2012). Vlontzos et al. (2014) afirmaram que são necessárias novas pesquisas que direcionem seus trabalhos à produção ecológica e que haja a utilização de indicadores de ecoeficiência nas avaliações de políticas públicas. Chen e Jia (2016) enfatizaram a carência ainda de contabilização de resultados indesejáveis e incertos em modelos de eficiência ambiental.

Nos 3 artigos relativos aos temas eficiência ambiental ou ecoeficiência no setor de silvicultura, as sugestões para futuras investigações se restringiram a: (1) Wang et al. (2011) sugeriram investigar as diferentes empresas envolvidas no Programa de Padrão mais rigoroso de descarte da Indústria de Papel e Celulose da Província de Shandong (China), a fim de se ver que tipos de mudanças em nível micro de ecoeficiência foram trazidas por essa reforma de regulamentação; (2) Blomberg, et al. (2012) destacaram a necessidade de que, no futuro, os programas de eficiência energética possam ser mais bem direcionados para promover explicitamente o progresso tecnológico, bem como abordem as informações mais importantes e as falhas relacionadas ao comportamento. Já, o terceiro artigo sugere incluir tecnologias transversais, reciclagem de papel ou aumento da substituição de fibras por aditivos menos intensivos em energia (FLEITER et al., 2012).

## 5 ANÁLISE TEXTUAL DOS RESUMOS

### 5.1 Termo Ecoefficiency

Os resumos com a temática de ecoeficiência foram compilados e o corpus geral constitui-se por 24 textos, separados em 132 segmentos de texto (ST), com uma representatividade de 93 STs (70,45%). Com a análise, foi possível identificar 4.821 ocorrências (palavras, formas ou vocábulos), sendo 1.273 palavras distintas e 685 com uma única ocorrência.

O conteúdo analisado foi categorizado em classes dos termos mais frequentes para *Eco-efficiency* e plotados na Figura 8, com respectivos termos analisados em cada ponto que segue:

i) “Agricultura”, “Impacto ambiental e produção”, que se referem à necessidade de se buscar a ecoeficiência para se obter segurança alimentar global (CARBERRY et al., 2013) e o impacto ambiental deve fazer parte do cálculo para detectar problemas de solo e, assim, poder se maximizar a produção (LAL, 2010).

ii) “Estrutura e Tratamento”, “Tratamento das emissões e controle dos recursos” e “Estrutura sistemática para análise empírica”, que contemplam as tendências da aplicação da ecoeficiência em modelagens estatísticas, entre os anos de 1978 e 2010, apresentando dissociações altas e baixa, em virtude do crescimento econômico e do efeito tecnológico na China (YU et al., 2013). Toja (2015) realiza o monitoramento de águas residuais em estações na região da Espanha onde reside, visando ao tratamento das emissões de poluentes, antes de serem liberadas no ambiente. Com a urbanização das cidades, mecanismos de eficiência requerem uma estrutura empírica sistemática para demonstrar o maior ou menor consumo de recursos e, dependendo da região, algumas se tornam mais ecoeficientes que outras (HUPPES, 2009; HUANG, 2014; YIN, 2014).

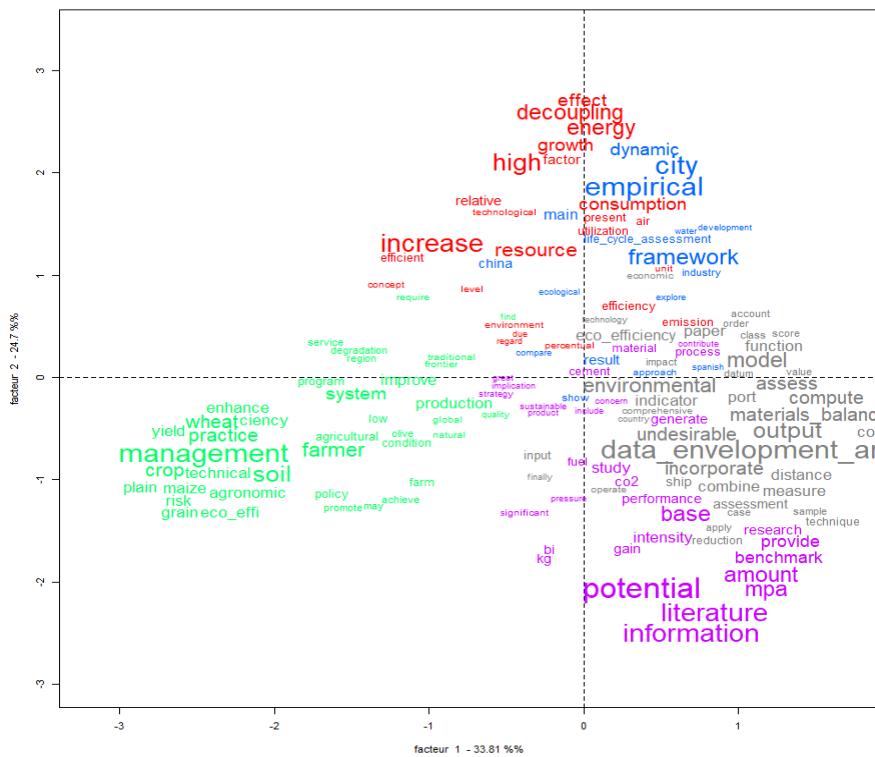


Figura 8 - Eixo das palavras\_ Eco-efficiency

Fonte: O autor (2021).

iii) "Modelos para mitigação do impacto ambiental", "Cálculo de modelos que buscam minimizar o impacto no meio ambiente" e "Mercado e mitigação de emissões", que contemplam, segundo Lawers (2009), *Materials Balance Principle* (MBP) que podem ser incorporados aos modelos baseados nas fronteiras como possibilidade agregativa da busca pela eficiência de produção. Ao analisar conjuntamente a eficiência econômica à eficiência ambiental, surge como resultado a ecoeficiência que tem o objetivo de elucidar o impacto ambiental. Gutierrez et al. (2009) destacaram, em artigo, questões ambientais e o impacto destas no ciclo de vida, incorporando o valor econômico associado, por meio da aplicação do LCA e do DEA, em produtos eletrodomésticos. Para Wursthorn et al. (2010), na ligação das eficiências econômicas e ambiental para encontrar a ecoeficiência com o objetivo de tornar o processo mais limpo e eficiente, são utilizados registros de emissões de poluentes para o cálculo agregado dos indicadores da indústria via modelo *Life-Cycle Impact Assessment* (LCIA). Conforme Guenster et al. (2010), no caso de instituições financeiras, destacou-se positivamente a relação de ecoeficiência com o desempenho operacional e o valor de mercado, demonstrando, por último, que o

mercado incorpora resultados ambientais, refletindo tanto para gerentes como para seus investidores. Damineli et al. (2010) comentam sobre a indústria de cimento e a preocupação com o futuro aumento das emissões de CO<sub>2</sub> pelo mundo.

## 5.2 Termo - *Environmental Efficiency*

Em relação ao termo - *environmental efficiency*, o corpus geral constitui-se por 19 textos, separados em 89 segmentos de texto (ST), com aproveitamento de 67 STs (75,28%). Emergiram 3.162 ocorrências (palavras, formas ou vocábulos), sendo 920 palavras distintas e 528, com uma única ocorrência. Termos mais frequentes (Figura 9):

i) “Resultados desejáveis e indesejáveis”, “Entradas de recursos, saídas indesejáveis e desejáveis”, que se referem a Song et al. (2012), os quais fazem um embasamento teórico e prático, relacionado a políticas ambientais para dar um futuro direcionamento da pesquisa e confirma a necessidade de mais estudos sobre eficiência ambiental, usando-se o método DEA. De acordo com Song et al. (2018), avaliar a eficiência é útil, desde que se tenha um gerenciamento dos recursos, ainda mais quando nos deparamos com recursos não renováveis, cuja falta pode ocasionar danos socioeconômicos. O novo modelo proposto por Song et al. (2018), além de calcular a eficiência, demonstra resultados sobre cada um dos recursos de entrada e saída, bem como de resultados desejáveis e indesejáveis, mostrando que províncias da China precisam melhorar o uso dos recursos.

ii) “Indústrias e poluição ambiental”, “Desenvolvimento e problema ambiental” e “Resultados empíricos da Indústria de cimento indiana e indústria de energia na China”, que contemplam Song et al. (2013), os quais evidenciaram que a China tem mantido um crescimento elevado nas últimas décadas, sendo que, depois que passou a fazer parte da Organização Mundial do Comércio (WTO), continuou com mais intensidade o seu desenvolvimento; essa velocidade também contribuiu para que resultados ambientais passassem a ser um problema econômico. Após relacionar valor das exportações e importações, PIB per capita, nível de industrialização, parte fiscal e eficiência ambiental, por meio de previsões, foi possível calcular tendências, tendo como resultado que as diferentes províncias deveriam adotar medidas, de acordo com a política local de proteção ambiental.

Chen e Jia (2016) estudaram a economia da China e complementam, referindo haver uma forte pressão sobre o uso dos recursos naturais e a poluição do meio ambiente; utilizaram o método DEA, baseado em slacks, e os resultados refletiram que as indústrias da China pesquisadas apresentaram eficiências ambientais baixas.

iii) “Indústrias e sistema de energia”, “Sistema de energia e avaliação de emissões de carbono”, considerados por B. Xie et al. (2012), os quais destacam as formas de geração de energia e as limitações em função das questões climáticas, o alto custo de investimento e a variação de riscos ambientais, dependendo do tipo de geração, sendo que, no momento, a mais utilizada na China é a energia térmica por meio do uso do carvão. Com o apoio político alcançado para o desenvolvimento econômico por meio de uma energia limpa em determinadas divisões da rede, incentiva-se a continuidade dos trabalhos na busca da criação de um equilíbrio entre o uso dos tipos de energia para se obter um resultado nacional.

iv) “Eficiência energética e ambiental”, contemplado por Wang et al. (2013a), os quais destacam a China como foco em virtude de seu crescimento econômico, mas também pelo alto teor de CO<sub>2</sub> emitido para atmosfera, em diferentes regiões. Os autores avaliaram, por meio de uma *Range-Adjusted Measure* (RAM), utilizando o método não paramétrico; na pesquisa também evidenciaram as províncias de Pequim, Xangai e Guangdong atingiram maior “eficiência integrada de energia e meio ambiente” (WANG et al., 2013a, p.1.403), representando benchmarking para as demais regiões. Na maior parte das regiões chinesas, manter ou aumentar as escalas de produção deve estar em conjunto com inovações tecnológicas.

v) “Proteção” e “Política de proteção ambiental”, considerados por Knicht e Rosa (2011), os quais evidenciaram que pesquisas que tenham um planejamento das demandas ambientais conseguem atingir benefícios na transformação de recursos; como amostra, trabalharam com 105 países e construíram “uma nova medida de *Environmental efficiency of well-being* (EWEB), usando a pegada ecológica *per capita* e a satisfação média de vida”.

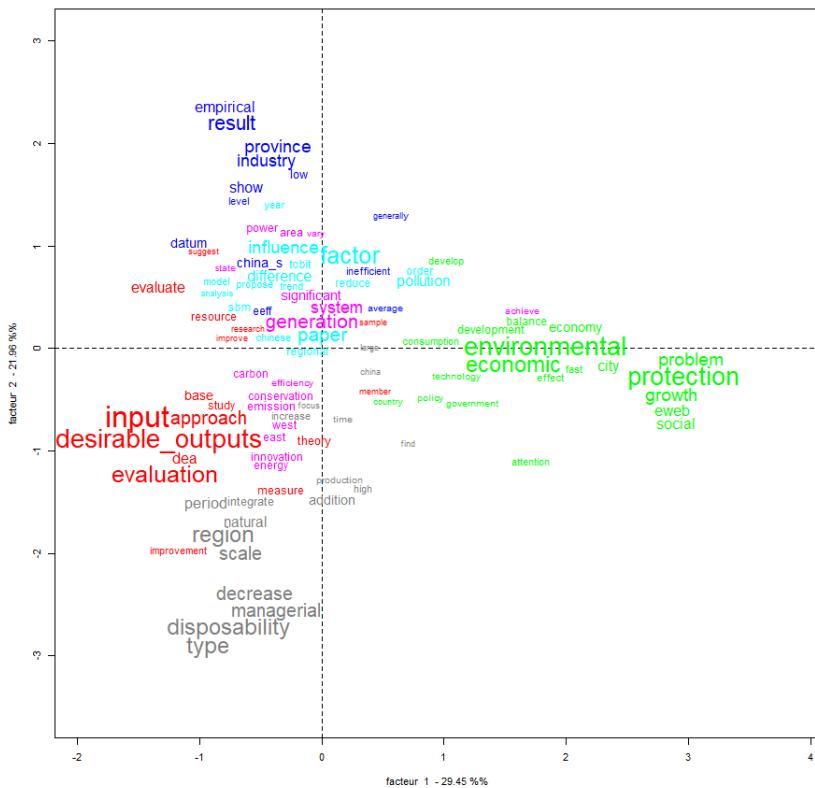


Figura 9 - Clusters dos assuntos mais frequentes relacionados ao tema:  
*Environmental Efficiency*  
Fonte: O autor (2021)

Chang et al. (2014) pesquisaram 27 companhias aéreas, em 2010, e utilizaram o modelo DEA baseado em folgas ambientais; o resultado relacionado com baixo consumo de combustível destacou que as mais eficientes, por região, respectivamente, foram asiáticas, europeias e americanas; Wang et al. (2015) mencionaram que o crescimento de uma economia requer consumo de recursos variados de um país e, com o excesso deste consumo, o impacto em problemas ambientais afeta a própria estrutura socioeconômica.

### 5.3 Termo Pulp and Paper

Os resumos com a temática *Pulp and Paper* foram compilados, e o corpus geral foi constituído por três textos, separados em 89 segmentos de texto (ST). Emergiram 653 ocorrências (palavras, formas ou vocábulos), sendo 292 palavras distintas e 197, com uma única ocorrência (Figura 10).

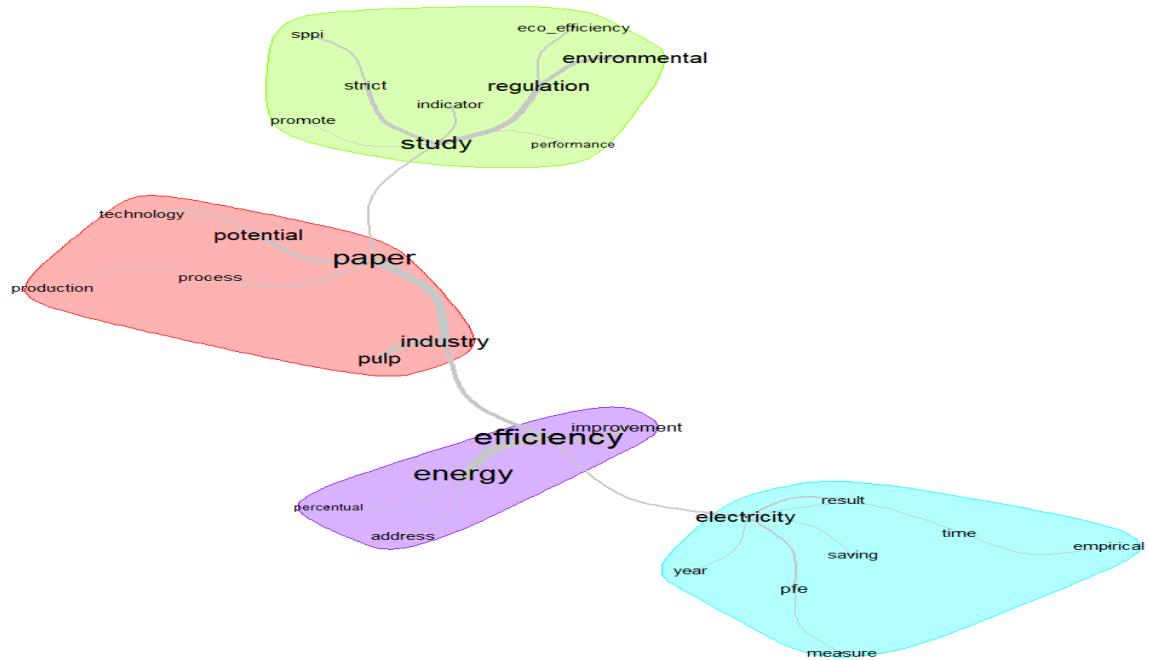


Figura 10 - Similitude\_Pulp and Paper

Fonte: O autor (2021).

Apesar de não ser possível fazer a separação por classes por apresentar poucos artigos relacionados ao termo, a Figura 10 mostra a análise de similitude baseada no termo *Pulp and Paper*, destacando-se algumas palavras: “efficiency”, “study”, “energy” e “paper”. Na sequência, ramificam-se outras que apresentam expressões significativas como “environmental”, “regulation”, “improvement”, “result”, “electricity” e “empirical”.

Quanto a esse tema, os artigos sugerem questões relacionadas a regulamentações do setor de papel e celulose, no campo da eficiência energética. Wang et al. (2011) mencionam que existem diferentes indicadores, sendo utilizados por diversos autores para o cálculo da eficiência; no entanto, poucos estudos empíricos abordam sobre padrões de regulamentação voltados à ecoeficiência. Na China, com a adoção de padrões mais rigorosos, o estudo identificou melhorias significativas, voltadas para o desempenho ambiental, com exceção para as emissões de CO<sub>2</sub> e para o consumo de energia. Sugere-se utilizar mais de um indicador que agregue um todo da indústria e realmente torne sustentável a produção da mesma. Fleiter et al. (2012) destacam que a fabricação de papel é uma atividade que demanda um processo intensivo de energia industrial e relatam que, na Alemanha, nos últimos vinte anos, as melhorias não foram expressivas no quesito de eficiência energética. O uso de tecnologias inovadoras e transversais é

essencial para identificar melhorias no processo de secagem de papel, bem como a regulamentação de políticas em conjunto com dados de custos, que podem alavancar a economia até 2035 (previsão alemã). Blomberg et al. (2012) elaboraram uma avaliação empírica da eficiência energética do setor de celulose e papel da indústria sueca, especificamente da atividade de moinho, para os anos de 1995, 2000 e 2005. Seus resultados evidenciam, por meio do DEA, o potencial de melhoria da eficiência da eletricidade na indústria sueca de papel e celulose. Destacaram, como barreiras mais significativas para redução do déficit de eficiência energética, a questão das políticas de riscos técnicos, a exemplo das interrupções na produção e respectivos custos.

## 6 CONCLUSÕES

O presente estudo, por meio da revisão sistemática, identificou para os termos *environmental efficiency*, que a maior parte de investigações foram realizadas no âmbito asiático (57,69%), com diversas pesquisas realizadas nas províncias da China. No tocante à ecoeficiência, verifica-se que a maior parte dos artigos estão relacionados a pesquisas no âmbito europeu (38,71%), seguido pelos estudos no continente asiático (22,58%). Dos três artigos sobre silvicultura que abordam tanto ecoeficiência quanto eficiência ambiental, são relativos a pesquisas que ocorreram nos continentes europeu (2) e asiático. Apenas um artigo foi realizado, tendo como escopo de análise a América do Sul, portanto, carente de pesquisas que investiguem esta realidade. Este aspecto também é evidente para o continente africano.

A maior parte dos artigos utiliza o modelo DEA e LCA para realização das análises de eficiência ambiental; as *proxies* usadas são diversas, dependendo do objetivo da pesquisa, envolvendo sugestões para novas pesquisas, norteando futuros pesquisadores na área de ciências ambientais, eficiência e economia.

Concluímos, via análise textual, que, dentre os termos pesquisados, algumas categorizações se destacaram: preocupação em como está sendo o uso da terra pela agricultura e o seu impacto ambiental e como está sendo o tratamento das emissões residuais na água, tendo em vista o crescimento e a urbanização das

cidades. Outras questões que constam na agenda de pesquisa das investigações analisadas referem-se à necessidade de aplicação de modelos que calculem a eficiência e também consigam sensibilizar a necessidade de políticas públicas voltadas à redução do impacto ambiental.

Além disso, vale destacar o incentivo à demonstração de resultados desejáveis e indesejáveis, quando se referem principalmente a recursos não renováveis que podem exaurir e prejudicar significativamente setores socioeconômicos. Com o crescimento e a urbanização, indústrias em geral e de cimento surgem ou são ampliadas para atender ao mercado e, com isso, existe um aumento da poluição ambiental que precisa ser dimensionada por todos os países, a fim de se ter uma padronização que seja passível de comparação entre os setores. O setor de sistemas de energias na China utiliza muito a energia térmica, por meio do uso do carvão, tendo uma parcela de emissões de carbono que precisa ser acompanhada, apesar ainda de o número de informações no segmento mundial, utilizando os métodos não paramétricos, ser também pouco expressivo. Futuras investigações poderão esclarecer e contribuir para uma maior robuste do estado de arte relacionado ao tema.

### **Acknowledgements**

Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

## **REFERÊNCIAS**

- AVADÍ, Ángel; VÁZQUEZ-ROWE, Ian; FRÉON, Pierre. Eco-efficiency assessment of the Peruvian anchoveta steel and wooden fleets using the LCA + DEA framework. *Journal of Cleaner Production*, v. 70, p. 118-131, 2014.
- BACHA, Carlos José Caetano. A expansão da silvicultura no Brasil. *Revista Brasileira de Economia*, v. 45, n. 1, p. 145-168, 1991.
- BAI-CHEN, Xie; YING, Fan; QIAN-QIAN, Qu. Does generation form influence environmental efficiency performance? An analysis of China's power system. *Applied Energy*, v. 96, p. 261-271, 2012.

- BARBA-GUTIÉRREZ, Yolanda; ADENSO-DÍAZ, B.; LOZANO, S. Eco-efficiency of electric and electronic appliances: a data envelopment analysis (DEA). *Environmental Modeling & Assessment*, v. 14, n. 4, p. 439-447, 2009.
- BASSET-MENS, Claudine; LEDGARD, Stewart; BOYES, Mark. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *Ecological economics*, v. 68, n. 6, p. 1615-1625, 2009.
- BLOMBERG, Jerry; HENRIKSSON, Eva; LUNDMARK, Robert. Energy efficiency and policy in Swedish pulp and paper mills: a data envelopment analysis approach. *Energy Policy*, v. 42, p. 569-579, 2012.
- BRIBIÁN, Ignacio Zabalza; CAPILLA, Antonio Valero; USÓN, Alfonso Aranda. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and environment*, v. 46, n. 5, p. 1133-1140, 2011.
- CARBERRY, Peter S. et al. Scope for improved eco-efficiency varies among diverse cropping systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 110, n. 21, p. 8381-8386, 2013.
- CHANG, Young-Tae et al. Environmental efficiency analysis of transportation system in China: A non-radial DEA approach. *Energy policy*, v. 58, p. 277-283, 2013.
- CHANG, Young-Tae et al. Evaluating economic and environmental efficiency of global airlines: A SBM-DEA approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 27, p. 46-50, 2014.
- CHEN, Liang; JIA, Guozhu. Environmental efficiency analysis of China's regional industry: a data envelopment analysis (DEA) based approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 846-853, 2017.
- CONBOY, K. Agility from First Principles: reconstructing the concept of agility in information system development. *Information Systems Research*, v.20, n.3, pp. 329-354, 2009.
- CUESTA, Rafael A.; LOVELL, CA Knox; ZOFÍO, José L. Environmental efficiency measurement with translog distance functions: A parametric approach. *Ecological Economics*, v. 68, n. 8-9, p. 2232-2242, 2009.
- DAMINELI, Bruno L. et al. Measuring the eco-efficiency of cement use. *Cement and Concrete Composites*, v. 32, n. 8, p. 555-562, 2010.
- Dwiastuti, R., & Ningsih, I. M. (2017). ECONOMIC EFFICIENCY OF SOYBEAN FARMING (CASE STUDY IN MLORAH VILLAGE REJOSO DISTRICT NGANJUK REGENCY). *Agricultural Socio-Economics Journal*, 16(3), 97-103.
- FLEITER, Tobias et al. Energy efficiency in the German pulp and paper industry—A model-based assessment of saving potentials. *Energy*, v. 40, n. 1, p. 84-99, 2012.

FRANCO NETO, J. Quariguasi Frota et al. A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks. *European Journal of Operational Research*, v. 193, n. 3, p. 670-682, 2009.

FRISCHKNECHT, Rolf. LCI modelling approaches applied on recycling of materials in view of environmental sustainability, risk perception and eco-efficiency. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 15, n. 7, p. 666-671, 2010.

GALVÃO, Cristina Maria; SAWADA, Namie Okino; TREVIZAN, Maria Auxiliadora. Revisão sistemática. *Rev Latino-am enfermagem*, v. 12, n. 3, p. 549-56, 2004.

GÓMEZ-LIMÓN, José A.; PICAZO-TADEO, Andrés J.; REIG-MARTÍNEZ, Ernest. Eco-efficiency assessment of olive farms in Andalusia. *Land Use Policy*, v. 29, n. 2, p. 395-406, 2012.

GOODLAND, Robert. "The Concept of Environmental Sustainability." *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 26, 1995, pp. 1-24. JSTOR, [www.jstor.org/stable/2097196](http://www.jstor.org/stable/2097196).

GOVINDAN, Kannan et al. Eco-efficiency based green supply chain management: Current status and opportunities. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 233, p. 293-298, 2014.

GUENSTER, Nadja et al. The economic value of corporate eco-efficiency. *European Financial Management*, v. 17, n. 4, p. 679-704, 2011.

HALKOS, George Emm; TZEREMES, Nickolaos G. Exploring the existence of Kuznets curve in countries' environmental efficiency using DEA window analysis. *Ecological Economics*, v. 68, n. 7, p. 2168-2176, 2009.

HUANG, Jianhuan et al. A comprehensive eco-efficiency model and dynamics of regional eco-efficiency in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 67, p. 228-238, 2014.

HUPPES, Gjalt; ISHIKAWA, Masanobu. Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: ten basic steps for analysis. *Ecological Economics*, v. 68, n. 6, p. 1687-1700, 2009.

IRIBARREN, Diego et al. Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms. *Science of the Total Environment*, v. 409, n. 10, p. 1786-1798, 2011.

KITCHENHAM, Barbara. Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

KITCHENHAM, Barbara; BRERETON, Pearl. A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and software technology*, v. 55, n. 12, p. 2049-2075, 2013.

KNIGHT, Kyle W.; ROSA, Eugene A. The environmental efficiency of well-being: A cross-national analysis. *Social Science Research*, v. 40, n. 3, p. 931-949, 2011.

- LAL, Rattan. Enhancing eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration. *Crop science*, v. 50, n. Supplement\_1, p. S-120-S-131, 2010.
- LAUWERS, Ludwig. Justifying the incorporation of the materials balance principle into frontier-based eco-efficiency models. *Ecological Economics*, v. 68, n. 6, p. 1605-1614, 2009.
- LI, Hong et al. Regional environmental efficiency evaluation in China: Analysis based on the Super-SBM model with undesirable outputs. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 58, n. 5-6, p. 1018-1031, 2013.
- LI, Wen et al. Eco-efficiency of manufacturing processes: A grinding case. *CIRP annals*, v. 61, n. 1, p. 59-62, 2012.
- LORENZO-TOJA, Yago et al. Eco-efficiency analysis of Spanish WWTPs using the LCA+ DEA method. *Water research*, v. 68, p. 651-666, 2015.
- MANDAL, Sabuj Kumar; MADHESWARAN, Subramaniam. Environmental efficiency of the Indian cement industry: an interstate analysis. *Energy Policy*, v. 38, n. 2, p. 1108-1118, 2010.
- MONTE, M. Concepcion et al. Waste management from pulp and paper production in the European Union. *Waste management*, v. 29, n. 1, p. 293-308, 2009.
- OGGIONI, G.; RICCARDI, R.; TONINELLI, R. Eco-efficiency of the world cement industry: a data envelopment analysis. *Energy Policy*, v. 39, n. 5, p. 2842-2854, 2011.
- ONU – Organização das Nações Unidas. 1972. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/>. Acessado em 06/02/2019.
- ONU – Organização das Nações Unidas. Contabilidade da Gestão Ambiental: Procedimentos e Princípios. Divisão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, Nações Unidas: Nova York, 2001. Disponível em: <https://www.un.org/esa/sustdev/publications/emaportuguese.pdf>. Acessado em: 05 out. 2019.
- PICAZO-TADEO, Andrés J.; GÓMEZ-LIMÓN, José A.; REIG-MARTÍNEZ, Ernest. Assessing farming eco-efficiency: a data envelopment analysis approach. *Journal of environmental management*, v. 92, n. 4, p. 1154-1164, 2011.
- POMPEO, Daniele Alcalá; ROSSI, Lídia Aparecida; GALVÃO, Cristina Maria. Revisão integrativa: etapa inicial do processo de validação de diagnóstico de enfermagem. *Acta paulista de enfermagem*, v. 22, n. 4, p. 434-438, 2009.
- Reinhard, Stijn, Lovell, C. and Thijssen, Geert J., (2000), Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA, *European Journal of Operational Research*, 121, issue 2, p. 287-303, <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:ejores:v:121:y:2000:i:2:p:287-303>.
- SAMPAIO, RF; MANCINI, MC. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev. bras. fisioter.*, São Carlos , v. 11, n. 1, p. 83-

89, Feb. 2007. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-35552007000100013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552007000100013&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 15 de outubro de 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552007000100013>.

SONG, Malin et al. Better resource management: An improved resource and environmental efficiency evaluation approach that considers undesirable outputs. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 128, p. 197-205, 2018.

SONG, Malin et al. Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 7, p. 4465-4469, 2012.

SONG, Malin et al. Statistical analysis and combination forecasting of environmental efficiency and its influential factors since China entered the WTO: 2002–2010–2012. *Journal of cleaner production*, v. 42, p. 42-51, 2013.

SONG, Su. Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port. *Atmospheric Environment*, v. 82, p. 288-297, 2014.

SUEYOSHI, Toshiyuki; GOTO, Mika. Methodological comparison between two unified (operational and environmental) efficiency measurements for environmental assessment. *European Journal of Operational Research*, v. 210, n. 3, p. 684-693, 2011.

VAN ZWIETEN, Li et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and soil*, v. 327, n. 1-2, p. 235-246, 2010.

VELLANI, Cassio Luiz; RIBEIRO, Maísa de Souza. Sustentabilidade e contabilidade. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, Florianópolis, v. 6, n. 11, p. 187-206, jan. 2010. ISSN 2175-8069. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/2175-8069.2009v6n11p187/11610>>. Acesso em: 04 out. 2019. doi:<https://doi.org/10.5007/2175-8069.2009v6n11p187>.

VLONTZOS, George; NIAVIS, Spyros; MANOS, Basil. A DEA approach for estimating the agricultural energy and environmental efficiency of EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 40, p. 91-96, 2014.

WANG, Ke; LU, Bin; WEI, Yi-Ming. China's regional energy and environmental efficiency: A Range-Adjusted Measure based analysis. *Applied energy*, v. 112, p. 1403-1415, 2013a.

WANG, Ke; YU, Shiwei; ZHANG, Wei. China's regional energy and environmental efficiency: A DEA window analysis based dynamic evaluation. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 58, n. 5-6, p. 1117-1127, 2013b.

WANG, Qunwei et al. Have Chinese cities achieved the win-win between environmental protection and economic development? From the perspective of environmental efficiency. *Ecological indicators*, v. 51, p. 151-158, 2015.

WANG, Yutao et al. Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of Shandong Province's pulp and paper industry, China. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 4, p. 303-310, 2011.

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. *Eco-efficiency Learning Module*. 2006, 231 pages. Disponível em: <https://www.wbcsd.org/gf6v>. Acessado em: 01 out. 2019.

WEBSTER, J.; WATSON, J.T. Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. *MIS Quarterly & The Society for Information Management*, v.26, n.2, pp.13-23, 2002.

WEED, Mike. Sports tourism research 2000–2004: A systematic review of knowledge and a meta-evaluation of methods. *Journal of Sport & Tourism*, v. 11, n. 1, p. 5-30, 2006.

WU, Jie et al. Environmental efficiency evaluation of industry in China based on a new fixed sum undesirable output data envelopment analysis. *Journal of cleaner production*, v. 74, p. 96-104, 2014.

WURSTHORN, Sibylle; POGANIETZ, Witold-Roger; SCHEBEK, Liselotte. Economic-environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency. *Ecological Economics*, v. 70, n. 3, p. 487-496, 2011.

YIN, Ke et al. Using eco-efficiency as an indicator for sustainable urban development: A case study of Chinese provincial capital cities. *Ecological Indicators*, v. 36, p. 665-671, 2014.

YU, Yadong et al. Eco-efficiency trends in China, 1978–2010: Decoupling environmental pressure from economic growth. *Ecological Indicators*, v. 24, p. 177-184, 2013.

ZHOU, Yan et al. Environmental efficiency analysis of power industry in China based on an entropy SBM model. *Energy Policy*, v. 57, p. 68-75, 2013.

**APÊNDICE COM A LISTA DOS ARTIGOS ANALISADOS  
– POR TEMA E EM ORDEM CRONOLÓGICA**

**ECOEFICIÊNCIA**

- BARBA-GUTIÉRREZ, Yolanda; ADENSO-DÍAZ, B.; LOZANO, S. Eco-efficiency of electric and electronic appliances: a data envelopment analysis (DEA). **Environmental Modeling & Assessment**, v. 14, n. 4, p. 439-447, 2009.
- BASSET-MENS, Claudine; LEDGARD, Stewart; BOYES, Mark. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. **Ecological economics**, v. 68, n. 6, p. 1615-1625, 2009.
- HUPPES, Gjalt; ISHIKAWA, Masanobu. Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: ten basic steps for analysis. **Ecological Economics**, v. 68, n. 6, p. 1687-1700, 2009.
- LAUWERS, Ludwig. Justifying the incorporation of the materials balance principle into frontier-based eco-efficiency models. **Ecological Economics**, v. 68, n. 6, p. 1605-1614, 2009.
- FRANCO NETO, J. Quariguasi Frota et al. A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks. **European Journal of Operational Research**, v. 193, n. 3, p. 670-682, 2009.
- DAMINELI, Bruno L. et al. Measuring the eco-efficiency of cement use. **Cement and Concrete Composites**, v. 32, n. 8, p. 555-562, 2010.
- FRISCHKNECHT, Rolf. LCI modelling approaches applied on recycling of materials in view of environmental sustainability, risk perception and eco-efficiency. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 15, n. 7, p. 666-671, 2010.
- LAL, Rattan. Enhancing eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration. **Crop science**, v. 50, n. Supplement\_1, p. S-120-S-131, 2010.
- BRIBIÁN, Ignacio Zabalza; CAPILLA, Antonio Valero; USÓN, Alfonso Aranda. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. **Building and environment**, v. 46, n. 5, p. 1133-1140, 2011.
- GUENSTER, Nadja et al. The economic value of corporate eco-efficiency. **European Financial Management**, v. 17, n. 4, p. 679-704, 2011.
- IRIBARREN, Diego et al. Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 10, p. 1786-1798, 2011.
- OGGIONI, G.; RICCARDI, R.; TONINELLI, R. Eco-efficiency of the world cement industry: a data envelopment analysis. **Energy Policy**, v. 39, n. 5, p. 2842-2854, 2011.
- PICAZO-TADEO, Andrés J.; GÓMEZ-LIMÓN, José A.; REIG-MARTÍNEZ, Ernest. Assessing farming eco-efficiency: a data envelopment analysis approach. **Journal of environmental management**, v. 92, n. 4, p. 1154-1164, 2011.
- WANG, Yutao et al. Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of Shandong Province's pulp and paper industry, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 4, p. 303-310, 2011.
- WURSTHORN, Sibylle; POGANIETZ, Witold-Roger; SCHEBEK, Liselotte. Economic-environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency. **Ecological Economics**, v. 70, n. 3, p. 487-496, 2011.

- GÓMEZ-LIMÓN, José A.; PICAZO-TADEO, Andrés J.; REIG-MARTÍNEZ, Ernest. Eco-efficiency assessment of olive farms in Andalusia. **Land Use Policy**, v. 29, n. 2, p. 395-406, 2012.
- LI, Wen et al. Eco-efficiency of manufacturing processes: A grinding case. **CIRP annals**, v. 61, n. 1, p. 59-62, 2012.
- CARBERRY, Peter S. et al. Scope for improved eco-efficiency varies among diverse cropping systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 21, p. 8381-8386, 2013.
- YU, Yadong et al. Eco-efficiency trends in China, 1978–2010: Decoupling environmental pressure from economic growth. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 177-184, 2013.
- AVADÍ, Ángel; VÁZQUEZ-ROWE, Ian; FRÉON, Pierre. Eco-efficiency assessment of the Peruvian anchoveta steel and wooden fleets using the LCA+ DEA framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 70, p. 118-131, 2014.
- GOVINDAN, Kannan et al. Eco-efficiency based green supply chain management: Current status and opportunities. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 233, p. 293-298, 2014.
- HUANG, Jianhuan et al. A comprehensive eco-efficiency model and dynamics of regional eco-efficiency in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 67, p. 228-238, 2014.
- SONG, Su. Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port. **Atmospheric Environment**, v. 82, p. 288-297, 2014.
- YIN, Ke et al. Using eco-efficiency as an indicator for sustainable urban development: A case study of Chinese provincial capital cities. **Ecological Indicators**, v. 36, p. 665-671, 2014.
- LORENZO-TOJA, Yago et al. Eco-efficiency analysis of Spanish WWTPs using the LCA+ DEA method. **Water research**, v. 68, p. 651-666, 2015.

## EFICIÊNCIA AMBIENTAL

- CUESTA, Rafael A.; LOVELL, CA Knox; ZOFÍO, José L. Environmental efficiency measurement with translog distance functions: A parametric approach. **Ecological Economics**, v. 68, n. 8-9, p. 2232-2242, 2009.
- HALKOS, George Emm; TZEREMES, Nickolaos G. Exploring the existence of Kuznets curve in countries' environmental efficiency using DEA window analysis. **Ecological Economics**, v. 68, n. 7, p. 2168-2176, 2009.
- MANDAL, Sabuj Kumar; MADHESWARAN, Subramaniam. Environmental efficiency of the Indian cement industry: an interstate analysis. **Energy Policy**, v. 38, n. 2, p. 1108-1118, 2010.
- KNIGHT, Kyle W.; ROSA, Eugene A. The environmental efficiency of well-being: A cross-national analysis. **Social Science Research**, v. 40, n. 3, p. 931-949, 2011.
- SUEYOSHI, Toshiyuki; GOTO, Mika. Methodological comparison between two unified (operational and environmental) efficiency measurements for environmental assessment. **European Journal of Operational Research**, v. 210, n. 3, p. 684-693, 2011.
- SONG, Malin et al. Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 7, p. 4465-4469, 2012.
- BAI-CHEN, Xie; YING, Fan; QIAN-QIAN, Qu. Does generation form influence environmental efficiency performance? An analysis of China's power system. **Applied Energy**, v. 96, p. 261-271, 2012.

- CHANG, Young-Tae et al. Environmental efficiency analysis of transportation system in China: A non-radial DEA approach. **Energy policy**, v. 58, p. 277-283, 2013.
- LI, Hong et al. Regional environmental efficiency evaluation in China: Analysis based on the Super-SBM model with undesirable outputs. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 58, n. 5-6, p. 1018-1031, 2013.
- WANG, Ke; LU, Bin; WEI, Yi-Ming. China's regional energy and environmental efficiency: a range-adjusted measure based analysis. **Applied energy**, v. 112, p. 1403-1415, 2013.
- WANG, Ke; YU, Shiwei; ZHANG, Wei. China's regional energy and environmental efficiency: A DEA window analysis based dynamic evaluation. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 58, n. 5-6, p. 1117-1127, 2013.
- ZHOU, Yan et al. Environmental efficiency analysis of power industry in China based on an entropy SBM model. **Energy Policy**, v. 57, p. 68-75, 2013.
- SONG, Malin et al. Statistical analysis and combination forecasting of environmental efficiency and its influential factors since China entered the WTO: 2002–2010–2012. **Journal of cleaner production**, v. 42, p. 42-51, 2013.
- CHANG, Young-Tae et al. Evaluating economic and environmental efficiency of global airlines: A SBM-DEA approach. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 27, p. 46-50, 2014.
- VLONTZOS, George; NIAVIS, Spyros; MANOS, Basil. A DEA approach for estimating the agricultural energy and environmental efficiency of EU countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 91-96, 2014.
- WU, Jie et al. Environmental efficiency evaluation of industry in China based on a new fixed sum undesirable output data envelopment analysis. **Journal of cleaner production**, v. 74, p. 96-104, 2014.
- WANG, Qunwei et al. Have Chinese cities achieved the win-win between environmental protection and economic development? From the perspective of environmental efficiency. **Ecological indicators**, v. 51, p. 151-158, 2015.
- CHEN, Liang; JIA, Guozhu. Environmental efficiency analysis of China's regional industry: a data envelopment analysis (DEA) based approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 846-853, 2017.
- SONG, Malin et al. Better resource management: An improved resource and environmental efficiency evaluation approach that considers undesirable outputs. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 128, p. 197-205, 2018.

## SILVICULTURA

- WANG, Yutao et al. Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of Shandong Province's pulp and paper industry, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 4, p. 303-310, 2011.
- BLOMBERG, Jerry; HENRIKSSON, Eva; LUNDMARK, Robert. Energy efficiency and policy in Swedish pulp and paper mills: a data envelopment analysis approach. **Energy Policy**, v. 42, p. 569-579, 2012.
- FLEITER, Tobias et al. Energy efficiency in the German pulp and paper industry—A model-based assessment of saving potentials. **Energy**, v. 40, n. 1, p. 84-99, 2012.

## CAPÍTULO 2

### Mapeamento das Indústrias do Setor Produtivo de Base Florestal no Mundo: uma análise exploratória

Neste segundo capítulo, realizou-se um mapeamento da indústria e a avaliação da estrutura produtiva da mesma, do ponto de vista regional, - receita, - produção e ambiental. O método de análise é exploratório, com abordagem quantitativa de empresas contidas no terminal financeiro da *Thomson Reuters*, no período de 2009 a 2019. Foram investigadas 1.038 empresas no total, e elaborados cinco mapas analíticos que apresentam o panorama do setor industrial da silvicultura, considerando os dados mais recentes (2019): os países líderes em termos de número de empresas na área de papel e celulose são, na sequência, Índia, China, Japão, Estados Unidos e Malásia; já, em termos de faturamento, as maiores receitas de vendas (e também despesas operacionais) são apresentadas por Estados Unidos, seguidos pelo Japão, China, Finlândia e Canadá. Os países que mais emitem gás de efeito estufa são Estados Unidos, seguidos por Hong kong, Japão, Finlândia e Reino Unido; já, os maiores gastos ambientais foram apresentados por Japão, Finlândia, Estados Unidos e Canadá. Os resultados concluem que o setor da silvicultura tem ampliado seu faturamento e, apesar de diminuir seus gastos ambientais, reduziram a emissão de gás carbônico, contribuindo para a geração de economia carbono neutro.

## Mapeamento das Indústrias do Setor de Base Florestal no Mundo: uma análise exploratória

Robert Armando Espejo<sup>1</sup>, Autor 2<sup>2</sup>

### **RESUMO**

A indústria de papel e celulose é uma das mais importantes na economia mundial. Diante do seu exponencial crescimento ao longo da última década, o presente artigo objetivou mapear indústrias do setor florestal e avaliar sua estrutura produtiva relacionadas à receita, produção e ambiente. O método de análise é exploratório, com abordagem quantitativa abrange empresas do terminal financeiro da *Thomson Reuters*, no período de 2009 a 2019. Foram investigadas 1.038 empresas no total, e elaborados cinco mapas analíticos que apresentam o panorama do setor industrial da silvicultura, considerando os dados mais recentes (2019): os países líderes em termos de número de empresas na área de papel e celulose são, na sequência, Índia, China, Japão, Estados Unidos e Malásia; já, em termos de faturamento, as maiores receitas de vendas (e também despesas operacionais) são apresentadas por Estados Unidos, seguidos pelo Japão, China, Finlândia e Canadá. Os países que mais emitem gás de efeito estufa são Estados Unidos, seguidos por Hong Kong, Japão, Finlândia e Reino Unido. Os maiores gastos ambientais foram apresentados por Japão, Finlândia, Estados Unidos e Canadá. Os resultados concluem que o setor da silvicultura tem ampliado seu faturamento e, apesar de diminuir seus gastos ambientais, reduziram a emissão de gás carbônico, contribuindo para a geração de economia carbono neutro.

**Palavras-chave:** silvicultura, mapeamento, análise exploratória.

### **ABSTRACT**

The pulp and paper industry is one of the most important in the world economy. In view of its exponential growth over the past decade, this article aimed to map industries in the forest sector and evaluate their productive structure related to revenue, production and the environment. The analysis method is exploratory, with a quantitative approach covering companies from the Thomson Reuters financial terminal, in the period from 2009 to 2019. A total of 1,038 companies were investigated, and five analytical maps were prepared that present the panorama of the industrial forestry sector, considering the most recent data (2019): the leading countries in terms of number of companies in the area of paper and cellulose are, next, India, China, Japan, the United States and Malaysia; in terms of sales, the highest sales revenues (as well as operating expenses) are presented by the United States, followed by Japan, China, Finland and Canada. The countries that emit the most greenhouse gases are the United States, followed by Hong Kong, Japan, Finland and the United Kingdom. The largest environmental expenditures were reported by Japan, Finland, the United States and Canada. The results conclude that the forestry sector has increased its revenue and, despite decreasing its

---

<sup>1</sup> Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)

<sup>2</sup> Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)

environmental expenses, reduced the emission of carbon dioxide, contributing to the generation of carbon neutral economy.

**Keywords:** forestry, map, exploratory analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da silvicultura é fundamental à sustentabilidade ambiental do planeta, pois a produção de celulose e papel está entre os dez maiores setores com receita cambial (SUSILAWATI & KANOWSKI, 2020). Na Europa, a silvicultura é fortemente significativa para a economia, uma vez que os membros da Associação da Indústria de Papéis de Portugal (CELPA) exportam papel e papelão para mais de 140 países, o que representa aproximadamente 5% do total de exportação de bens portugueses (FERREIRA et al., 2019).

Esse setor produz uma diversidade de bens essenciais ao desenvolvimento de um país como celulose, madeira, papel, carvão vegetal, dentre outros. Conforme Ferreira et al. (2019), essa indústria de Papel e Celulose (*Pulp and Paper*), como é também denominada, abrange quase todo o ciclo de vida dos produtos relacionados ao papel, desde a produção de matérias-primas (floresta), até o tratamento de produtos no final do seu ciclo de vida, por meio de reciclagem ou tratamento de resíduos.

A Organização das Nações Unidas (ONU) para a Alimentação e Agricultura afirmou que Rússia e o Brasil, respectivamente, são os países com maior área florestal; e em terceiro lugar, tem-se o Canadá, seguido dos Estados Unidos e China (FAO, 2021). Em relação à área plantada, a Índia apresenta 57% em relação à área total; em segundo lugar, a Malásia, com 25,28% e os Estados Unidos, com 16,93% e, apesar de ser o quinto país em área florestal no mundo, a China é o principal produtor de papel, seguida dos Estados Unidos. O Brasil, em termos de produção de papel, encontra-se em oitavo lugar, com 10,3 milhões de toneladas de papel (IBÁ/POYRYABRAF, 2016).

Os Estados Unidos são líderes em produção de celulose, com 48,5 milhões de toneladas. Com diferença significativa ao primeiro colocado, está o Brasil (18,8 milhões de toneladas), seguido de perto pelo Canadá (17 milhões de toneladas) e China (16,8 milhões de toneladas) (IBÁ/SECEX/FAO/POYRY, 2016).

### *Configuração estrutural e receita de vendas*

O setor da silvicultura apresentou, ao longo dos anos, uma mudança estrutural. Segundo dados da pesquisa de Berg e Lingqvist (2019), a indústria gráfica mundial (papel jornal e papel para impressão e escrita) aumentou 4,3%, de 1992 a 2007, mas diminuiu sua participação em 7,6%, de 2010 a 2018. Já, a embalagem apresentou crescimento em ambos os períodos; de 1992 a 2007, aumentou 7,6% e de 2010 a 2018, 4,4%. Ainda segundo os autores, esta mudança estrutural do segmento ocorreu também em termos de consolidação da indústria, pois as maiores indústrias do segmento apresentaram aumento de porte, dificultando a entrada de novos concorrentes.

Além da alteração do arranjo do setor, outros desafios enfrentados pela indústria em termos globais correspondem ao aumento da concorrência de países de baixa renda como Brasil e Indonésia e às políticas ambientais da União Europeia, ocasionando a queda de lucratividade da indústria, o que fez diminuir o número de empresas na Europa no setor em 30%, no período de 2000 a 2017 (BIERNACKA, GRZEGORZEWSKA & PODOBAS, 2019).

Tal queda impactou a receita de vendas do setor no continente europeu, embora países como Polônia e República Tcheca devam ser apontados como exceções. A Polônia foi líder em vendas em 2010, com 6,1 bilhões de euros, seguida pela República Tcheca, com 2,1 bilhões de euros no mesmo período. No entanto, ainda segundo os autores Biernacka, Grzegorzewska e Podobas (2019), se for considerado o período de 2010 a 2017, as vendas do setor de papel e celulose, nos países da União Europeia, aumentaram 12,6%, chegando ao patamar de 180 bilhões de euros, em 2017.

A ampliação do setor da silvicultura no mundo ocorre principalmente pelo potencial de crescimento de receita que possui em comparação a outras atividades. Pesquisas como a de Morgan e Daigneault (2015), por exemplo, revelam que, em razão de um Programa de Comércio de Emissões de Gás de Efeito Estufa (*Emissions Trading Scheme – ETS*), na Nova Zelândia, estima-se um aumento de receita líquida do setor de silvicultura de 14 milhões de dólares (dados de 2015) para um montante entre 73 e 145 milhões de dólares, em 2060 (crescimento entre 521% a 1036%). Outras atividades como criação de ovinos e bovinos teriam um crescimento menor, entre 9,3% a 46%.

Em termos de potencial de ampliação da receita do setor da silvicultura, Haggith et al. (2020, p. 63) defendem que, paralelamente ao crescimento de vendas, a indústria precisa usar mecanismos mais inteligentes para “desintoxicar e descarbonizar enquanto cria valor”, por meio do uso de tecnologias mais limpas e regulamentações mais rígidas para o setor. Os autores afirmam que as fábricas de papel e celulose possuem potencial de criação de novas *commodities* de alto valor agregado, provenientes de subprodutos de papel (polímeros à base de madeira, produtos químicos e combustíveis, por exemplo), gerando receitas adicionais para a indústria.

Tal constatação pode ser observada na Guiana, por exemplo. Mendes e Macqueen (2006) salientam que, nos primeiros 6 meses de 2004, foram exportados 34 mil m<sup>3</sup> de toras, gerando uma receita de 3,84 milhões de dólares. Se ao invés de toras, fossem vendidos produtos com maior valor agregado, com o emprego de tecnologias que diminuíssem os custos de produção, esta receita poderia ter saltado para o patamar de 14 milhões de dólares, que somadas às exportações de madeira serrada em um ano, poderia gerar uma receita anual de 52 milhões de dólares para o setor.

### *Custos e Despesas Operacionais*

Custos e Despesas Operacionais podem variar de acordo com diversos fatores como tecnologia empregada no processo produtivo, das condições da área plantada e do processo logístico. No caso específico da Guiana, reportado pelo estudo de Mendes e Macqueen (2006), minimizar os custos e despesas operacionais é condição de manutenção de competitividade no mercado, pois o seu volume produzido é muito pequeno, se comparado a países como o Brasil. Dados de 2003 revelam que a produção da Guiana era de 254 mil m<sup>3</sup>, enquanto, no Brasil, era de 102 milhões de m<sup>3</sup>. Portanto, dependendo das condições do país, a estratégia pode ser buscar competitividade para a produção gerada, com redução de custos, ou aumentar a rentabilidade de vendas, com despesas operacionais superiores que tendem a gerar maiores receitas de vendas.

Despesas operacionais do setor tem sido pauta de pesquisas. Zuoza e Pilinkiené (2019) realizaram uma investigação, a fim de investigar a relação entre consumo de energia, custos de pesquisa e desenvolvimento e despesas de capital, na lucratividade das companhias industriais da área de papel e celulose. Usaram o

*Earnings Before Interests, Taxes, Depreciation and Amortization* (EBITDA) – Lucro antes dos Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (LAJIDA), como parâmetro de despesas operacionais, por reconhecer que uma “alta margem de EBITDA indica a analistas ou gestores que o risco financeiro da companhia é menor” (ZUOZA e PILINKIENÉ, 2019, p.198). Os resultados desta pesquisa indicaram que o EBITDA é influenciado pela variável consumo de energia.

Já, a pesquisa de Sueyoshi e Goto (2019) objetivou analisar os resultados operacionais e ambientais das empresas japonesas, de forma a ampliar a sustentabilidade corporativa deste país, por meio do emprego da Análise por Envoltória de Dados e investigando diversos setores do país. Alocar recursos sustentáveis por meio do investimento em tecnologia verde é uma estratégia, segundo os autores, que melhoraria os parâmetros de despesas em operações, fato que potencialmente traria resultados mais eficientes, especificamente à indústria de papel e celulose.

### *Emissões de CO<sub>2</sub>*

Esfórcos governamentais têm sido realizados no sentido de se reduzir a emissão de CO<sub>2</sub>, a exemplo do que realizou a União Europeia em 2008, por meio do acordo que incluía o compromisso de reduzir a emissão de gases de efeito estufa em 20% e o aumento do uso de energias renováveis em 20%, até o ano de 2020 (BACKLUND et al., 2014). Sendo assim, o setor da silvicultura também tem incorporado mecanismos para que suas indústrias se tornem mais verdes. Ainda de acordo com Backlund et al. (2014, p. 207), a biomassa produzida pelo setor de papel e celulose “não atua apenas como um substituto para os combustíveis fósseis que liberam CO<sub>2</sub>. Quanto mais biomassa for cultivada, maior será o sequestro de carbono pela fotossíntese e uma boa alternativa às matérias-primas fósseis.”

Pesquisas também indicam que a expansão do setor da silvicultura, em regiões menos produtivas para atividades agrícolas e pecuárias convencionais (como morros), provoca a diminuição da emissão de gases de efeito estufa. Atividades agrícolas e pecuárias convencionais, por causa do uso de insumos e fertilizantes, além do descarte de resíduos, colocam em risco o meio ambiente, principalmente recursos naturais como a água doce e emissão de CO<sub>2</sub>. Dados de Morgan e Daigneault (2015, p. 9) revelam que “aproximadamente 46% das emissões totais de gases de efeito estufa da Nova Zelândia ocorrem no setor agrícola, o que é alto em

comparação com outros países desenvolvidos no mundo". Por este motivo, também ocorre a valorização da silvicultura como setor que auxilia no sequestro do carbono.

A pesquisa de Fortes et al. (2019) destaca que a indústria de papel e celulose, com as crescentes restrições ambientais impostas ao setor, bem como o uso de outras formas de tecnologias empregadas para geração de energia, tem se forçado a se tornar mais eficaz em termos de custo. No caso específico das indústrias portuguesas, os autores investigaram o quanto o sistema de energia age como estratégia efetiva de diminuição de custos, visando a uma profunda redução de emissão de gases de efeito estufa. A busca pela descarbonização, por meio da energia empregada nas indústrias, será "crucial para uma economia carbono neutro, exigida para alcançar o objetivo do acordo de Paris" (FORTES et al., 2019, p. 292).

Ainda sobre a importância do setor de papel e celulose na redução de emissões de CO<sub>2</sub>, Bajwa et al (2019) apontam que produtos derivados da lignina, proveniente da silvicultura, podem conduzir a uma redução da pegada de carbono, condizente com a necessidade das legislações e acordos mundiais de diminuição de emissão de gases de efeito estufa. Só os "Estados Unidos, em 2016, emitiram um total de 6.511 toneladas métricas de equivalentes a CO<sub>2</sub>" (p.8); e tal indicador, se somado aos demais países, conduzem a uma preocupação mundial para a mudança de uso de combustíveis fósseis para indústrias de base energética renovável.

### *Despesas Ambientais*

O setor da silvicultura também tem sido pauta de estudos que se relacionam à sustentabilidade ambiental. Wang et al. (2011) investigaram as tendências de ecoeficiência da indústria de papel e celulose da Província de Shandong (China), considerando três campos específicos: eficiência da água, eficiência energética e eficiência ambiental. Tendo como foco de estudo a indústria de papel e celulose da Suécia, Blomberg et al. (2012) objetivaram fornecer uma avaliação empírica do potencial de melhoria da eficiência da eletricidade na referida indústria e compará-la ao resultado das políticas de eficiência energética, mais especificamente do Programa Voluntário de Eficiência Energética da Suécia. Fleiter et al. (2012), ao afirmar o alto consumo de energia que a indústria de papel e celulose da Alemanha demandou em 2008 (cerca de 9% de toda a demanda energética do país), tiveram como objetivo avaliar dezessete tecnologias de processo (como, por exemplo, o processo de secagem de papel) e para melhoria de eficiência energética nesta

indústria até 2035.

Diante do exponencial crescimento das pesquisas e da importância da silvicultura ao longo da última década, observou-se uma lacuna na literatura em relação ao panorama produtivo, econômico e ambiental das empresas do setor de silvicultura no mundo. Neste contexto, o presente artigo objetivou mapear a indústria e avaliar a estrutura produtiva da mesma do ponto de vista regional, de receita, produção e ambiental. O método de análise é exploratório, com abordagem quantitativa de empresas do terminal financeiro da *Thomson Reuters*, no período de 2009 a 2019. Foram investigadas 1.038 empresas no total, com objetivo de elaborar cinco mapas analíticos que auxiliem nas análises e pesquisas futuras do setor.

O presente artigo estrutura-se em quatro seções, além desta. Na seção seguinte, encontra-se a metodologia detalhada, envolvendo a descrição dos dados e a estatística descritiva; na sequência, a análise exploratória dos dados, contendo as análises e discussão sobre os itens abordados, no tocante à indústria da silvicultura, no período 2009 a 2019, e o mapeamento do setor, em 2019, conforme o número de empresas e configuração da indústria, receita de vendas, despesas operacionais, emissão de equivalentes em CO<sub>2</sub> e despesas ambientais. Por fim, são estabelecidas as conclusões e as referências do estudo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Descrição dos dados

Os dados são provenientes do Terminal Financeiro da *Thomson Reuters*, referentes a empresas do setor de silvicultura no mundo, no período de 2009 a 2019. Trata-se de dados das empresas de capital aberto, negociadas nas Bolsas de Valores Mundiais. A base de dados retornou a um número superior a aproximadamente 70 variáveis, mas a grande maioria dos dados ambientais não apresentavam valores, sendo necessário optarmos em selecionar as que teriam valor superior a 110 observações o que gerou um total de 1.038 empresas envolvendo 80 países, 33 variáveis, 17 relacionadas à questão ambiental e 16 na parte econômica (Quadro 4).

Quadro 4 - Variáveis Componentes da Base de Dados do setor de Silvicultura – 2009 a 2019

<b>Qtd.</b>	<b>Variáveis Econômicas</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Variáveis Ambientais</b>
var1	Receita Total (US\$)	var17	Total de Uso de Energia para Receita (US\$)
var2	Vendas Líquidas (US\$)	var18	Uso Total de Energia (gigajoules)
var3	EBIT (US\$)	var19	Energia Adquirida (gigajoules)
var4	Lucro Líquido Antes dos Impostos (US\$)	var20	Total de Retirada de água (cubic meters)
var5	Empregados em período integral	var21	Total de emissões de CO <sub>2</sub> ou equivalentes para vendas (US\$) (tonnes/US dollars)
var6	Empregados média Prd/Prd	var22	Emissão de CO <sub>2</sub> ou equivalentes
var7	Despesas trabalhistas e relacionadas (US\$)	var23	Emissão de Água poluída
var8	Ativo Total Reportado (US\$)	var24	Energia Comprada Diretamente
var9	Passivo Total (US\$)	var25	Total Estimado de CO <sub>2</sub> ou equivalentes
var10	Total de Passivo e Patrimônio Líquido (US\$)	var26	Redução de Emissão de óxido de enxofre e óxido de nitrogênio (SO <sub>x</sub> e NO <sub>x</sub> )
var11	Total de Passivos Correntes (US\$)	var27	Emissão de óxido de enxofre (SO <sub>x</sub> )(toneladas)
var12	Total de Ativos Correntes (US\$)	var28	Emissão de óxido de nitrogênio (NO <sub>x</sub> )(tonel.)
var13	EBITDA (US\$)	var29	ISO 14000 ou com certificado (SEM)
var14	Total de Custos de Vendas (US\$)	var30	Despesas Ambientais (US\$)
var15	Total de Despesas Operacionais (US\$)	var31	Provisões Ambientais (US\$)
var16	Total de Despesas com Vendas, Gerais e Administrativas US\$)	var32	Iniciativas de Investimentos Ambientais
		var33	Produtos Desenhados Ecologicamente

Fonte: O autor (2021).

O setor de silvicultura ficou, então, representado por 245 empresas de 50 países, na subárea de Floresta e Produtos de Madeira; 386 empresas em 57 países, na subárea de Embalagens e Recipientes; 169 empresas de 32 países, da subárea de Embalagens de Papel; e 238 empresas de 40 países, da subárea de Produtos de Papel. Apesar de serem subsetores diferentes, todas as subáreas (Floresta e Produtos de Madeira, Embalagens e Recipientes, Embalagens de Papel e Produtos de Papel) pertencem à silvicultura.

Optou-se por trabalhar com variáveis que sejam representativas das áreas econômica e ambiental, apesar das suas limitações, em que havia lacuna de dados em alguns períodos para as empresas analisadas. Portanto, o panorama do setor considerou as variáveis do Quadro 5, destacando-se a receita total e despesas operacionais totais (como informações econômicas); e como variáveis ambientais, destacam-se o total estimado de emissão de equivalentes em CO<sub>2</sub> e despesas ambientais. Desta forma, as variáveis mencionadas sinalizam o panorama

econômico e ambiental do setor.

Quadro 5 - Descrição das variáveis

Identificador	Variável	Escala
V1 = RT	Receita Total ( <i>Total Revenue</i> )	Dólar (US\$)
V15 = DOT	Despesas Operacionais Totais ( <i>Total Operationg Expenses</i> )	Dólar (US\$)
V25 = ECO2	Total Estimado de Emissão de Equivalentes em CO <sub>2</sub> ( <i>Estimated CO<sub>2</sub> Equivalents Emission Total</i> )	Toneladas (tonnes)
V30 = DA	Despesas Ambientais ( <i>Environmental Expenditures</i> )	Dólar (US\$)

Fonte: O autor (2021).

A variável receita total estava presente em 8.263 empresas do setor, durante o período de 2009 a 2019; já, despesas operacionais totais foram apresentadas por 8.334 empresas na base de dados. As informações de cunho ambiental são mais difíceis de serem reportadas pelas empresas do setor; em 11 anos de análise no banco de dados, apenas 572 observações constavam para o total estimado de emissão de equivalentes em CO<sub>2</sub>; e apenas 228 dados foram apresentados referentes a despesas ambientais. Nesta última variável, por exemplo, no ano de 2019, apenas 14 empresas do setor de silvicultura explicitaram despesas ambientais em seus reportes. Desta forma, os resultados devem ser interpretados de forma relativa, pois, dentre os dados coletados, uma parcela apresentava dados nulos/branco em algumas variáveis, quando não em todas.

## 2.2 Estatística Descritiva

A Tabela 7 apresenta a estatística descritiva das variáveis relacionadas à receita total (RT), despesas operacionais totais (DOT), total estimado de emissão de equivalentes em CO<sub>2</sub> (ECO2) e despesas ambientais (DA).

Tabela 7 - Estatística Descritiva das Variáveis(var) Econômicas e Ambientais da Silvicultura – período 2009 a 2019

Ano	Variável	Média	Mediana	Variância	Desvio-padrão	Assimetria	Curtose	N
2009	RT	558.859.787	86.031.349	2,88472E+18	1.698.447.111	6,95	66,55	631
	DOT	532.701.772	79.436.698	2,65577E+18	1.629.651.906	6,75	60,98	634
	ECO2	2.304.051	1.140.513	8,29189E+12	2.879.563	2,01	3,95	32
	DA	121.221.138	45.272.856	3,10256E+16	176.140.842	1,36	0,42	14
2010	RT	602.103.223	92.430.584	3,23753E+18	1.799.314.881	6,92	67,27	648
	DOT	552.545.922	87.216.618	2,77985E+18	1.667.288.253	7,09	70,88	651
	ECO2	2.337.460	1.306.708	8,54609E+12	2.923.370	2,24	5,62	37
	DA	92.094.562	26.800.000	2,15436E+16	146.777.426	1,66	1,32	17

2011	RT	650.649.171	102.789.413	3,71226E+18	1.926.723.831	6,59	59,72	669
	DOT	602.743.304	96.229.645	3,26017E+18	1.805.594.380	6,53	57,60	673
	ECO2	2.388.878	990.754	1,06274E+13	3.259.973	2,48	7,37	39
	DA	87.979.711	25.700.000	1,71367E+16	130.907.134	1,56	1,08	19
2012	RT	659.947.603	91.344.330	3,65556E+18	1.911.962.245	5,68	40,34	696
	DOT	616.245.821	85.447.202	3,33587E+18	1.826.435.946	5,74	40,29	703
	ECO2	2.223.211	884.104	8,98079E+12	2.996.797	2,50	7,79	44
	DA	89.244.280	23.866.088	1,63107E+16	127.713.525	1,44	0,75	21
2013	RT	634.361.379	88.141.270	3,5294E+18	1.878.671.038	6,03	47,51	736
	DOT	588.933.497	78.743.048	3,07157E+18	1.752.588.362	6,04	47,14	743
	ECO2	2.296.785	1.192.045	8,66501E+12	2.943.639	2,38	7,23	45
	DA	76.736.346	28.225.898	1,24651E+16	111.647.111	1,56	1,03	23
2014	RT	628.756.409	84.525.929	3,3889E+18	1.840.896.217	5,91	46,84	761
	DOT	583.731.176	77.042.569	2,94303E+18	1.715.527.597	5,95	47,62	770
	ECO2	2.150.007	1.253.622	7,18496E+12	2.680.477	2,19	6,13	50
	DA	58.000.769	15.900.000	7,99656E+15	89.423.493	1,89	2,34	21
2015	RT	567.131.565	78.980.898	2,71918E+18	1.648.994.165	5,83	44,82	798
	DOT	515.752.460	70.190.764	2,26752E+18	1.505.827.519	5,86	45,18	813
	ECO2	2.151.798	1.025.728	6,90528E+12	2.627.789	1,97	4,66	52
	DA	54.117.369	11.565.782	7,03002E+15	83.845.211	1,74	1,65	20
2016	RT	558.891.767	74.330.117	2,54618E+18	1.595.675.410	5,72	42,96	819
	DOT	507.288.188	67.228.198	2,1876E+18	1.479.053.188	5,91	45,64	830
	ECO2	2.230.071	943.483	7,83627E+12	2.799.334	1,78	2,97	56
	DA	59.439.997	18.298.538	7,2383E+15	85.078.210	1,54	1,09	18
2017	RT	611.956.975	82.615.277	3,05402E+18	1.747.576.629	5,78	44,08	835
	DOT	550.585.884	75.746.953	2,53667E+18	1.592.694.141	5,88	45,13	846
	ECO2	1.884.034	791.091	6,53802E+12	2.556.956	2,18	5,04	62
	DA	53.084.994	12.000.000	6,14762E+15	78.406.788	1,67	1,50	21
2018	RT	664.998.318	96.265.000	3,58757E+18	1.894.088.588	5,71	42,88	831
	DOT	597.463.408	86.535.846	2,92075E+18	1.709.020.307	5,72	41,99	842
	ECO2	1.874.716	749.355	7,56311E+12	2.750.111	2,35	5,56	72
	DA	64.447.278	19.073.668	9,55544E+15	97.751.935	1,70	1,50	25
2019	RT	668.333.412	93.846.468	3,59516E+18	1.896.091.411	5,59	40,74	839
	DOT	619.178.058	84.792.183	3,07626E+18	1.753.926.294	5,50	39,14	827
	ECO2	1.779.199	771.363	6,73695E+12	2.595.564	2,41	6,02	83
	DA	54.499.112	16.400.587	7,63098E+15	87.355.499	1,98	2,88	29

Fonte: O autor (2021).

A Tabela 7 demonstra um crescimento geral no número de empresas entre os anos de 2009 e 2019, representado por cada variável: receita (32,96%), despesas operacionais (30,44%), emissões de CO<sub>2</sub> (159,37%) e gastos ambientais (107,14%), sendo, que, o ano de 2019 apresentou a melhor média em termos de receita e ao mesmo tempo menor emissão de CO<sub>2</sub>, demonstrando uma maior preocupação ambiental por parte das grandes corporações. A preocupação com prevenção

ambiental também foi observada pelas firmas ao notar maiores gastos no ano de 2009 que foram gradativamente reduzidos nos períodos seguintes, podendo até ser por uma adequação tecnológica ou por uma política pública que em conjunto reduziram as emissões de CO<sub>2</sub>, justificando a redução dos gastos ambientais.

### **3 ANÁLISE DOS DADOS**

Esta análise foi dividida em 3 tópicos, sendo que, no primeiro item, a pesquisa apresenta dados da quantidade de empresas por países e respectiva configuração estrutural; no segundo, são abordados resultados econômicos da indústria em termos de receita de vendas e despesas operacionais; e no terceiro item, é abordada a questão ambiental, por meio dos temas emissão de CO<sub>2</sub> e despesas ambientais.

#### **3.1 Panorama Mundial e Configuração Estrutural do Setor**

Com base nos dados coletados, inicialmente será apresentado um panorama do cenário mundial da silvicultura e uma visão mais abrangente de como o setor se encontra distribuído. Dos 193 países existentes, 73 (37,82%) informaram algum tipo de dado empregado na análise, correspondendo a 860 empresas do setor (Figura 11).

A Figura 11 evidencia a quantidade de empresas por países que informaram, pelo menos, um dado dentre as variáveis utilizadas na pesquisa, em 2019. A Índia tem 125 empresas representadas em todas as subáreas da silvicultura, tendo uma maior representação no setor de Embalagens e Recipientes e Produtos de Papel. A China destacou-se em número de empresas, atingindo, no período em questão, a quantia de 85 indústrias, envolvendo todas as subáreas, com maior concentração em três setores, Embalagens e Recipientes, Produtos de Papel e Embalagens de Papel. Ressalta-se que, ao acrescentar as províncias de Hong Kong e Taiwan, a China passa a ser soberana, contando com 130 firmas no setor. Em seguida,

destaca-se o Japão, com 64 empresas representadas em todas as subáreas, com maior concentração no setor de Produtos de Papel e Embalagens e Recipientes.

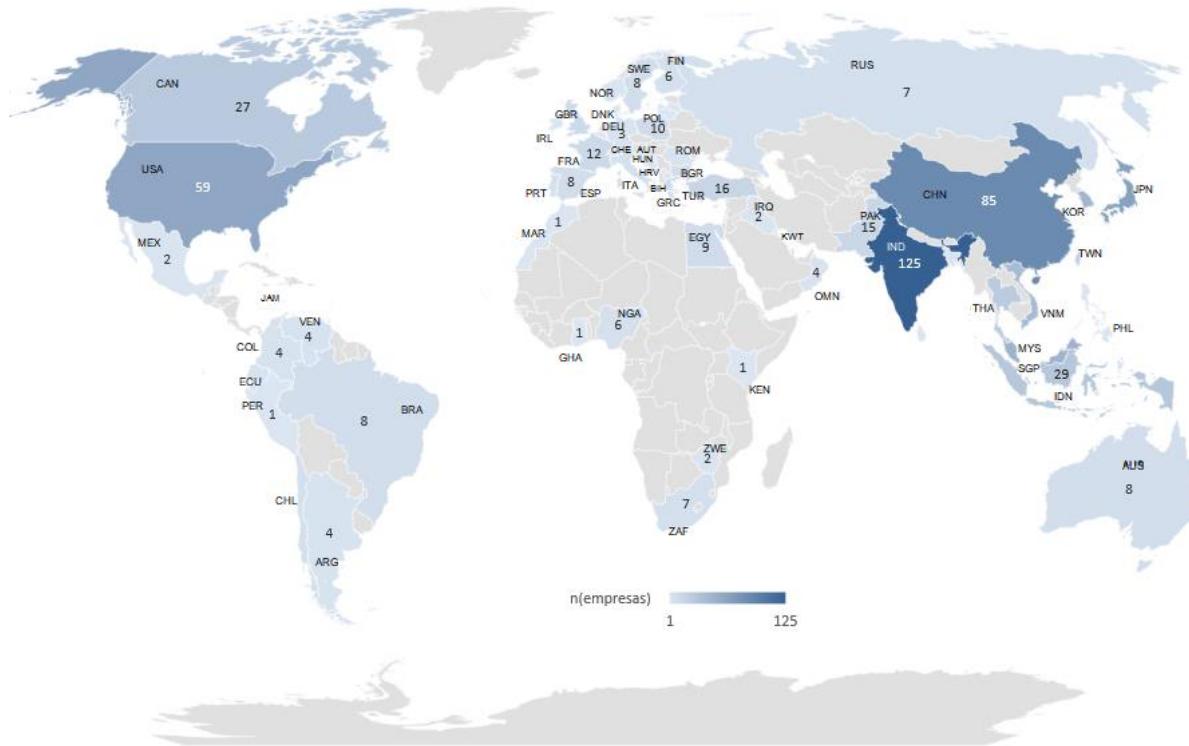


Figura 11 - Número de Empresas por País no Setor de Silvicultura em 2019  
Fonte: O autor (2021).

Os Estados Unidos surge em 4<sup>a</sup> colocação, com 59 indústrias, destacando maior quantidade de indústrias voltadas a Embalagens e Recipientes e Floresta e Produtos de Madeira. A Malásia surge em 5<sup>o</sup> lugar, com 47 empresas, com maior concentração na subárea de Produtos Florestais e de Madeira e Embalagens e Recipientes, mas atuante em todas elas. Em 20<sup>a</sup> classificação, temos o Brasil, com 8 empresas, sendo, em sua maioria, do setor de Produtos de Papel, não apresentando, em seu portfólio, Embalagens de Papel. A Figura 12 apresenta como se subdividem as subáreas da silvicultura e evidencia a frequência de indústrias por países, no período de 2009 a 2019.

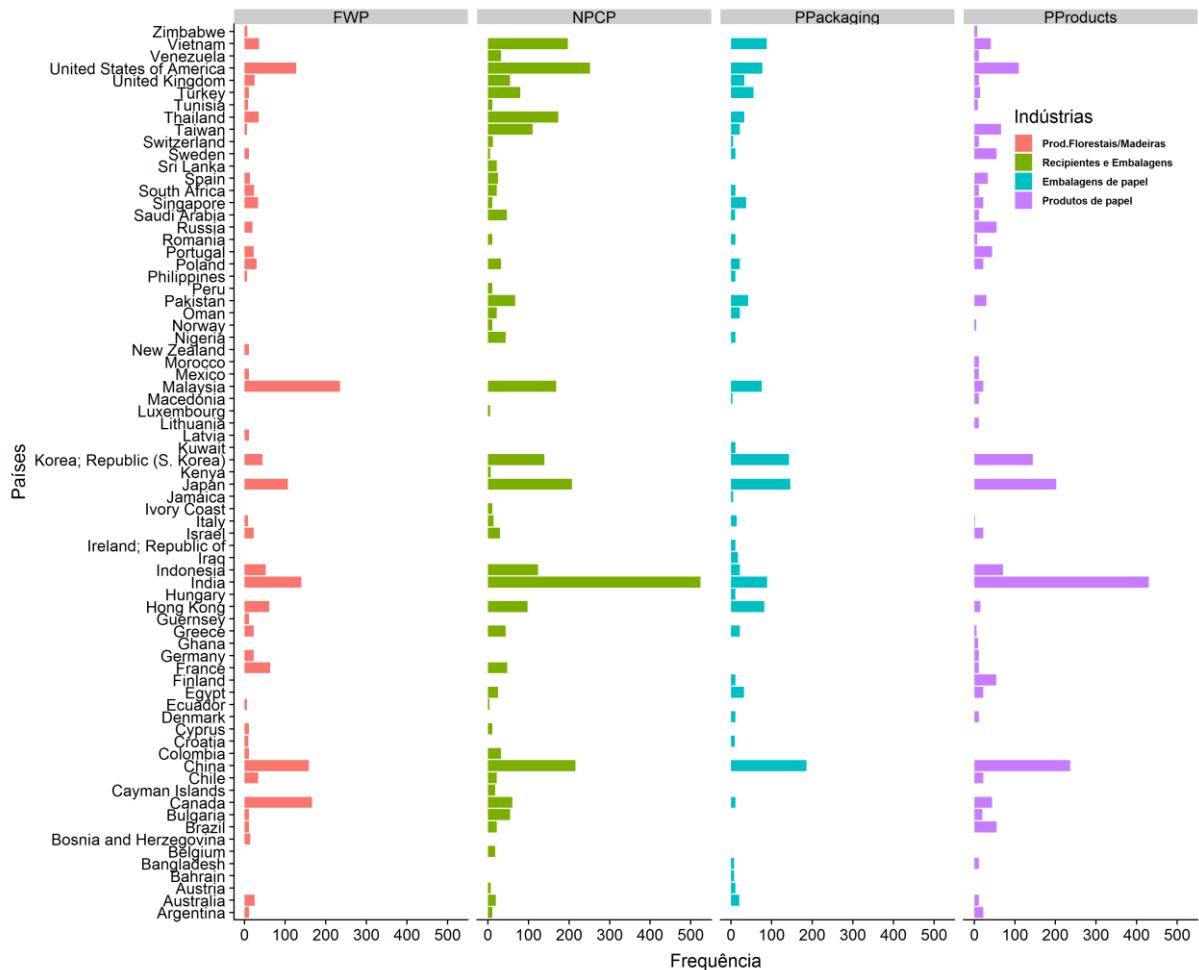


Figura 12 - Quantidade de observações por países e por tipo de indústria  
Fonte: O autor (2021).

De acordo com a Figura 12, a indústria de Produtos Florestais e de Madeira (FWP) tem uma maior concentração de observações nos países: Malásia (233), China (156), Índia (139), Canadá (139), Estados Unidos (112), Japão (107), França (83), Hong Kong (59), entre outros. Na indústria de Recipientes e Embalagens (NPCP), destacam-se as seguintes regiões: Índia (508), Estados Unidos (232), China (216), Japão (207), Vietnã (195), Tailândia (174), Malásia (168), Coreia (139), Indonésia (124), entre outros. Na indústria de Embalagem de papel (*Paper Packaging*), as regiões com maior quantidade de dados foram: China (186), Japão (146), Coréia (143), Índia (89), Vietnã (87), Hong Kong (82), Malásia (76), Estados Unidos (71), entre outros. Na indústria de Produtos de papel (*Paper Products*), os países com maior quantidade de dados foram: Índia (420), China (236), Japão (199), Coréia (144), Estados Unidos (109), Indonésia (71), Taiwan (66), Suécia (55),

Rússia (55), Finlândia (54) e demais países que apresentaram menor frequência de dados.

A Figura 13 destaca o número de países e de empresas a que cada subárea corresponde dentro da silvicultura, nos anos de 2009 e 2019.

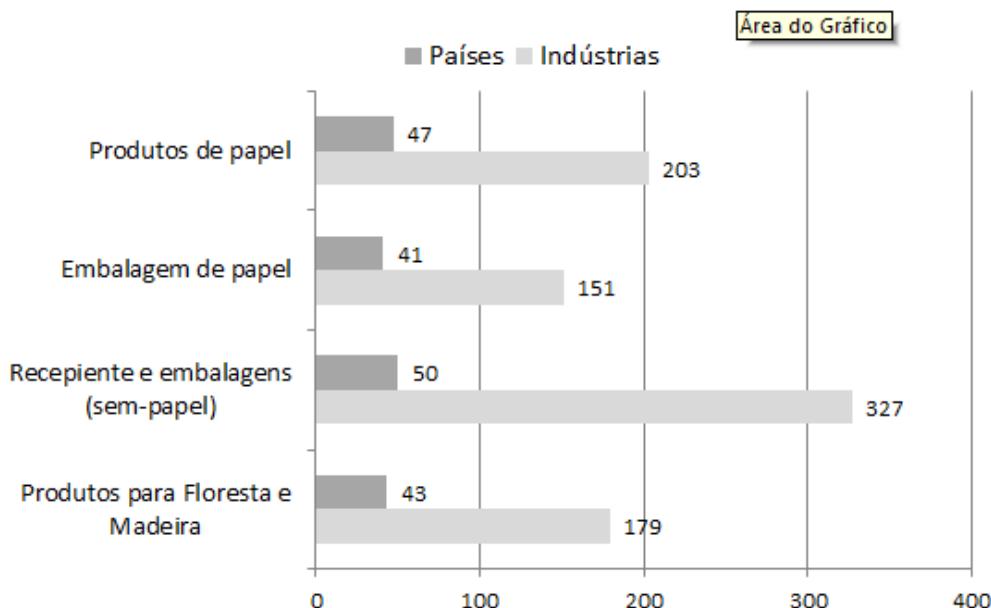


Figura 13 - Quantidade de empresas e de países por subáreas dentro da Silvicultura – período 2009 a 2019  
Fonte: O autor (2021).

O setor da silvicultura é representado, no período de 2009 a 2019, por 04 (quatro) subáreas, destacadas na Figura 13: 1) Produtos de Papel, com 2.233 observações, 47 países e 203 indústrias; b) Embalagens de papel, com 1.661 observações, envolvendo 41 países e 151 indústrias; c) Floresta e Produtos de Madeira, com 1.969 observações, envolvendo 43 países e 179 indústrias; e d) Recipientes e Embalagens (sem papel), com 3.597 observações, englobando 50 países e 327 indústrias. Todos os setores somados totalizam 1.038 indústrias.

### 3.2 Resultados Econômicos do Setor

A Figura 14 destaca o mapa do setor, por país, com relação à variável receita total, expressa em dólares americanos, em referência aos dados de 2019. Importante destacar que não obstante a quantidade de empresas observadas serem

superiores em determinados países, não impactaram diretamente em termos de valor, ao se analisar a atual figura.

A seguir, foram descritas apenas as 15 maiores classificações por país. Nota-se que, apesar de a Índia ter obtido maior número de empresas, o país classificou-se em 10<sup>a</sup> posição em termos de receita, com 11.077.785.053,87 (US\$), enquanto que os USA se destacaram com a 1<sup>a</sup> classificação, na ordem de 153.921.550.470 (US\$), representado por 54 empresas. Na segunda classificação, surge o Japão, com receita de 74.213.512.955,12(US\$), envolvendo 64 indústrias. Na terceira classificação, com receita de 52.624.466.819,68 (US\$), está a China, envolvendo 85 empresas, que, ao acrescentar as províncias de Hong Kong e Taiwan, ultrapassa o Japão, atingindo 77 bilhões de dólares de receita proveniente de 99 empresas. Em 4<sup>º</sup> lugar está a Finlândia, que, com apenas 6 empresas obtiveram uma movimentação de entrada de recursos considerável de 32 bilhões de dólares, diferentemente dos países anteriores.

O Canadá e o Reino Unido, com 24 e 12 empresas, respectivamente, obtiveram 31,6 e 28,4 bilhões de dólares em faturamento. O Brasil, envolvendo 6 indústrias alcançou 15.954.611.697,75 (US\$). Os demais países, com receita até 15 bilhões (US\$) e 6,5 bilhões (US\$) aproximadamente, ficam, respectivamente, classificados: Coréia do Sul, Hong Kong, Índia, Irlanda, Austrália, Taiwan, África do Sul, Suécia, Venezuela, Portugal, Indonésia, Luxemburgo, Chile. No Apêndice 1 encontram-se estes e os demais países com receitas inferiores as citadas.

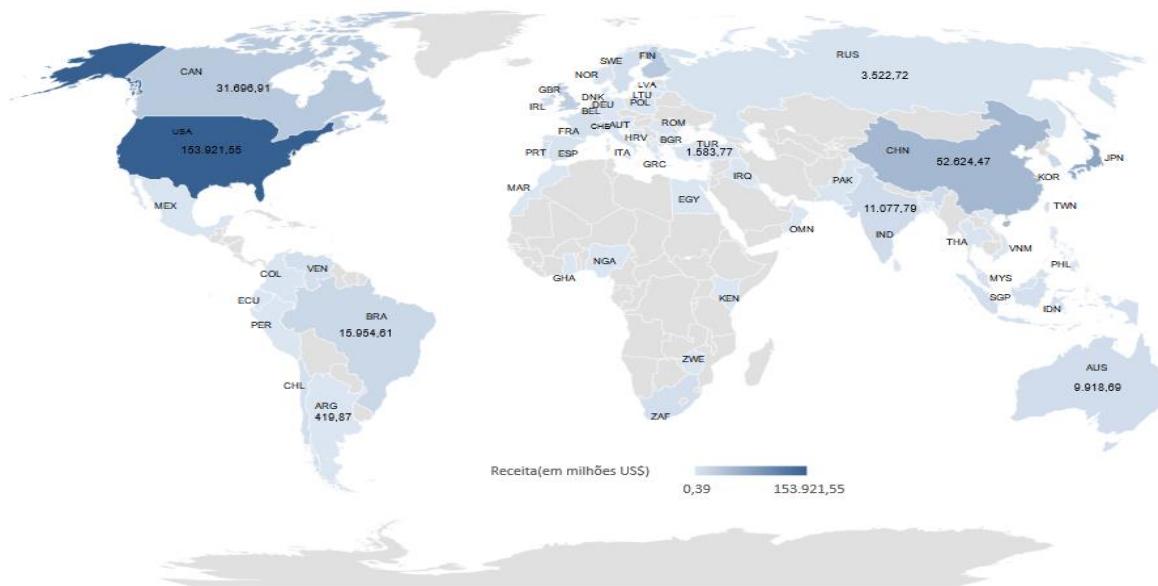


Figura 14 - Receita Total por país no setor de Silvicultura em 2019  
Fonte: O autor (2021).

De acordo com a Tabela 7, a primeira variável econômica em análise, receita total, revelou média maior de vendas do setor de silvicultura em 2019 (US\$668.333.412); contudo, por apresentar grande variabilidade dos dados, evidenciada pelo desvio-padrão e variância, recomenda-se observar o resultado da mediana, sendo destaque o ano de 2011, atingindo a maior mediana em US\$ 102.789.413,20. A presença de *outliers* também pode ser sentida fortemente pela assimetria positiva dos dados e com o resultado da curtose pode se dizer que a distribuição é leptocúrtica. Os menores resultados de vendas foram observados nos anos de 2009, 2015 e 2016.

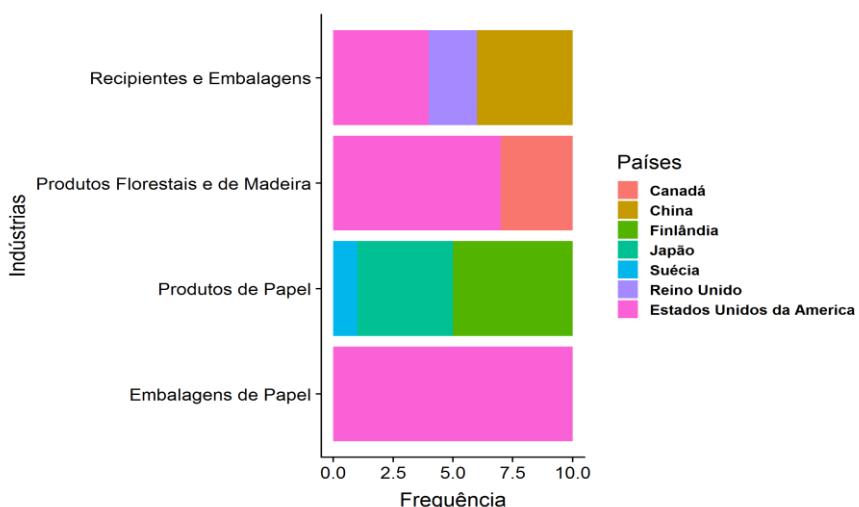


Figura 15 - 10 maiores valores de receita (US\$) por subárea da silvicultura.

Fonte: O autor (2021).

Observa-se na Figura 15, que, no setor de Embalagens de papel, os Estados Unidos tiveram as 10 primeiras colocações em termos de receita; no setor de Produtos Florestais e de Madeira, sete indústrias são dos Estados Unidos e três do Canadá. No setor de Recipientes e embalagens, três são firmas dos Estados Unidos; três do Reino Unido; e quatro da China. No setor de Produtos de papel, houve destaque para uma indústria da Suécia; quatro do Japão; e cinco da Finlândia. Com essa análise, foi possível notar que os Estados Unidos têm desenvolvido grande variabilidade de produtos em diversos setores, atingido um valor de vendas superior, em boa parte das subáreas, com exceção para o setor de Produtos de papel, no qual outros países se destacaram em termos de faturamento. A China também tem se destacado em vários setores, mas, em termos de valores, o setor de Recipientes e Embalagens alcançou maiores resultados.

A produção foi parametrizada no setor pelas despesas operacionais totais, por país, em 2019, e correspondem à movimentação da atividade fim pelos quais as indústrias foram criadas, por isso representam a maior composição de despesas dentro das demais rubricas no meio contábil, como se demonstra na Figura 16.

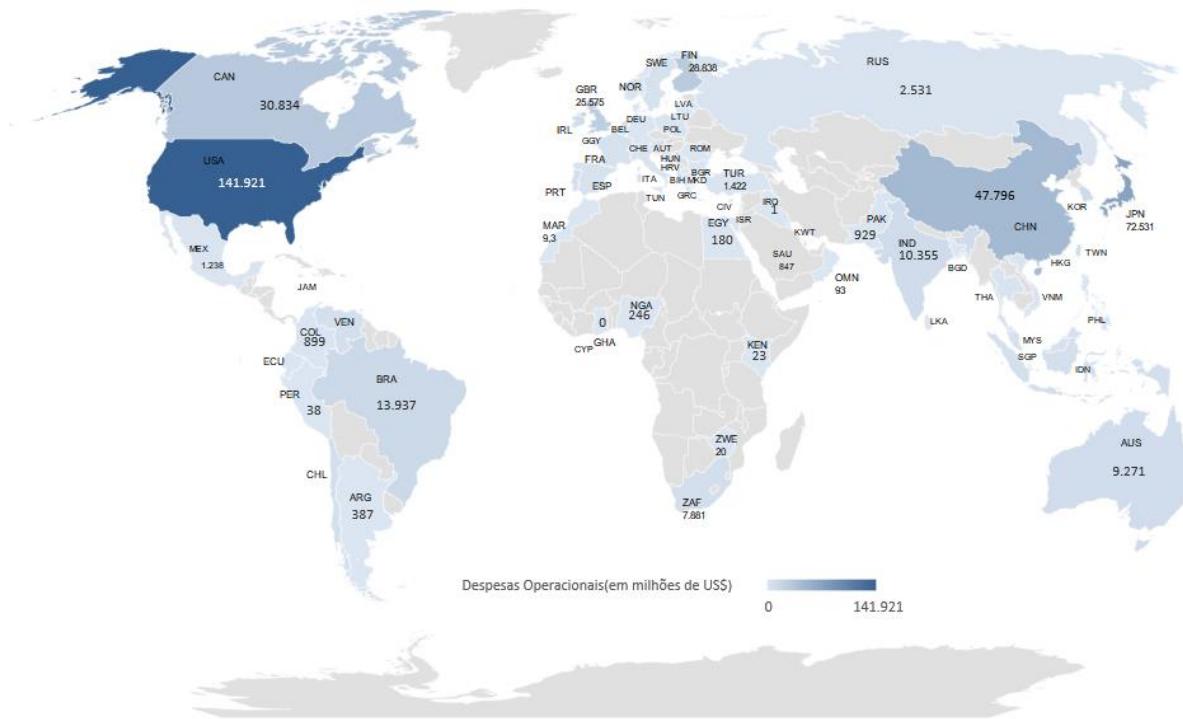


Figura 16 - Despesas Operacionais Totais por País na Silvicultura em 2019  
Fonte: O autor (2021).

A Tabela 8 demonstra os países com maiores despesas no ano de 2019, sendo, que os quatro maiores são Estados Unidos, Japão, China e Canadá. Nota-se que a Finlândia e o Brasil concentram sua movimentação em apenas seis empresas e consequem estar entre as 10 primeiras em termos de despesas.

Tabela 8 - Despesas operacionais(DOT) x nº de empresas(N) por país em 2019

Ordem	Países	DOT (US\$)	N	Ordem	Países	DOT (US\$)	N
1	Estados Unidos	141.921.273.040	57	11	Australia	9.271.376.075	8
2	Japão	72.531.484.993	64	12	Irlanda	9.170.907.786	1
3	China	47.796.450.259	81	13	Taiwan	9.040.856.364	17
4	Canada	30.833.639.511	27	14	África do Sul	7.881.370.134	7
5	Finlândia	28.837.839.384	6	15	Portugal	6.541.911.367	6
6	Reino Unido	25.575.236.990	12	16	Luxemburgo	6.431.000.000	1
7	Brasil	13.936.517.419	6	17	Chile	6.246.305.653	6
8	Hong Kong	13.481.889.221	26	18	Venezuela	6.215.398.070	4
9	Coréia do Sul	12.093.812.845	39	19	Indonésia	6.158.047.752	28
10	Índia	10.354.805.396	124	20	Malásia	4.684.403.541	47

Fonte: O autor (2021).

Em termos quantitativos, a Índia superou com 124 empresas e ficou classificada em 10º lugar em termos de despesas, atingindo os 10 bilhões de dólares no ano de 2019. Os demais países que tiveram gastos entre 9,2 e 4,6 bilhões de dólares foram, respectivamente, Australia, Irlanda (1 empresa apenas), Taiwan, África do Sul, Portugal, Luxemburgo (1 empresa apenas), Chile, Venezuela, Indonésia e Malásia (esta com 47 empresas destacadas).

Tais despesas são responsáveis pela geração de receita das operações na área de silvicultura, portanto, constata-se na maior parte das variáveis a coerência de maior despesa operacional no período de maior receita gerada no setor. Ressalta-se a presença dos *outliers* pelo alto desvio-padrão e variância, bem como pela assimetria positiva e curtose que apresentou uma distribuição leptocúrtica. O período de 2009 a 2019 correspondeu a 8.332 observações das despesas operacionais do setor.

### **3.3 Resultados Ambientais do Setor**

Sobre a variável ambiental apresentada na Figura 17, apenas 83 empresas, distribuídas por 23 países, disponibilizaram dados sobre emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Por ordem de classificação dos maiores emissores, destacam-se os Estados Unidos, com 52.517.285 toneladas, envolvendo 25 empresas do setor de silvicultura. A 2ª classificação foi Hong Kong, com 18.119.196 toneladas emitidas por duas empresas. O Japão, com 17.383.000 toneladas, referentes a três empresas. Em terceira classificação, surge a Finlândia, que apresentou 10.620.882 toneladas, envolvendo quatro empresas. Os demais países ficaram abaixo das 10 milhões de emissões, sendo, respectivamente, classificados: Reino Unido, África do Sul, Suécia, Luxemburgo, Canadá, Indonésia, Irlanda, Chile, Brasil, Suíça, Turquia, Austrália, Portugal, Espanha e demais inferiores.

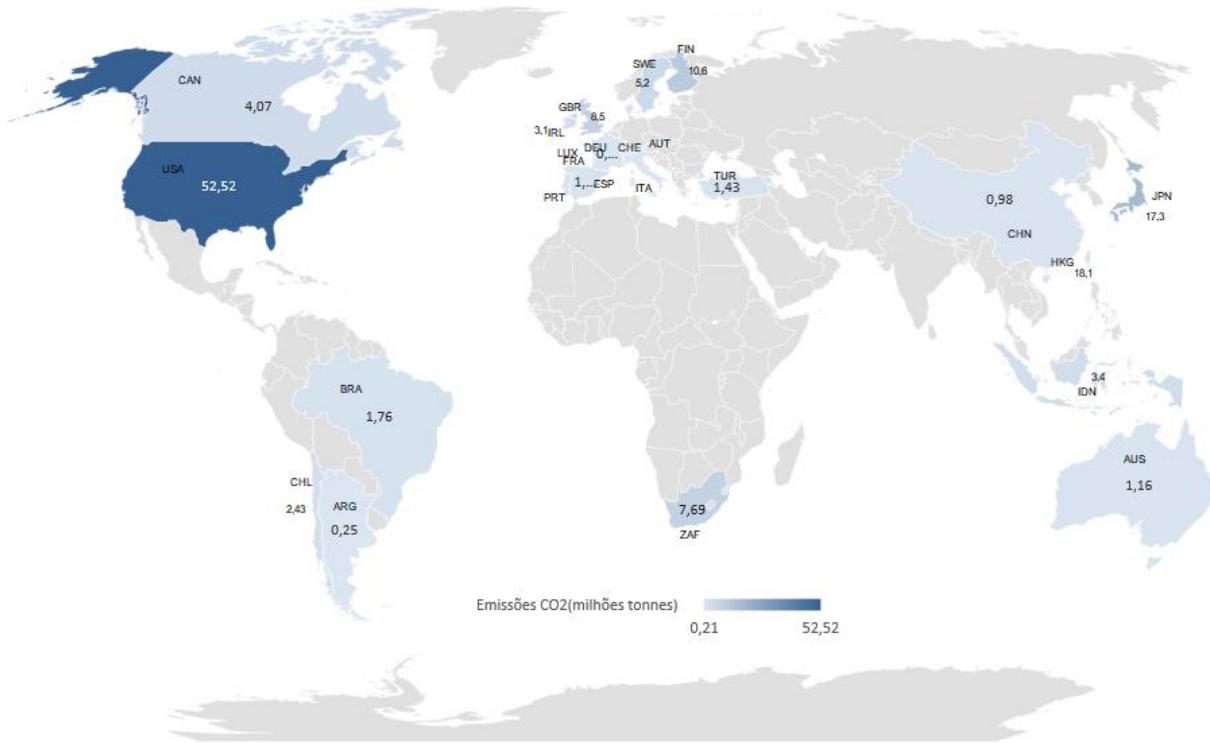


Figura 17 - Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) equivalentes emitidos pelas empresas do setor de silvicultura em 2019

Fonte: O autor (2021).

Ao se analisar a Tabela 7, referente ao período de 2009 a 2019, constata-se que o número de observações referente à emissão de CO<sub>2</sub> atingiu apenas 572 observações, sendo necessário olhar com certa limitação os dados da pesquisa. Os dados revelam maior emissão de CO<sub>2</sub> ou equivalentes no ano de 2010, pela mediana (1.306.708 toneladas). Também se pôde constatar a presença de grande variabilidade nos dados, pela assimetria positiva e distribuição predominantemente leptocúrtica, a qual, apenas no ano de 2016, tornou-se platicúrtica, ou seja, a distribuição ficou mais achatada e com a medida de curtose menor que a distribuição normal. Observa-se uma diminuição, ao longo dos anos, na emissão de gás carbônico e equivalentes no setor, fato este talvez resultante da cobrança que as firmas sofrem decorrente da preocupação ambiental da sociedade, com o aquecimento global e outros males da degradação do meio ambiente.

A Figura 18, que apresenta menos dados referentes a despesas ambientais por países no setor de silvicultura em 2019, revela uma parcela de 29 empresas que disponibilizaram os próprios dados ambientais. Equivalem a todos os investimentos e despesas ambientais para a proteção ambiental ou para prevenir, reduzir, controlar os aspectos, impactos e perigos ambientais. Também inclui despesas com descarte,

tratamento, saneamento e limpeza. Dentre os países que mais apresentaram os gastos, foi o Japão, no valor de US\$ 577.444.965,80, envolvendo 2 empresas. Em segunda classificação, surge a Finlândia, com US\$ 461.325.839,57, envolvendo 4 indústrias. Os Estados Unidos apresentaram apenas o resultado envolvendo 8 indústrias de um total pesquisado de 29 empresas, no valor de US\$ 141.200.000,00, reforçando a falta de obrigatoriedade desse tipo de variável. Em quarta classificação na divulgação dos dados, está o Canadá, envolvendo 3 empresas, somando um total de US\$ 122.187.302,26 de gastos com a preocupação ambiental das firmas do setor deste país.

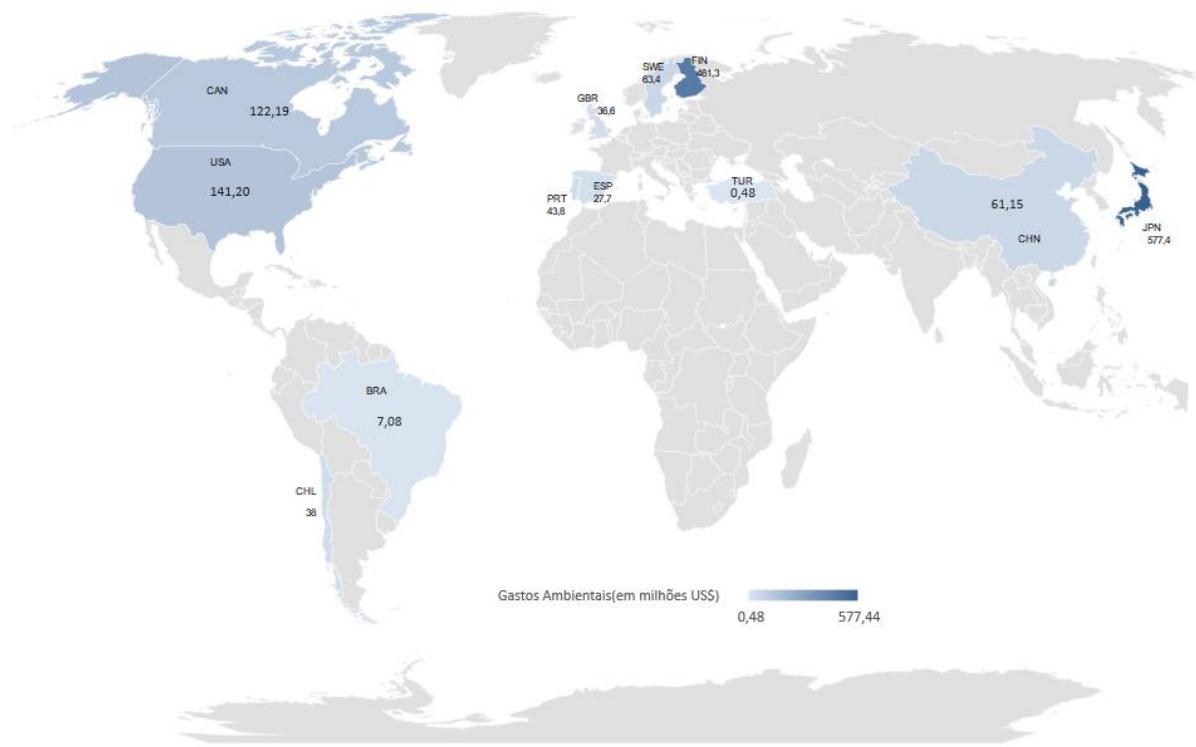


Figura 18 - Despesas Ambientais por País no setor de silvicultura em 2019  
Fonte: O autor (2021).

De acordo com resultados expostos na Tabela 7, a variável de despesas ambientais apresentou, no período todo, apenas 228 observações, evidenciando que o setor, no ano de 2019, teve diminuição significativa de despesas ambientais (mediana de US\$ 16.400.587,00), sendo praticamente quatro vezes menor que no ano de 2009. Tais despesas podem ser preventivas ou corretivas, e se observa uma diminuição significativa no seu comportamento. O alto desvio-padrão e variância apresentados, bem como a assimetria positiva e distribuição platicúrtica destacam a variabilidade dos dados e sua distribuição anormal.

### 3.4 Discussão

A Figura 11 apresentou o número de 860 empresas organizadas por países e demonstrou que os 3 primeiros estão localizados no continente Asiático, sendo representados pela Índia (125), China (85) e Japão (64), totalizando, juntas, 274 empresas. Em 4<sup>a</sup> classificação, surgem os Estados Unidos, com 59 empresas (América do Norte). Em 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> classificações, destacam-se Malásia (47) e Coréia do Sul (45), seguidos pelo Vietnã (40), Indonésia (29) e Canadá (27). Entre a 10<sup>a</sup> e a 13<sup>a</sup> classificação, respectivamente, Hong Kong (26), Tailândia (25), Taiwan (19) e Turquia (16) que, acrescentadas às demais do continente Asiático, somam, até o momento, 521 empresas, apresentando aproximadamente 60,8% do setor da silvicultura, contra 86 (10%) de empresas localizadas no continente da América do Norte.

O crescimento de produção de papel e celulose na Indonésia foi apresentado por Susilawati e Kanowski (2020) e Ferreira et al. (2019), sendo aqui destacado na 8<sup>a</sup> posição entre as 22 maiores no segmento da silvicultura, com maior faturamento, no ano de 2019. Apesar da redução do papel gráfico em virtude da digitalização, outros segmentos foram fortalecidos na área de embalagens, conforme destacado por Berg e Lingqvist (2019), e que podem ser observados nas Figuras 3 e 5, cujo segmento tem sido muito bem explorado na China, Índia e Estados Unidos.

Apesar de os Estados Unidos, Brasil, Canadá e China se destacarem no setor de papel e celulose em termos de produção (IBÁ/SECEX/FAO/POYRY/2016), observa-se que, ao se unir todas as subáreas da silvicultura, os 5 maiores líderes na obtenção de receita são Estados Unidos, Japão, China, Finlândia e Canadá. Sendo assim, em termos de volume de produção e faturamento, os Estados Unidos seguem na liderança. Já, o Brasil, apesar do alto volume de produção, encontra-se em 7<sup>a</sup> posição em termos de faturamento no setor, em 2019.

Pode-se perceber que a liderança dos Estados Unidos vem de longa data. No estudo de Ohanian (1994), cujo objetivo era analisar um banco de dados do setor de papel e celulose entre 1900 e 1940, verificou-se que o país se utilizou, na época, do modelo de custo de transação da integração vertical. Os dados utilizados naquela pesquisa identificaram a integração vertical entre as novas fábricas, em comparação às existentes; o autor também verificou que o modelo se ajusta melhor nos entrantes em razão da resistência institucional de mudanças nas fábricas já existentes, apesar

das evidentes alterações no ambiente do mercado regional. A integração vertical, segundo Ohanian (1994), está relacionada positivamente à concentração regional, a capacidade da fábrica e à produção de produtos padronizados de papel.

A Figura 14 envolveu 73 países que disponibilizaram dados referentes às receitas das empresas, demonstrando que os Estados Unidos, apesar de ter menos quantidade de empresas (54), apresentaram, sozinhos, o maior valor no ano de 2019, na ordem de quase US\$ 154 bilhões, atingindo 27,45% do setor.

O Japão apresentou, nesta variável de receita, 64 empresas ligadas ao setor de silvicultura, obtendo a segunda maior, na ordem de US\$ 74 bilhões, o equivalente a 13,24%, com 14,22% abaixo do primeiro país. A terceira maior em entrada de recursos foi a China, com 85 empresas que alcançaram 52,6 bilhões de dólares, o equivalente a 9,38% do setor, demonstrando a expansão das firmas chinesas na área. A Finlândia ficou em 4<sup>a</sup> colocação, com apenas 6 empresas e um faturamento de 32,4 bilhões de dólares, evidenciando que houve certa especialização e *know how* para solidificarem poucas empresas e constarem entre as maiores. A evolução das empresas finlandesas do setor foi destacada por Hussain e Bernard (2017). Tais autores concluíram que a silvicultura, na Finlândia e Suécia, apresentou níveis de produtividade baixos em 1971, os quais mais recentemente já se destacam e, em alguns casos, ultrapassam empresas do setor localizadas no país líder, Estados Unidos.

O Canadá surge em 5<sup>a</sup> colocação, chegando a 31,7 bilhões de dólares aproximadamente, o equivalente a 5,65%, com 24 empresas relacionadas ao segmento. Em termos de espaço territorial, os Estados Unidos e o Canadá apresentam maiores áreas por km<sup>2</sup>, obtendo maiores possibilidades de cultivar áreas florestais, enquanto que os demais países comentados apresentam menores áreas por km<sup>2</sup>.

Os dados apresentados de faturamento do Canadá podem ser resultado da parceria comercial e compartilhamento tecnológico entre este país e o seu vizinho, Estados Unidos, líder em termos de vendas no setor. Tais informações foram destacadas por Hussain e Bernard (2017), que, em estudo, investigaram a convergência em termos de produtividade em indústrias de papel e celulose, nos Estados Unidos e Canadá, com informações complementares dos países nórdicos (Finlândia e Suécia).

A Figura 16 trata-se das despesas operacionais, utilizadas para gerar receitas; nesse sentido, boa parte dos valores serão relativamente proporcionais aos resultados obtidos com as receitas. Os cinco primeiros países com maiores despesas foram: Estados Unidos, Japão, China, Canadá e Finlândia, obtendo, respectivamente, os resultados: 27,72%, 14,16%, 9,33%, 6,02%; e 5,63%. Sobre o Canadá, Bodganski (2014) já apresentava preocupação sobre a dependência da indústria de papel e celulose deste país, que evoluiu como um centro de produção de papel para alimentar a indústria de jornais dos Estados Unidos. Contudo, o referido autor cita que alterações nos mercados dos Estados Unidos e até mesmo da estruturação do setor de papel e celulose no mundo provocaram mudanças significativas na indústria de silvicultura canadense, que teve que se reinventar para enfrentar os desafios dos dez anos subsequentes à pesquisa.

A Figura 17 aborda o tema sobre emissões de CO<sub>2</sub> por toneladas, porém o número de empresas que disponibilizaram os dados foi bastante reduzido, se comparados aos dados econômicos coletados. Os Estados Unidos que, na receita, tiveram o retorno de 54 empresas, na parte das emissões de CO<sub>2</sub> apenas 24 divulgaram algum dado do assunto, na ordem de 52,5 milhões de toneladas, no ano de 2019, representando, em termos percentuais, 35,6% dos 23 países que divulgaram dados. Hong Kong, que evidenciou dados econômicos de 26 empresas, quanto à emissão de CO<sub>2</sub> foram 2 empresas, que emitiram um total de 18 milhões de toneladas no ano de 2019.

O Japão, que tinha dados econômicos de 64 empresas, reportaram a apenas 3, na ordem de 17 milhões de toneladas (11,8%). Com apenas 4 empresas, a Finlândia emitiu o equivalente a 10,6 milhões de toneladas (7,2%), representando 67% de empresas informadas pelas variáveis econômicas. Importante citar que Kara et al. (2008) evidenciaram, em estudo, que a Finlândia é um país que se aproveitou do protocolo de Kioto para gerar uma mudança ambiental no seu sistema operacional, usando o comércio de emissões de gases de efeito estufa para produção de energia e uso desta na indústria. Segundo os autores, a Finlândia destaca-se na União Europeia por usar cerca de 62% das suas emissões de CO<sub>2</sub> no próprio sistema produtivo, enquanto que a média da União Europeia é de 55%.

Com 5 empresas, o Reino Unido emitiu o equivalente a 8,5 milhões de toneladas (5,8%), representando 45,45% das 11 empresas mencionadas no mapa anterior. A África do Sul apresentou, no relatório de despesas, a quantidade de sete

empresas; destas, três foram informadas e referem-se a 42,85%, do total de empresas do setor do país, alcançando os 7,7 milhões de toneladas. Todas as empresas somadas representam 78% do setor, considerando-se apenas esse número de empresas citadas. As demais empresas que divulgaram são provenientes dos seguintes países: Suécia, Luxemburgo, Canadá, Indonésia, Irlanda, Chile, Brasil, Suíça, Turquia, Austrália, Portugal, Espanha, China, Áustria, França, Argentina e Itália.

A Figura 18 refere-se aos gastos ambientais de apenas 12 países, envolvendo investimentos em proteção e prevenção ambiental. O Japão e a Finlândia apresentaram 2 e 4 empresas, respectivamente, citadas na emissão de CO<sub>2</sub>, e evidenciaram, em termos de despesas ambientais, US\$ 577 milhões e US\$ 461 milhões, representando 37% e 29%; os 2 países totalizando 66% dos gastos ambientais das empresas do setor de silvicultura no ano. Os Estados Unidos e o Canadá apresentaram dados de oito e três empresas, respectivamente, 141 milhões e 122 milhões de dólares. A Suécia, com 2 empresas executou US\$ 63 milhões de gastos ambientais em 2019. A análise de gastos ambientais foi representada por apenas 29 empresas, enquanto que as variáveis econômicas possuíam aproximadamente dados de 839 empresas.

Lehtoranta et al. (2011) realizaram um estudo no setor de papel e celulose, na Finlândia, destacando a simbiose industrial e os parques eco-industriais como conceitos-chave para a ecologia industrial. Tais conceitos têm como objetivo minimizar o uso de materiais e energia considerados ineficientes, como uma ação espontânea dos agentes econômicos, que tendem a produzir efeitos econômicos positivos, mas que podem ser pensados e realizados nas indústrias em função de políticas ambientais pré-concebidas, resultando em um caminho viável para produção sustentável. Por este estudo, observa-se que a Finlândia se ratifica como um país com consciência ambiental, por se destacar em termos de evidenciação de informações neste quesito.

Em razão da importância global com a preocupação ambiental (FORTES et al., 2019), relevante se faz destacar que os órgãos governamentais deveriam solicitar a evidenciação de variáveis ambientais das empresas de forma obrigatória, pois assim como os *stockholders* (acionistas, investidores) se preocupam com o resultado das empresas, os *stakeholders* (sociedade em geral) voltam sua atenção ao impacto dos

recursos naturais no meio ambiente, pois, na falta de recursos naturais e ambientais, muitos biomas deixarão de existir.

## 4 CONCLUSÕES

Além de relevante ao desenvolvimento global, o setor da silvicultura pode ser significativo à manutenção do equilíbrio ambiental, por meio das suas áreas de preservação.

Observou-se, em termos econômicos, um destaque para os Estados Unidos que alcançaram, com menor número de empresas, maior acumulado de receitas no ano de 2019, demonstrando ter participação em todos os setores da silvicultura e com grande capacidade para agregar valor aos seus produtos, a ponto de obterem impactos positivos em relação a diversos países da Ásia e da Europa. Contudo, cumpre observar também a existência de um grande número de empresas do setor no continente asiático, liderado pelo Japão e China, seguidos pela Coréia do Sul, Hong Kong e Índia.

Estados Unidos também evidenciaram ser o maior emissor de gás de efeito estufa. Também em termos ambientais, mesmo com poucos dados disponíveis, o panorama evidenciou destaque para o Japão e para a Finlândia na vanguarda, em termos de divulgação de dados de despesas ambientais voluntariamente divulgadas. Contudo, faz-se uma ressalva que haja maior *disclosure* voluntário (ou obrigatoriedade por parte dos órgãos governamentais) destes dados por todos os países, para que a sociedade tenha clareza das ações de resguardo ambiental das instituições emissoras de gases de efeito estufa no setor.

Apesar das limitações da pesquisa impostas pelas restrições de dados em algumas variáveis, futuras pesquisas podem avançar nesse panorama, por meio de investigações diretas a organizações deste setor, ou a países de destaque na área de papel e celulose. Também, do ponto de vista econômico, além dos indicadores brutos, podem-se investigar índices como liquidez e rentabilidade do setor, parâmetros relevantes principalmente para fornecedores de capital e investidores. Além disso, sugere-se uma análise da eficiência por Análise Envoltória de Dados, visando identificar as empresas mais eficientes do setor no período.

## Acknowledgements

Esse trabalho foi realizado com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

## REFERÊNCIAS

- Backlund, I., Karlsson, L., Mattsson, L., & Bergsten, U. (2014). Biorefinery product potentials using tree biomass as feedstock–A survey on opportunities and threats to the new wood products industry. *Biomass and bioenergy*, 70, 207-216.
- Bajwa, D. S., Pourhashem, G., Ullah, A. H., & Bajwa, S. G. (2019). A concise review of current lignin production, applications, products and their environmental impact. *Industrial Crops and Products*, 139, 111526.
- Berg, P., & Lingqvist, O. (2019). Pulp, paper, and packaging in the next decade: Transformational change. McKinsey, Stockholm, August.
- Biernacka, J., Grzegorzewska, E., & Podobas, I. (2019). The trends in employment and labour productivity in the pulp and paper industry in the selected EU countries. *Forestry and Wood Technology* No 108 Warsaw, 119.
- Blomberg, Jerry; Henriksson, Eva; Lundmark, Robert. (2012) Energy efficiency and policy in Swedish pulp and paper mills: a data envelopment analysis approach. *Energy Policy*, v. 42, p. 569-579.
- Bogdanski, B. E. (2014). The rise and fall of the Canadian pulp and paper sector. *The Forestry Chronicle*, 90(6), 785-793.
- FAO (2015), MMA (2016), IBÁ (2016), compilado por STCP. Área com Floresta Nativa e Plantada Brasil. Disponível em <http://www.remade.com.br/bancos-dados/149/silvicultura/area-com-floresta-nativa-e-plantada-brasil>. Acessado em 09 de janeiro de 2019.
- FAO. Dados sobre Distribuição dos Países com Maior Área Florestal – 2015. Disponível em <http://www.remade.com.br/bancos-dados/150/silvicultura/distribuicao-dos-paises-com-maior-area-florestal---2015>. Acessado em 02 de fevereiro de 2019.
- Ferreira, I. D. A., de Castro Fraga, M., Godina, R., Souto Barreiros, M., & Carvalho, H. (2019). A Proposed Index of the Implementation and Maturity of Circular

- Economy Practices—The Case of the Pulp and Paper Industries of Portugal and Spain. *Sustainability*, 11(6), 1722. <https://doi.org/10.3390/su11061722>.
- Fleiter, Tobias et al. (2012) Energy efficiency in the German pulp and paper industry—A model-based assessment of saving potentials. *Energy*, v. 40, n. 1, p. 84-99.
- Fortes, P., Simoes, S. G., Gouveia, J. P., & Seixas, J. (2019). Electricity, the silver bullet for the deep decarbonisation of the energy system? Cost-effectiveness analysis for Portugal. *Applied Energy*, 237, 292-303.
- Haggith, M., Kinsella, S., Baffoni, S., Anderson, P., Ford, J., Leithe, R., ... & Tinhout, B. (2018). The State of the Global Paper Industry 2018.
- Hengst-Ehrhart, Y., & Schraml, U. (2020). Bac8k to the Forest's future: Guiding principles of German forest stakeholders and their impact on the forestry sector. *Land Use Policy*, 94, 104496. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104496>.
- Hussain, J., & Bernard, J. T. (2017). Regional productivity convergence: An analysis of the pulp and paper industries in US, Canada, Finland, and Sweden. *Journal of Forest Economics*, 28, 49-62.
- Kara, M., Syri, S., Lehtilä, A., Helynen, S., Kekkonen, V., Ruska, M., & Forsström, J. (2008). The impacts of EU CO<sub>2</sub> emissions trading on electricity markets and electricity consumers in Finland. *Energy Economics*, 30(2), 193-211.
- Lehtoranta, S., Nissinen, A., Mattila, T., & Melanen, M. (2011). Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production. *Journal of Cleaner Production*, 19(16), 1865-1875.
- Mendes, A., & Macqueen, D. (2006). Raising forest revenues and employment: unlocking the potential of small and medium forest enterprises in Guyana: Discussion Paper (No. 12). IIED.
- Morgan FJ, Daigneault AJ (2015) Estimating Impacts of Climate Change Policy on Land Use: An Agent-Based Modelling Approach. *PLoS ONE* 10(5): e0127317. doi:10.1371/journal.pone.0127317
- Ohanian, N. K. (1994). Vertical integration in the US pulp and paper industry, 1900-1940. *The Review of Economics and Statistics*, 202-207.
- Sueyoshi, T., & Goto, M. (2019). DEA Non-Radial Approach for Resource Allocation and Energy Usage to Enhance Corporate Sustainability in Japanese Manufacturing Industries. *Energies*, 12(9), 1785.
- Susilawati, D., & Kanowski, P. (2020). Cleaner production in the Indonesian pulp and paper sector: Improving sustainability and legality compliance in the value chain. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119259. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119259>

Wang, Yutao et al.(2011) Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of Shandong Province's pulp and paper industry, China. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 4, p. 303-310.

Zuoza, A., & Pilinkienė, V. (2019). Energy consumption, capital expenditures, R&D cost and company profitability: evidence from paper and allied industry. *Energetika*, 65(4).

## CAPÍTULO 3

### “Ecoeficiência na Silvicultura: uma Análise na Perspectiva DEA”

Neste terceiro capítulo, foi realizada a investigação da ecoeficiência das empresas que atuam no setor da silvicultura, obtendo 567 dados das firmas de capital aberto disponíveis na plataforma Thomson Reuters de 2009 a 2019. O método Análise Envoltoria de Dados foi utilizado com três modelos propostos: econômico com output desejável, ambiental com variável indesejável e modelo de ecoeficiência com variáveis desejáveis e indesejáveis. Os resultados apontam que apesar dos anos de 2009-2010 e 2016-2017 serem mais favoráveis à eficiência técnica, a eficiência ecológica foi superior de 2010-2012, com queda acentuada posteriormente; já a maior média de ecoeficiência foi atingida em 2013, apresentando queda desde então no setor. No período de 11 anos analisados, destacam-se como países mais ecoeficientes Portugal, Canadá, Reino Unido, Austrália, África do Sul e Espanha, respectivamente.

Medindo Ecoeficiência em Empresas do Setor da Silvicultura: uma Análise na  
Perspectiva DEA

Robert Armando Espejo<sup>3</sup>, Autor 2<sup>4</sup>, Autor 3<sup>5</sup>, Autor 4<sup>6</sup>,

RESUMO

O objetivo do presente artigo foi investigar a ecoeficiência das empresas que atuam no setor da silvicultura, obtendo 567 dados das firmas de capital aberto disponíveis na plataforma Thomson Reuters de 2009 a 2019. O método Análise Envoltoria de Dados foi utilizado com três modelos propostos: econômico com output desejável, ambiental com variável indesejável e modelo de ecoeficiência com variáveis desejáveis e indesejáveis. Os resultados apontam que apesar dos períodos de 2009-2010 e 2016-2017 serem mais favoráveis à eficiência técnica, a eficiência ecológica foi superior de 2010-2012, com queda acentuada posteriormente; já a maior média de ecoeficiência foi atingida em 2013, apresentando queda desde então no setor. No período de 11 anos analisados, destacam-se como países mais ecoeficientes Portugal, Canadá, Reino Unido, Austrália, África do Sul e Espanha, respectivamente. Importante ressaltar que Austrália, Canadá e Reino Unido foram os países que apresentaram empresas com eficiência nos três modelos: técnica, ecológica e ecoeficiência. Conclui-se pela *proxy* utilizada para analisar ecoeficiência que ao longo do tempo as empresas em média melhoraram sua performance ambiental, e há evidências que protocolos internacionais como de Kyoto influenciaram o resultado. Contudo, ainda carece de investimentos em tecnologias e políticas públicas restritivas no sentido de tornar as firmas menos poluentes, em busca de melhores indicadores de ecoeficiência.

**Termo-chave:** Ecoeficiencia, Eficiencia Ecológica, Eficiência Técnica, Firmas, Papel e Celulose.

---

<sup>3</sup> Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)

<sup>4</sup> Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)

<sup>5</sup> Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)

<sup>6</sup> Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável foi substituído por ecoeficiência, atribuindo a todos os agentes produtivos sua responsabilidade em manter externalidades ambientais dentro dos níveis aceitáveis para o meio ambiente. Neste contexto não há *trade-off* entre economia e ecologia, deve ser um denominador comum denominado ecoeficiência (Frischknecht, 2010). No agronegócio, a ecoeficiência foi discutida por Basset-Mens (2009), comparando-se a ecoeficiência entre sistemas de produção de leite convencional e orgânico. Iribarren (2011), ainda na vertente do agronegócio, tiveram como objetivo de pesquisa realizar a avaliação de ecoeficiência de um grande número de fazendas leiteiras.

Para as firmas, de forma geral, há a necessidade de formular indicadores que permitam medir o desempenho econômico com soluções para produção de bens e serviços com menos energia, recursos, resíduos e emissões (Luptacik, 2000). Um dos principais setores produtivos que apresenta crescimento exponencial no mundo é a silvicultura, principalmente, o sub-setor da produção de papel e celulose com alta expansão e significativa fonte de exportação de diversos países (Susilawati, 2020), e que necessita de indicadores para avaliar sua performance econômica e ambiental. O setor da silvicultura, devido ao seu potencial de crescimento de receita se comparado a outras atividades (Morgan, 2015), também deve se voltar a aplicar mecanismos mais inteligentes para criação de valor com o uso de tecnologias que minimizem o prejuízo ambiental (Haggith, 2018), buscando a ecoeficiência.

Apesar de pesquisas fazerem menção à ecoeficiência no setor da silvicultura em casos específicos (a exemplo do estudo croata de Sporcic (2009)), de acordo com Luptacik (2000) o principal desafio é como definir e medir a “ecoeficiência” com microdados das firmas e fornecer indicadores para tomada de decisão para os empreendedores e para a política econômica. O mesmo autor ainda destaca outro problema que é a falta de avaliações como preços de mercado para os resíduos e emissões (ou o indesejável resultado como subprodutos de muitos processos de produção).

Koskela (2015) destaca que, apesar de a integração entre desempenho ambiental e econômico estar subjacente à definição de ecoeficiência, não há um consenso a respeito da definição operacional deste conceito. O autor analisou indústrias do ramo da silvicultura na Finlândia, usando a técnica de painel Delphi, e

indicadores de ecoeficiência foram determinados com base em avaliação de especialistas. Como agenda de pesquisa, nesse mesmo estudo, consta a importância de comparação de empresas do ramo, não somente finlandesas, mas também outras empresas ao redor do mundo, usando dados públicos.

Com o desafio de medir a gestão das externalidades econômicas e ambientais das firmas, foi utilizada a abordagem proposta por Charnes-Cooper-Rhodes (1978) para avaliar eficiência técnica relativa das unidades de tomada de decisão (DMUs), pois esta abordagem chamada de Análise Envoltória de Dados (DEA) tornou-se um dos métodos exaustivamente utilizados para a medição de eficiência. Sendo assim, o objetivo do presente artigo foi investigar a ecoeficiência das empresas que atuam no setor da silvicultura, obtendo 567 dados das firmas de capital aberto disponíveis na plataforma Thomson Reuters de 2009 a 2019.

O artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2, a extensão do modelo básico do modelo DEA quando algumas saídas são indesejáveis, foi apresentado. Na Seção 3, a metodologia proposta é aplicada para avaliar a ecoeficiência das empresas do setor de silvicultura. A última Seção 4 termina resumindo brevemente os resultados e discutindo os tópicos para uma nova pesquisa.

## 2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

O modelo DEA define inputs e outputs para estimar a fronteira de eficiência, e nas pesquisas que utilizam o DEA como metodologia, há diversas variáveis empregadas na análise de ecoeficiência, eficiência ambiental e econômica (a exemplo de Dyckhoff (2001), Kuosmanen, 2005); Gutierrez (2009); Iribarren (2011); Oggioni (2011); Picazo-Tadeo (2011); Gomez-Limon (2012); Picazo-Tadeo (2012); Huang (2014); Yin (2014); Lorenzo-Toja (2015)).

Dyckhoff (2001) destacam que a modelagem DEA para eficiência ambiental ou modelos ecológicos deve assumir não somente que entradas e saídas são boas ou desejáveis, mas também as indesejáveis devem ser consideradas, como por exemplo, a emissão de CO<sub>2</sub>, que foi empregada como uma das variáveis ambientais do estudo de Kuosmanen (2005), na Finlândia.

Gutierrez (2009) usaram como variável de entrada os impactos ambientais e como saída, preço de varejo; Iribarren (2011) empregaram como inputs Diesel, Eletricidade, Água, Silagem de plástico, Silagem de milho, Concentrado, Silagem de grama, Alfafa e, como output a quantidade de produto produzido. A relação entre mão de obra, capacidade instalada, energia e materiais (inputs) e CO<sub>2</sub> e quantidade de produção (outputs) foi estudada por Oggioni (2011). A relação entre sementes, nitrogênio, fósforo, pesticidas, energia (inputs) e vendas, subsídios associados, pagamento agroambientais, valores de eficiência (outputs) foi tema do estudo de Picazo-Tadeo (2011). Já a relação entre energia consumida; fertilizantes, pesticidas, mão de obra, energia, terras fixas (inputs) e energia fixada e exportada pela produção colhida e produção agrícola (outputs) foi empregada no estudo de Gomez-Limon (2012).

Picazo-Tadeo (2012) aplicaram o termo ecoeficiência pela relação entre Pressão ambiental (input) e valor adicionado e resultado líquido (outputs). A relação entre poluentes ambientais (input) e valor da produção e Produto Interno Bruto - PIB foi estudado por Huang (2014). Yin (2014) aplicaram, no indicador ecoeficiência, a relação entre consumo de energia, material, água, emissões de gases de feito estufa, danos na camada de ozônio (inputs) e Indicadores de PIB, quantidade de produtos por serviços produzidos, vendas líquidas e valor agregado (outputs). Lorenzo-Toja (2015) aplicaram a relação entre uso de eletricidade, consumo de produtos químicos, produção de lodo (inputs) e kg de sólidos suspensos, água tratada, PO<sub>4</sub> removido (outputs). Por fim, estudo de Hu (2017) empregou o DEA para avaliar ecoeficiência e usaram o valor agregado de produção e a redução de impactos ambientais de forma conjunta.

Segundo Banker (1984), a modelagem matemática utilizada no DEA objetiva analisar a eficiência de realizações de gestão *ex post facto*. Pressupõe-se, para além da eficácia (alcance dos objetivos) e da produtividade (melhor utilização dos recursos para a produção), a eficiência técnica, comparando-se a produtividade apresentada com aquela que poderia ser mais adequada. Tal medida de eficiência pode ser orientada ao insumo/input (visa à sua redução) ou ao produto/output (visa ao seu aumento), considerada uma determinada *Decision Making Unit* (DMU). Para Dellnitz (2018), os mais populares é a denominada CCR (das iniciais de seus criadores Charnes, Cooper e Rhodes) ou CRS (*constant return to scale* – retorno

constante à escala) e a BCC (das iniciais dos criadores, Banker, Charnes e Cooper) ou VRS (*variable returns to scale* – retornos variáveis à escala).

## 2.1 Modelagem DEA

Para elaborar o modelo assumimos -  $n$  DMUs ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) cada uma usando  $m$  entradas ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) e produzindo  $k$  desejável (denotado por  $r = 1, 2, \dots, k$ ) e  $p$  saídas indesejáveis ( $s = 1, 2, \dots, p$ ). Seja  $X_{ij} \geq 0$  a  $i$ -ésima entrada da  $j$ -ésima DMU. Denotamos que  $X \in R^{mxn}$ ,  $Y^g \in R^{kxn}$  and  $Y^b \in R^{pxn}$  matriz que consiste em elementos não negativos, contendo a entrada (input) observada, medidas de saída desejáveis e indesejáveis para as DMUs.

No modelo original (sem saídas indesejáveis) proposto por Charnes - Cooper-Rhodes (1978), a medida de eficiência de uma DMU é definida como uma razão de uma soma ponderada de saídas (desejáveis) para uma soma ponderada de entradas sujeitas às restrições de que as proporções correspondentes para cada DMU são menores ou iguais a um. O modelo escolhe pesos não negativos para as entradas e saídas de um DMU(cujo desempenho está sendo avaliado) de uma forma que seja mais favorável para ele.

Seguindo os modelos tradicionais DEA e as pesquisas aplicadas em eficiência técnica e ecoeficiência de (Luptacik (2000)), (Dyckhoff & Allen, 2001), (Picazo-Tadeo, et al, 2011), (Chen, 2013) e (Hu & Liu, 2017) utilizamos para eficiência técnica o modelo *dual* correspondente, também chamado de modelo de envelope, para elaboração denotamos a DMU avaliada por '0':

$$\max_{\theta, \lambda, s^g, s^-} \theta - \varepsilon \left( \sum S_r^g + \sum S_i^- \right) \quad (1)$$

sujeito a

$$\sum_j \lambda_j y_{rj}^g - s_{r0}^g = y_{r0}^g \quad (r = 1, 2, \dots, k) \quad (2)$$

$$\theta x_{i0} - \sum_j \lambda_j x_{ij} - s_{i0}^- = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$s_r^g \geq 0 \quad (r = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$s_i^- \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

onde  $\lambda$  denota os pesos em DMUs,  $s^-$  é um vetor de folgas (slack) de inputs e  $s^g$  é um vetor de folgas (slack) de output (desejáveis). Uma DMU é eficiente se e somente se as duas condições a seguir forem satisfeitas:

- a)  $\theta^0 = 1$
- b)  $s^{-0} = s^{g0} = 0$  para todo  $i$  e  $r$  onde subscrito "0", denota a solução ótima para o problema (1) - (6).

A variável (escalar)  $\theta_0^0$  nos dá a proporção de todos os inputs da  $DMU_0$  que deve ser suficiente em comparação com as unidades eficientes para atingir os níveis de output. Em outras palavras,  $1 - \theta_0$  dá a redução proporcional necessária de todos os insumos do  $DMU_0$  avaliado para ser eficiente (modelo orientado para insumos). As folgas (slack) diferentes de zero e o valor de  $\theta^0 < 1$  identificam as fontes e os valores de ineficiência em cada input e output da DMU avaliada.

A restrição (3) implica que mesmo após as reduções proporcionais de todos os inputs, os inputs do  $DMU_0$  avaliadas não podem ser menores do que os inputs  $\sum \lambda_j x_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) da unidade composta. Da mesma forma acontece com a restrição (2) os outputs (desejáveis) do  $DMU_0$  não podem ser maiores do que os outputs (desejáveis)  $\sum_j \lambda_j y_{rj}^g$  ( $r = 1, 2, \dots, k$ ) da unidade composta. A  $DMU_0$  será eficiente quando for impossível construir uma unidade composta que supere  $DMU_0$ . Os valores positivos de  $\lambda_j$  fornecem a combinação linear das DMUs na fronteira de eficiência mais próximas do  $DMU_0$  (o grupo de pares para  $DMU_0$ ). Desta forma, o problema (1) - (6) constrói a superfície de envoltória linear por partes.

### 3 MÉTODO DEA PARA ECOEFICIÊNCIA

Para o cálculo da eficiência técnica o objetivo é utilizar o modelo tradicional CCR como definido na literatura por Charnes-Cooper-Roodes (1978) e apresentado nas equações (1)-(6). Porém, para o cálculo da Ecoeficiência devemos incluir resultados (outputs) indesejáveis no modelo, para esse procedimento metodológico vamos utilizar a perspectiva de construção do modelo DEA de Luptacik (2000).

Luptacik (2000) chamou o modelo de eficiência ecológica, que é definida como uma razão de uma soma ponderada de outputs para a soma ponderada de outputs indesejáveis. O modelo assume que simultaneamente levam em consideração os

(desejáveis e indesejáveis) inputs e outputs. Tratamos as emissões de CO<sub>2</sub> como entradas no sentido de que desejamos expandir as saídas desejáveis e reduzir os outputs e inputs indesejáveis.

Essa ideia leva ao seguinte modelo:

$$\max_{u,v,d} h_0 = \frac{\sum_r u_r y_{r0}^g}{\sum_i v_i x_{i0} + \sum_s d_s y_{s0}^b}$$

sujeito a

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}^g}{\sum_i v_i x_{ij} + \sum_s d_s y_{sj}^b} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

$$u_r = \varepsilon \quad (r = 1, 2, \dots, k)$$

$$v_i = \varepsilon \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$d_s = \varepsilon \quad (s = 1, 2, \dots, p)$$

A transformação produz o seguinte problema de multiplicador:

$$\max_{\mu, v, \delta} h_0 = \sum_r \mu_r y_{r0}^g \quad (7)$$

sujeito a

$$\sum_r \mu_r y_{rj}^g - \sum_s \delta_s y_{sj}^b - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

$$\sum_i v_i x_{i0} + \sum_s \delta_s y_{s0}^b = 1 \quad (9)$$

$$\mu_r \geq \varepsilon \quad (r = 1, 2, \dots, k) \quad (10)$$

$$v_i \geq \varepsilon \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (11)$$

$$\delta_s \geq \varepsilon \quad (s = 1, 2, \dots, p) \quad (12)$$

e o seguinte modelo de envelope:

$$\max_{\theta, s^g, s^b, s^-} \theta - \varepsilon \left( \sum_r S_r^g + \sum_s S_s^b + \sum_j S_j^- \right) \quad (13)$$

sujeito a

$$\sum_j \lambda_j y_{rj}^g - s_r^g = y_{r0}^g \quad (r = 1, 2, \dots, k) \quad (14)$$

$$\theta y_{s0}^b - \sum_j \lambda_j y_{sj}^b - s_s^b = 0 \quad (s = 1, 2, \dots, m) \quad (15)$$

$$\theta x - \sum_j \lambda_j x_j - s_i^- = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (16)$$

$$s^g_r \geq 0 \ (r = 1, 2, \dots, k) \quad (17)$$

$$s^b_s \geq 0 \ (s = 1, 2, \dots, p) \quad (18)$$

$$s^-_i \geq 0 \ (i = 1, 2, \dots, m) \quad (19)$$

Neste modelo, a DMU reduz simultaneamente as entradas e as emissões para aumentar a ecoeficiência. Devido à propriedade dos modelos DEA produzirem o melhor resultado possível para cada unidade de tomada de decisão, a ecoeficiência medida pelos modelos (7) - (12) e (13) - (19) não pode ser inferior à ecoeficiência obtido pela composição da eficiência técnica e ecológica, definidas por Luptacik (2000).

No presente artigo foi definida a variável de ecoeficiência como a razão entre receita da firma e emissões de CO<sub>2</sub>. Portanto, observamos a receita, denotado pela variável  $r$ , gerado nos processos de produção por um conjunto de  $k = 1, \dots, K$  de firmas do setor da silvicultura. Além disso, o processo de produção gera um conjunto de  $n = 1, \dots, N$  emissões ambientais prejudiciais, denotadas por  $p = (p_1, \dots, p_n)$ .

Seguindo Kuosmanen (2005) e Picazo-Tadeo (2011), ecoeficiência da firma  $k$  é formalmente definida como:

$$Ecoefficiency_k = \frac{r_k}{P(p_k)} \quad (20)$$

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A Tabela 9 apresenta a estatística das variáveis utilizadas para estimar os modelos. As variáveis de Receita, Ativo e Despesa Operacional estão em US\$. As emissões de CO<sub>2</sub> em toneladas e a Ecoeficiência em US/toneladas<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> (Diferentemente do modelo econômico, cujos dados são de publicação obrigatória pelas empresas de capital aberto, os modelos Ecológico e de Ecoeficiência tiveram poucas observações, pois as empresas do setor de silvicultura não têm obrigatoriedade na publicação deste tipo de informação. Portanto, não há uma padronização para divulgação dos resultados, o que impactou consideravelmente na coleta dos dados, sendo necessária análise relativa das informações aqui registradas. )

Tabela 9 - Dados e Estatística Descritiva das Variáveis

Ano	Variável	Média	Mediana	Desvio_padrão	Assimetria	Curtose	N
2009	Ecoeficiência	4.589	3.232	5.115	2,96	8,82	31
	Ativo	7.046.764.014	5.002.800.000	6.451.966.481	1,37	0,84	
	Despesa Operacional	5.202.619.740	3.344.545.000	4.680.173.271	1,62	2,61	
	CO2	2.129.021	1.123.000	2.748.683	2,33	5,72	
2010	Receita total	5.426.977.362	3.686.061.989	4.887.583.852	1,76	3,51	
	Ecoeficiência	5.085	3.457	5.856	2,97	8,47	36
	Ativo	6.961.327.433	5.040.981.410	6.106.219.620	1,41	1,15	
	Despesa Operacional	5.227.727.280	3.628.430.500	4.539.020.251	2,03	5,31	
2011	CO2	2.196.834	1.241.009	2.835.077	2,51	7,21	
	Receita total	5.659.755.684	4.135.460.500	4.830.162.609	2,00	5,07	
	Ecoeficiência	6.030	4.347	6.724	2,70	7,59	38
	Ativo	7.325.265.262	5.188.010.908	6.538.737.025	1,38	1,12	
2012	Despesa Operacional	5.600.418.150	3.968.050.000	4.808.803.487	1,70	3,45	
	CO2	2.261.480	955.377	3.203.836	2,70	8,70	
	Receita total	5.983.301.823	4.373.566.000	5.104.453.276	1,79	4,01	
	Ecoeficiência	6.276	3.481	7.892	3,03	10,56	44
2013	Ativo	7.497.529.207	5.402.956.220	6.758.786.150	1,54	2,32	
	Despesa Operacional	5.359.477.741	3.820.969.660	4.580.497.414	1,29	1,09	
	CO2	2.223.211	884.104	2.996.797	2,50	7,79	
	Receita total	5.644.852.934	4.203.089.131	4.682.183.415	1,37	1,60	
2014	Ecoeficiência	12.711	3.792	44.548	6,02	36,00	45
	Ativo	7.744.560.638	5.709.913.465	6.587.471.536	1,50	2,25	
	Despesa Operacional	5.452.438.893	4.163.600.000	4.405.793.388	1,46	2,29	
	CO2	2.296.785	1.192.045	2.943.639	2,38	7,23	
2015	Receita total	5.873.832.080	4.682.624.890	4.652.702.179	1,52	2,68	
	Ecoeficiência	11.203	4.218	36.361	6,29	39,79	50
	Ativo	6.788.364.106	4.576.847.855	5.957.377.379	1,44	2,07	
	Despesa Operacional	5.034.293.463	4.008.450.000	4.213.107.949	1,59	3,39	
2016	CO2	2.150.007	1.253.622	2.680.477	2,19	6,13	
	Receita total	5.433.599.944	4.239.800.000	4.464.763.116	1,59	3,43	
	Ecoeficiência	9.646	3.547	33.071	6,41	41,34	52
	Ativo	6.761.413.269	4.424.734.108	6.420.414.247	1,64	2,74	
2017	Despesa Operacional	4.558.431.951	3.588.629.500	3.731.578.562	1,40	2,44	
	CO2	2.151.798	1.025.728	2.627.789	1,97	4,66	
	Receita total	4.986.642.584	3.962.085.500	4.045.107.394	1,41	2,51	
	Ecoeficiência	9.617	2.947	35.136	6,71	45,35	56
2018	Ativo	6.597.347.774	4.159.801.500	6.548.467.414	1,69	3,31	
	Despesa Operacional	4.217.228.437	3.015.317.150	3.642.608.702	1,56	2,70	
	CO2	2.230.071	943.483	2.799.334	1,78	2,97	
	Receita total	4.589.488.238	3.276.985.145	3.833.483.802	1,52	2,70	
2019	Ecoeficiência	9.231	4.218	27.620	6,83	48,00	62
	Ativo	6.367.543.175	4.601.585.000	6.466.004.243	1,90	4,34	
	Despesa Operacional	4.407.838.959	3.323.162.515	3.876.963.484	1,53	2,66	
	CO2	1.884.034	791.091	2.556.956	2,18	5,04	
2018	Receita total	4.855.888.912	3.709.733.697	4.179.392.124	1,54	2,85	
	Ecoeficiência	8.294	3.843	23.048	7,13	53,43	72
	Ativo	6.162.310.113	3.671.050.677	6.536.339.590	1,80	3,64	
	Despesa Operacional	4.283.980.771	3.247.341.791	4.036.247.417	1,54	2,57	
2019	CO2	1.874.716	749.355	2.750.111	2,35	5,56	
	Receita total	4.747.755.007	3.511.186.500	4.428.309.058	1,59	3,05	
	Ecoeficiência	7.877	3.229	22.756	7,10	54,09	81
	Ativo	6.261.036.645	3.594.640.382	7.064.075.003	1,78	3,05	
2019	Despesa Operacional	4.007.005.432	2.566.125.597	3.961.389.964	1,62	3,00	
	CO2	1.819.583	775.338	2.614.736	2,37	5,82	
	Receita total	4.361.863.782	2.859.732.000	4.317.230.290	1,65	3,21	

A base inicial de investigação contou com 567 dados de firmas de capital aberto do setor da silvicultura disponíveis na plataforma Thomson Reuters de 2009 a 2019, que foram adequadas anualmente em virtude dos dados ambientais

disponíveis pelas empresas investigadas. Os dados estão descritos na Tabela 9. O resultado (*output*) desejável é a receita da indústria e as indesejáveis são as emissões de CO<sub>2</sub>. Como *inputs* consideramos a despesa operacional e os ativos totais das firmas.

A correlação dos dados é fator importante para análise envoltória dos dados. A Figura 19 apresenta uma regressão polinomial entre a Receita e as Emissões de CO<sub>2</sub> e a correlação entre Despesa e Receita:

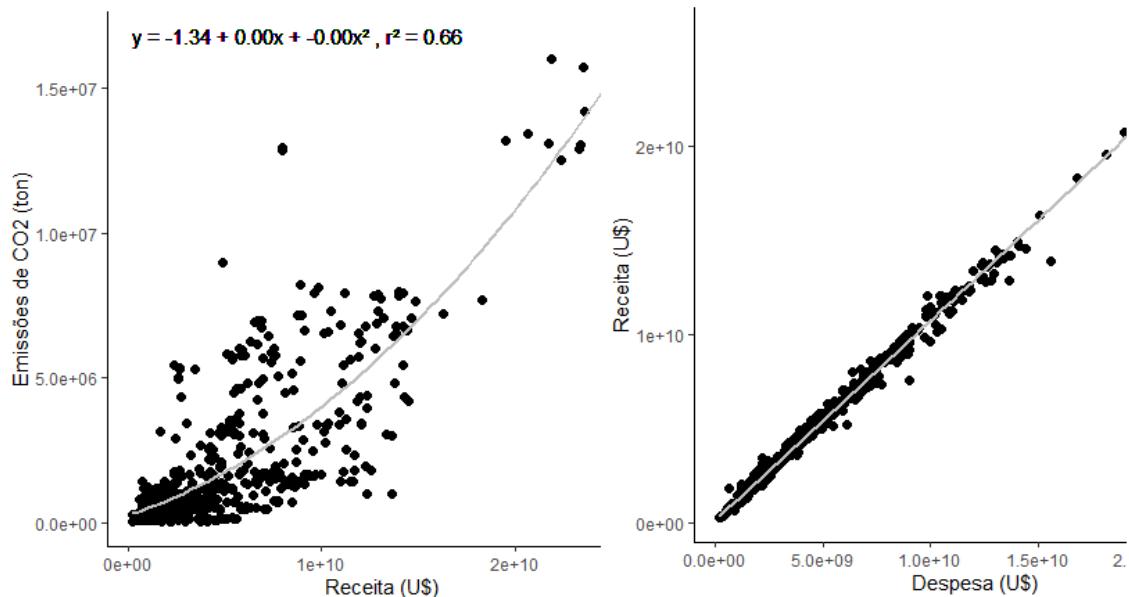


Figura 19 - Regressão Polinomial e Correlação

#### 4.1 Definição dos Modelos

As abordagens na escolha das entradas e saídas dos três modelos especificados foram apoiadas pelos autores Yin (2014), Wang (2015), Augustynczik (2018) e Petrov (2019) (modelo 1, de eficiência técnica ou econômica); Sueyoshi (2011) e Wang (2015) (modelo 2, de eficiência ambiental ou ecológico); e Picazo-Tadeo (2011), Oggioni (2011) e Chen (2017) (modelo de 3, de ecoeficiência).

Modelo 1 - Eficiência Técnica, foi definida uma função:

$$Receita_{it} = f(Ativo_{it} + Despesa_{it})$$

, onde a Receita da firma *i* no tempo *t* é o *output*, e os Ativos e Despesas da firma *i* no tempo *t* são os *inputs* no modelo.

Modelo 2 - Ecológico, emissões de  $CO_{2it}$  como *input* (indesejável) e *output* Receita da firma. Com objetivo de relacionar diretamente um *input* indesejável e seu impacto no resultado da firma  $i$  no tempo  $t$ .

$$Receita_t = CO_{2t}$$

Modelo 3 - Ecoeficiência, conforme equação (20) como *output* é a razão entre Receita e Emissões de  $CO_2$  da firma  $i$  no tempo  $t$ ; e os *inputs* são as Emissões de  $CO_{2it}$  (indesejável) e Receita da firma  $i$  no tempo  $t$ .

$$Ecoeficiencia = CO_{2it} + Receita_{it}$$

Com os modelos definidos, nós estimamos os modelos utilizando a linguagem de programação “*R*”, e especificamente o pacote Benchmarking<sup>8</sup> de Bogetoft (2010).

O DEA fornece uma avaliação relativa de performance (benchmarking), que destaca as firmas líderes no segmento de acordo com as variáveis analisadas e os modelos especificados (modelo de eficiência técnica ou econômico, modelo de ecoeficiência e modelo de eficiência ambiental ou ecológico). Bogetoft (2010) relatam que apesar das críticas de alguns pesquisadores ao uso do DEA para ranqueamento de DMUs, conforme Charnes (1985), pode-se inferir que uma DMU que atinge uma eficiência relativa de 100% deve ser um bom candidato para avaliar outras DMUs, ou seja, tornarem-se "role models". Os procedimentos de avaliação relativa de performance, ou benchmarking, foram realizados de acordo com Charnes (1985) e Lins (2003), realizando o ranqueamento das firmas que serviram de benchmarks (ou padrões de eficiência) para o maior número de empresas do setor.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise Exploratória

A análise inicial aponta que de 2009 a 2012 a ecoeficiência medida pela razão  $r_k/P_{(pk)}$  dada pela equação (20) foi bem baixa. A partir de 2013 a ecoeficiência, em seus valores brutos, aumenta exponencialmente e atinge patamares bem superiores ao início do período investigado.

---

<sup>8</sup> Mais detalhes ver <https://cran.r-project.org/web/packages/Benchmarking/index.html>

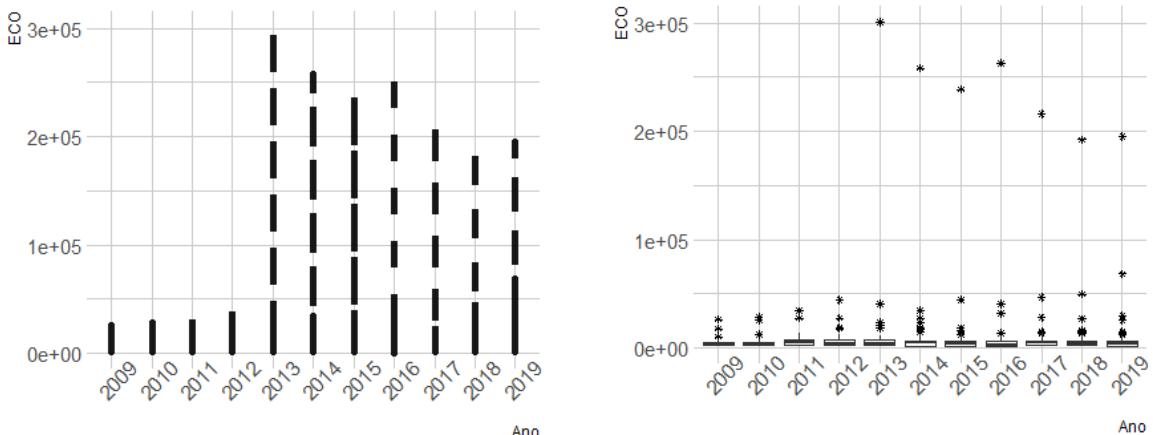


Figura 20 - Evolução e Outliers da Ecoeficiência

No BoxPlot da Figura 20 nós verificamos os *outliers* a partir do ano de 2013, o que sugere que algumas empresas se destacaram na relação entre emissões de CO<sub>2</sub> e receita da firma. Por isso, ao compararmos os dados dos valores brutos com a média do setor apresentada na Tabela 9, observa-se que em 2013 houve a maior média do indicador de ecoeficiência, média esta que decresce nos anos posteriores.

## 5.2 Análise da Ecoeficiência

A Tabela 10 apresenta o resultado da eficiência obtida pelas empresas do setor da silvicultura em cada modelo, no período de 2009 a 2019. No ano de 2019 constatamos que no caso do modelo de eficiência técnica, apresentou-se o menor valor médio em termos de eficiência no período, a quantia de 0,90, um desvio padrão de 0,07 e valor mínimo de 0,59042 de um total de 1(unidade). Coincidentemente, as variáveis analisadas na Tabela 1 apresentaram o menor valor de Receitas e de Despesas no mesmo período. Em 2013, o valor da média foi o maior dentre os períodos, alcançando o valor de 0,9599 de resultado de eficiência.

No ano de 2010, o modelo ecológico apresentou maior média entre os períodos, a quantia de 0,6235, enquanto que a menor foi no último ano, 2019, quando se obteve o valor de 0,37185, apresentando-se, no mesmo período, uma variabilidade dos dados de 0,27815.

Tabela 10 - Resultados dos Modelos Estimados por Ano

Ano	n	Eficiência	Média	Mediana	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
2009	31	1_Técnica	0,92827	0,93731	0,07300	0,73625	1
		2_Ecológica	0,60242	0,55380	0,28464	0,17429	1
		3_Ecoeficiente	0,22938	0,15542	0,26479	0,04775	1
2010	36	1_Técnica	0,95965	0,96788	0,04541	0,80325	1
		2_Ecológica	0,62350	0,56276	0,26861	0,20405	1
		3_Ecoeficiente	0,20534	0,12371	0,25169	0,03313	1
2011	38	1_Técnica	0,94268	0,95067	0,05399	0,74346	1
		2_Ecológica	0,56792	0,46946	0,28714	0,15270	1
		3_Ecoeficiente	0,21483	0,15140	0,25034	0,03353	1
2012	44	1_Técnica	0,93369	0,94767	0,06181	0,76452	1
		2_Ecológica	0,52967	0,44769	0,29938	0,09703	1
		3_Ecoeficiente	0,23182	0,10649	0,29851	0,02301	1
2013	45	1_Técnica	0,95991	0,95900	0,03918	0,85918	1
		2_Ecológica	0,57663	0,51982	0,28021	0,09395	1
		3_Ecoeficiente	0,10956	0,01295	0,28302	0,00296	1
2014	50	1_Técnica	0,94928	0,95151	0,04523	0,82638	1
		2_Ecológica	0,52913	0,45468	0,28118	0,09353	1
		3_Ecoeficiente	0,11430	0,01719	0,27133	0,00195	1
2015	52	1_Técnica	0,94905	0,95641	0,04761	0,81618	1
		2_Ecológica	0,48585	0,42988	0,26977	0,07434	1
		3_Ecoeficiente	0,06436	0,01815	0,19156	0,00218	1
2016	56	1_Técnica	0,95755	0,96316	0,04319	0,78458	1
		2_Ecológica	0,49695	0,45160	0,28664	0,07814	1
		3_Ecoeficiente	0,06152	0,01674	0,18491	0,00206	1
2017	62	1_Técnica	0,93176	0,94371	0,06281	0,77149	1
		2_Ecológica	0,47504	0,43254	0,27794	0,07057	1
		3_Ecoeficiente	0,07968	0,02762	0,18025	0,00407	1
2018	72	1_Técnica	0,91492	0,91913	0,07845	0,51127	1
		2_Ecológica	0,38592	0,33817	0,26161	0,06041	1
		3_Ecoeficiente	0,08668	0,02995	0,17344	0,00320	1
2019	81	1_Técnica	0,90552	0,92121	0,07785	0,59042	1
		2_Ecológica	0,37185	0,31681	0,27815	0,04252	1
		3_Ecoeficiente	0,08997	0,03218	0,17037	0,00318	1

Dentre os modelos até agora descritos, o modelo de ecoeficiência foi o que apresentou menores resultados de eficiência. Conforme registro na Tabela 10, é possível notar que as médias tiveram todos os resultados inferiores a 0,24 com o menor resultado no ano de 2016, a quantia de 0,06152. O ano com maior resultado foi em 2012, chegando a 0,23182.

A Tabela 11 (Anexo) destaca, por ano, os países que tiveram empresas que alcançaram a eficiência técnica (ou econômica) pelo modelo DEA, sendo que os escores de eficiência, relativamente ao total de observações, foram superiores nos anos de 2009 e 2013, respectivamente, 32,26% e 31,11% dentre os períodos analisados.

A Figura 21 evidencia os países que mais vezes conseguiram atingir a eficiência pelo modelo de eficiência técnica no período: Estados Unidos (47), Reino

Unido (19), Canadá (11) e Brasil e Austrália (7). Dos países com maiores áreas florestais do mundo (Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China, respectivamente), segundo a FAO (2015), apenas a Rússia não aparece no mapeamento de eficiência técnica. Além disso, a produção de celulose e de papel tem se destacado como significativa fonte de exportação de diversos países (Susilawati, 2020), podendo ter contribuído para o resultado apresentado pelos Estados Unidos, Reino Unido e Canadá, essencialmente.

Mapa das Eficiencias(2009-2019)

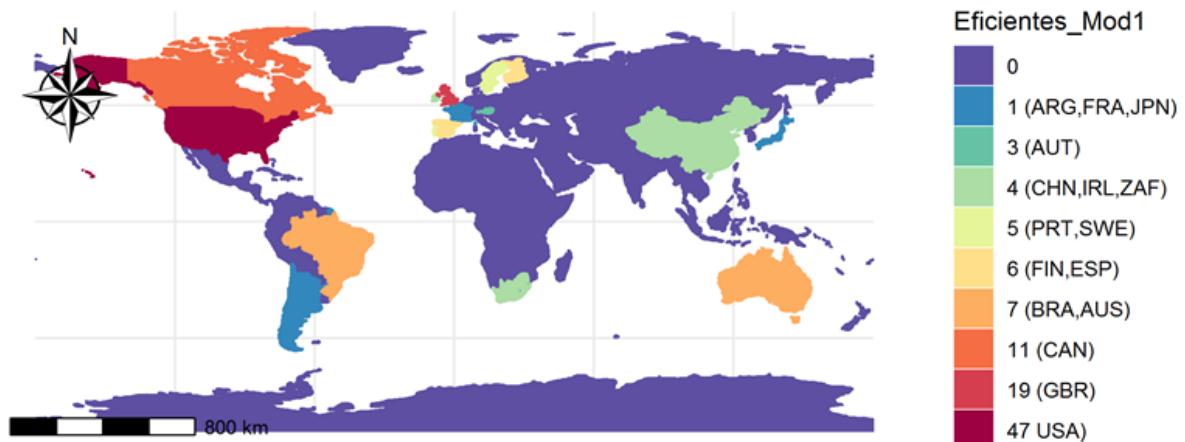


Figura 21 - Eficiência técnica alcançada na silvicultura por região

Economicamente relevante, a silvicultura também é ambientalmente importante, pois a área plantada atua diretamente no sequestro de carbono. A Tabela 12 (Anexo) evidenciou que, ao se comparar as empresas eficientes ecologicamente pelo modelo DEA com relação ao total de observações anuais, o ano de 2010 e 2012 apresentaram respectivamente melhor score de eficiência 16,67% e 15,91%.

A Figura 4 – mostra o mapa dos países com maiores incidências empresariais por ano de eficiência ambiental, no período de 2009 a 2019. Os países que mais vezes conseguiram atingir a eficiência pelo modelo ecológico foram: Estados Unidos (18), Austrália (10), Reino Unido (8) e Canadá (7). À exceção das firmas brasileiras, que não aparecem no mapa de eficiência ecológica, os demais países apontados também figuram no mapeamento de eficiência técnica (Figura 3). Segundo país do mundo em área florestal (FAO, 2015), o Brasil, se comparado a de outros países tradicionais na área, apresenta perspectivas de crescimento na indústria de silvicultura, em razão da existência de terras propícias ao florestamento no país. Dados da Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal – APRE (2021) revelam que a liderança brasileira, em termos de produtividade de plantios florestais,

ocorre, essencialmente, em função das “condições de clima e solo favoráveis à silvicultura, além de investimentos contínuos das empresas do setor em tecnologia e aprimoramento de práticas de manejo florestal”(p.37). Contudo, Valverde (2021) comentam que, apesar disso, “a busca de investidores para inversões em reflorestamento, estimulados por meio de compromissos globais que privilegiem o desenvolvimento sustentável, bem como políticas públicas congruentes com este objetivo” (p.5) é fator essencial e carece de ser foco no país. Tal fator foi evidenciado pela ausência de firmas brasileiras em eficiência ecológica e também em ecoeficiência, conforme pode ser observado na Figura 5.

Apesar de aderentes a preocupações ambientais em função de sua natureza, as empresas do setor silvicultor também são poluidoras, por meio dos resíduos emitidos, energia consumida, proveniente de combustíveis fósseis, consumo de água e emissão de gases de efeito estufa, por exemplo. Desta forma, a eficiência econômica deve estar atrelada à eficiência ambiental, gerando a denominada ecoeficiência das empresas do setor.

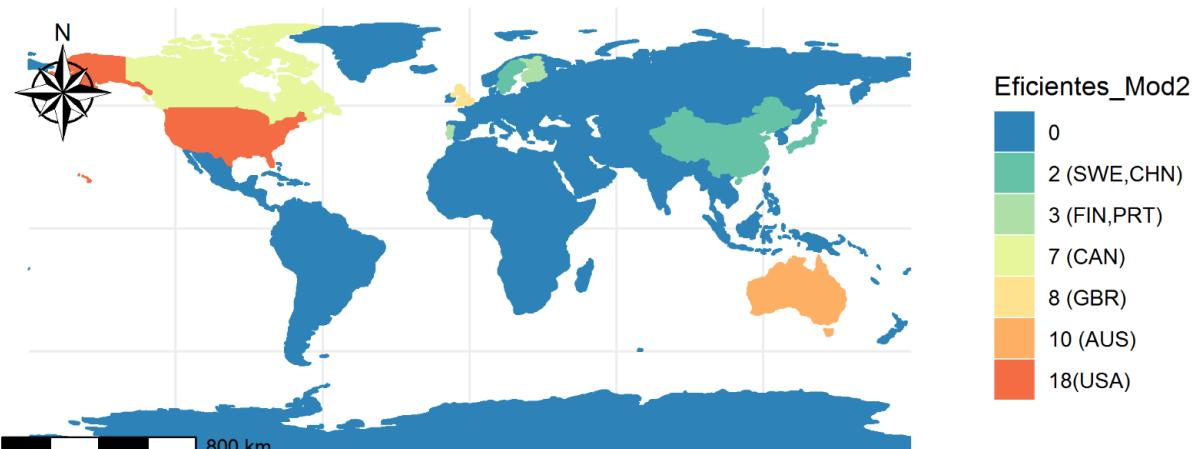


Figura 22 - Eficiência ecológica alcançada por cada região na silvicultura no período de 2009-2019.

Na Tabela 13 (Anexo), ao se comparar as empresas eficientes, utilizando a ecoeficiência pelo modelo DEA, com relação ao total de observações anuais, os anos de 2009 e 2012, respectivamente, apresentaram melhores scores 9,68% e 11,36%. Enquanto o menor resultado em percentagem foi obtido no ano de 2019, atingindo 2,47%, com apenas 2(duas) empresas eficientes, num total de 81 empresas.

Observa-se que dentre os 3 modelos, o de ecoeficiência foi que apresentou menores resultados alcançados de eficiência de empresas nos 11 anos analisados,

tendo ao final apenas 32 organizações que atingiram eficiência, contra 55 e 132, respectivamente, dos modelos de eficiência ecológica e técnica.

A Figura 23 destaca os países que mais vezes conseguiram atingir a eficiência pelo modelo de ecoeficiência, no período de 2009 a 2019: Portugal(10), Canadá(8), Reino Unido(5) e Austrália(4). Portugal, como país mais ecoeficiente da amostra, evidencia que suas empresas do setor não se preocupam somente com a ampliação da receita da indústria da silvicultura, que corresponde a aproximadamente 5% do total da receita cambial do país, cuja produção escoa para mais de 140 países (Ferreira et al., 2019), mas para atingir tal indicador voltam-se igualmente à diminuição de emissão de gás carbônico, fato que proporcionalmente à geração de receita evidencia sua ecoeficiência.

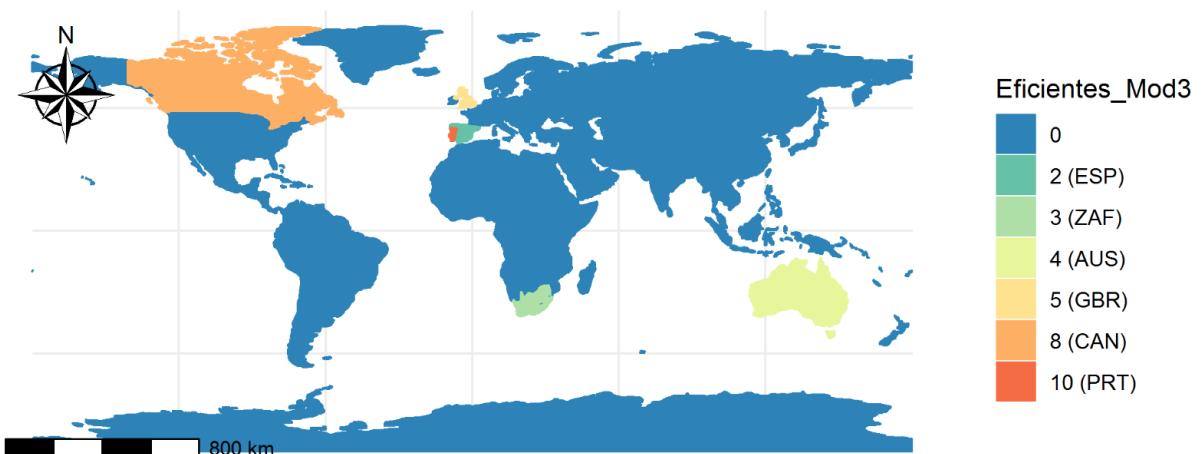


Figura 23 - Ecoeficiência alcançada por cada região na silvicultura(2009-2019)

A Figura 24 evidencia a comparação entre os três modelos de eficiência, em sua média e desvio-padrão. Ao se comparar as eficiências e os períodos, pode-se constatar que as maiores médias observadas pelas empresas do ramo de silvicultura, em termos de eficiência técnica, foram 2010 e 2013; já, com relação à eficiência ambiental, os destaques ficam para os períodos de 2009 e 2010. Em termos de ecoeficiência, os primeiros anos do período em análise também apresentaram melhor média favorável ao setor (2009 a 2012). Tal resultado pode indicar maior preocupação ambiental por parte das empresas do setor, tal como preconizado pelo compromisso firmado entre os diversos países, na convenção de 2002, em Joanesburgo, na África do Sul.

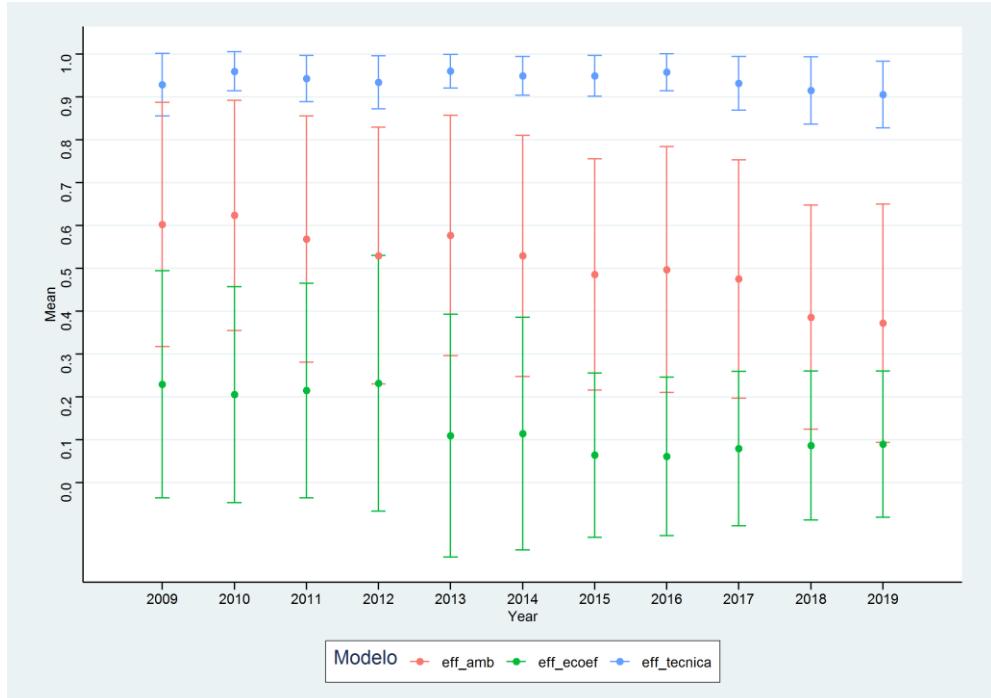


Figura 24 - Comparação da Média do Score de Eficiência por Modelo

Conforme World Business Council for Sustainable Development - WBCSD, ecoeficiência refere-se à criação de valor com menor impacto, ou seja, significa atrelar a competitividade empresarial à responsabilidade ambiental e provocar o menor dano possível ao planeta em suas atividades operacionais. Na busca por ecoeficiência, as empresas tendem a investir em atividades que normalmente resultam em gastos, denominados gastos ambientais (Vellani, 2009). Um melhor indicador de ecoeficiência significa um aumento de receita e/ou diminuição de emissão de gás carbônico e, para tal, gastos ambientais devem ser realizados com tecnologias voltadas à energia mais limpa, que gere menos poluição à atmosfera.

Outra análise importante refere-se às empresas consideradas eficientes e que se destacaram como benchmarks para outras no período (Tabelas 3, 4 e 5 do Anexo). Tal análise foi realizada conforme Lins(2003), apurando-se a empresa que apresentou maior quantidade de referências em termos de avaliação relativa por outras firmas no ano.

Pode-se constatar, na Tabela 11 do Anexo, que as firmas consideradas maiores benchmarks na silvicultura em termos de eficiência técnica foram a Brambles Ltd (Austrália), nos anos 2009, 2010, 2013 e 2015; a Holmen AB (Suécia), nos anos 2011 e 2019; a Pachaging Corp of America (Estados Unidos), em 2012 e 2014; e a Norbord Inc (Canadá), de 2016 a 2018. Três empresas foram consideradas os maiores benchmarks em termos de ecoeficiência no período, sendo

que uma delas, a Brambles (Austrália), maior benchmark de 2009 a 2012, também figurou como maior "*role model*" da eficiência técnica. Duas firmas canadenses incorporam a lista dos maiores benchmarks de ecoeficiência: a CCL Industries Inc, em 2013 e de 2015 a 2019; e a Intertape Polymer Group Inc, em 2014.

A lista de maiores benchmarks em eficiência ecológica (Tabela 12 do Anexo) é composta por 7 firmas: a Crown Holdings Inc, dos Estados Unidos (2009 e 2010); a Toyo Seikan Group Holdins Ltd, do Japão (2011 e 2012); a Sealed Air Corp, dos Estados Unidos (2013 e 2014); a Svenska Cellulosa SCA AB, da Suécia (2015); a Amcor PLC, do Reino Unido (2016); a Ball Corp, dos Estados Unidos (2017) e a International Marine Containers Group Co, da China, nos anos mais recentes (2018 e 2019).

Analisando conjuntamente a Figura 21, os Estados Unidos destacam-se quanto à representatividade econômica das empresas do setor da silvicultura e, conforme Hussain(2017) suas firmas são tradicionalmente responsáveis pela liderança no setor em termos de faturamento, embora os maiores benchmarks também pertencem a Austrália, Canadá e Suécia.

Com relação aos benchmarks que foram evidenciados pela avaliação relativa de performance da ecoeficiência (Tabela 13 do Anexo), constatou-se uma firma australiana e duas firmas canadenses. Cabe destacar que apesar da Rússia, Brasil, Estados Unidos e China constarem, juntamente com o Canadá, como os países com a maior área florestal no mundo (FAO, 2015), as empresas canadenses são apontadas com o maior número de benchmarks e nos anos mais recentes (2013 a 2019), podendo ser resultado de uma política de aprendizado com as firmas norte-americanas.

Quanto à eficiência ambiental ou modelo ecológico, destacaram-se firmas provenientes dos Estados Unidos (3), Japão (1), Suécia (1) Reino Unido (1) e China (1). Ao se observar que a empresa chinesa Intern. Marine Containers Group Corporation foi a que mais recentemente serviu de parâmetro para as demais (2018 e 2019) no quesito ambiental, cabe contextualizar que a China é o principal produtor de papel no mundo (111,2 milhões de toneladas) e o quarto país em termos de produção de celulose (16,8 milhões de toneladas), segundo dados de 2016 (IBA, 2016). Aparece no mapa de eficiência técnica (Figura 21) e ecológica (Figura 22). Tal preocupação ambiental de uma empresa chinesa como padrão de referência para as demais do setor pode ser decorrente da adoção de um programa de padrão

mais rigoroso de descarte da indústria de papel e celulose que algumas províncias da China tem realizado, como a Província de Shandong (Wang, 2011). Por outro lado, estudos como o de Song(2013) e Chen(2017) apontaram que a preocupação ecológica deve ser pauta importante desta indústria, além da econômica.

Song(2013) destacaram, após usar a DEA com variáveis econômicas e ambientais, que medidas de proteção ambiental devem ser adotadas pelas diferentes províncias, respeitando suas políticas locais. Chen(2017) afirmaram haver uma forte pressão sobre o uso de recursos naturais e poluição ambiental por parte da China na indústria da silvicultura. Como resultado desta busca por maior eficiência energética e ambiental chinesa, Wang(2013) ratificam que em virtude de seu alto crescimento econômico atrelado a um aumento de teor de gás carbônico emitido, as províncias de Pequim, Xangai e Guangdong representaram benchmarking para as demais regiões em termos de eficiência integrada de energia e meio ambiente, sendo que na maior parte das regiões chinesas, manter ou aumentar as escalas de produção deve estar em conjunto com inovações tecnológicas.

Ao comparar os três modelos (técnico, ecológico e de ecoeficiência), constata-se que os Estados Unidos, como um dos maiores países que produzem papel e celulose, figuram com maior representatividade na eficiência técnica (Figura 21) e ecológica (Figura 22), apesar de que nesta com menor incidência, não aparecendo como destaque na ecoeficiência (Figura 23). Dados mais recentes (2016) apontam que os Estados Unidos é país líder na produção de celulose (48,5 milhões de toneladas) e segundo maior produtor de papel (72,4 milhões de toneladas), perdendo somente para a China neste quesito (IBA, 2016). Tal fato chama atenção e confirma o modelo de produção fortemente exploratório que este país adota na indústria da silvicultura, podendo provocar danos ambientais para o mundo todo (Silva, 2019), embora esforços possam ser evidenciados nesta pesquisa em termos de eficiência ecológica.

Cabe ressaltar o desempenho de três países que figuram nos três mapas de eficiência (técnica, ecológica e de ecoeficiência): Austrália, Canadá e Reino Unido. A Austrália, que detém aproximadamente 3% da área florestal mundial (FAO, 2015), é um país cujas firmas aparecem destacadas nos três modelos e também como benchmark de eficiência técnica e ecoeficiência. Carberry(2013) destacam que a Austrália tem como pauta encontrar inovações voltadas à ampliação da preocupação

ambiental no seu agronegócio. Tal conduta está refletindo nos resultados apresentados no período nesta investigação.

O Canadá figura como terceiro maior produtor de celulose (17 milhões de toneladas) e sétimo maior produtor de papel (10,6 milhões de toneladas) do mundo, conforme dados de 2016 (IBA, 2016). Suas empresas também se destacam como benchmarks para as outras em eficiência técnica e ecoeficiência (esta com duas empresas, CCL Industries Inc e Intertape Polymer Group Inc., que são benchmarks de 2013 a 2019 neste quesito). Este resultado das firmas canadenses na silvicultura pode ser resultante da parceria comercial e compartilhamento tecnológico entre este país e o seu vizinho, Estados Unidos. Hussain(2017) já vinham destacando em seu estudo que as firmas canadenses estavam convergindo com as norte-americanas no tocante à produtividade na indústria de papel e celulose, embora também estejam aprendendo com países nórdicos como Finlândia e Suécia, que aparecem em destaque em termos de eficiência técnica e ecológica, conforme Figura 21 e Figura 22.

A presença do Reino Unido no grupo dos países mais eficientes não somente em eficiência técnica e ambiental, mas também ecoeficiência pode ser uma resposta a um trabalho de longa data que tem sido realizado por este país, conforme relatam Green(1994) em sua pesquisa. Os autores já destacavam na época os esforços em inovação tecnológica, com investimentos das empresas britânicas em Pesquisa e Desenvolvimento voltada a produtos e processos ecologicamente corretos, como resposta às pressões ambientais governamentais.

Ênfase igualmente deve ser dada à Suécia, cujas empresas Holmen AB-PPProducts e Svenska Cellulosa SCA AB aparecem como benchmarks em termos de eficiência técnica e ecológica, respectivamente (Tabela 11 e Tabela 12 do Anexo). O resultado das firmas suecas pode ser um indicativo positivo de um trabalho de políticas públicas de eficiência energética do país, tal como apontado por Blomberg(2012).

Por fim, os mapas de eficiência técnica, eficiência ecológica e ecoeficiência no período nos confirmam alguns comportamentos da indústria da silvicultura. Os Estados Unidos como líder em eficiência econômica e eficiência ambiental isoladamente, embora esta com menor representatividade, não apontou firmas ecoeficientes. As firmas brasileiras do setor aparecem somente no mapeamento de

eficiência técnica, evidenciando o pouco investimento em ações ambientais talvez como resposta à pouca pressão governamental quanto a preservação ambiental.

A indústria de papel e celulose vê-se bem representada em termos de eficiência técnica, ecológica e ecoeficiência pela Austrália, Canadá e Reino Unido. Tais resultados podem ser provenientes de investimentos tecnológicos verdes provocadas, majoritariamente, pelas políticas públicas governamentais daqueles países.

Na Europa, os países considerados mais ecoeficientes juntamente com o Reino Unido são Portugal e Espanha em termos de silvicultura. Além do Canadá e Austrália, aparece no mapa de ecoeficiência do setor empresas da África do Sul. A África do Sul é um dos países que durante o período analisado recebeu capital transferido desta indústria de países europeus e norte-americanos devido a alta produtividade e baixo custo das terras florestais sul-africanas (McEwan, 2020), fato que provocou o desenvolvimento da indústria de papel e celulose neste país.

## 6 CONCLUSÕES

A presente investigação analisou as firmas do ramo de base florestal mundial, no período de 2009 a 2019, buscando evidenciar a ecoeficiência da indústria. Constatou-se que o ano de 2013 foi favorável à maior ecoeficiência média no período analisado. Os países considerados mais ecoeficientes no setor da silvicultura em ordem quantitativa decrescente foram Portugal, Canadá, Reino Unido, Austrália, África do Sul e Espanha.

Em relação às emissões de CO<sub>2</sub>, os anos recentes apresentaram redução na quantidade de toneladas se comparado com o início do período, podendo significar o resultado de compromissos firmados em Paris(2015), pelas empresas do setor.

Em termos de ecoeficiência, algumas questões relevantes podem ser apontadas. Primeiro, que os Estados Unidos, apesar de sua tradição no setor de silvicultura, não apresenta empresas ecoeficientes no período analisado. Outros países têm se despontado como parâmetros de desempenho neste quesito, talvez pelo maior investimento empresarial em tecnologias limpas e tratamento de resíduos, por vezes resultantes de políticas públicas mais restritivas e/ou cultura

nacional. Curiosamente, o Canadá, como país vizinho norte-americano, destaca-se como um país com tendência a buscar produtividade com respeito ao meio ambiente neste setor.

O estudo revelou limitações em relação ao número restrito de observações de variáveis ambientais disponíveis na base de dados que subsidiou a pesquisa, consideradas importantes para os modelos tratados. Tal limitação torna a análise relativa às empresas que disponibilizaram os dados referentes às variáveis econômicas, ambientais e de ecoeficiência.

Como sugestões para futuras investigações, destaca-se a necessidade de realizar estudos qualitativos em empresas consideradas ecoeficientes, visando compreender as estratégias utilizadas que as tornam destaque em tal quesito.

## REFERÊNCIAS

- APRE, 2018. - Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal. Estudo Setorial. Disponível em <http://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Estudo-Setorial-2018APRE.pdf> : Acessado em 20 de janeiro de 2021:
- Augustynczik, A. L. D., Yousefpour, R., Rodriguez, L. C. E., Hanewinkel, M., 2018. Conservation costs of retention forestry and optimal habitat network selection in southwestern germany. *Ecological Economics* 148, 92–102. URL <GotolSI>://WOS:000430763700009
- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30 (9), 1078–1092. URL <GotolSI>://WOS:A1984TJ33900004
- Barba-Gutierrez, Y., Adenso-Diaz, B., Lozano, S., 2009. Eco-efficiency of electric and electronic appliances: A data envelopment analysis (dea). *Environmental Modeling Assessment* 14 (4), 439–447. URL <GotolSI>://WOS:000268573300003
- Basset-Mens, C., Ledgard, S., Boyes, M., 2009. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in new zealand. *Ecological Economics* 68 (6), 1615–1625.
- Blomberg, J., Henriksson, E., Lundmark, R., 2012. Energy efficiency and policy in swedish pulp and paper mills: A data envelopment analysis approach. *Energy Policy* 42, 569–579. URL <GotolSI>://WOS:000301616000056
- Bogetoft, P., Otto, L., 2010. Benchmarking with DEA, SFA, and R. Vol. 157. Springer Science & Business Media.
- Carberry, P. S., Liang, W. L., Twomlow, S., Holzworth, D. P., Dimes, J. P., McClelland, T., Huth, N. I., Chen, F., Hochman, Z., Keating, B. A., 2013. Scope for improved eco-efficiency varies among diverse cropping systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (21), 8381–8386.
- Charnes, A., Clark, C., Cooper, W., Golany, B., 1985. A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the u.s. air forces. *Annals of Operations Research* (2), 95–112.
- Chen, L., Jia, G., 2017. Environmental efficiency analysis of china's regional industry: a data envelopment analysis (DEA) based approach. *Journal of Cleaner Production* 142, 846 – 853.
- Dellnitz, A., Kleine, A., Rödder, W., 2018. Ccr or bcc: what if we are in the wrong model? *Journal of Business Economics* 88 (7), 831–850.
- Dyckhoff, H., Allen, K., 2001. Measuring ecological efficiency with data envelopment analysis (dea). *European Journal of Operational Research* 132 (2), 312–325. URL <GotolSI>://WOS:000168759700007
- FAO (2015), MMA (2016), IBÁ (2016), compilado por STCP. Área com Floresta Nativa e Plantada Brasil. Disponível em <http://www.remade.com.br/banco-dados/149/silvicultura/area-com-floresta-nativa-e-plantada-brasil>. Acessado em 09 de janeiro de 2019.
- Frischknecht, R., 2010. Lci modelling approaches applied on recycling of materials in view of environmental sustainability, risk perception and eco-efficiency. *International Journal of Life Cycle Assessment* 15 (7), 666–671. URL <GotolSI>://WOS:000280274900004
- Gomez-Limon, J. A., Picazo-Tadeo, A. J., Reig-Martinez, E., 2012. Eco-efficiency assessment of olive farms in andalusia. *Land Use Policy* 29 (2), 395–406. URL <GotolSI>://WOS:000297438100013
- Green, K., McMeekin, A., Irwin, A., 1994. Technological trajectories and r&d for environmental innovation in uk firms. *Futures* 26 (10), 1047–1059.
- Haggith, M., Kinsella, S., Baffoni, S., Anderson, P., Ford, J., Leithe, R., Tinhout, B., 2018. The State of the Global Paper Industry. Disponível em 01 de fevereiro de 2021.
- Hu, X. C., Liu, C. L., 2017. Slacks-based data envelopment analysis for eco-efficiency assessment in the australian construction industry. *Construction Management and Economics* 35 (11-12), 693–706. URL <GotolSI>://WOS:000416685000006

- Huang, J. H., Yang, X. G., Cheng, G., Wang, S. Y., 2014. A comprehensive eco-efficiency model and dynamics of regional eco-efficiency in china. *Journal of Cleaner Production* 67, 228–238. URL <GotolSI>://WOS:000332805800023
- Hussain, J., Bernard, J.-T., 2017. Regional productivity convergence: An analysis of the pulp and paper industries in u.s., canada, finland, and sweden. *Journal of Forest Economics* 28, 49 – 62. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1104689917300867>
- IBÁ/PooryABRAF., 2016. Principais países produtores de Papel - milhões (t) em 2016. Disponível em [http://www.remade.com.br/banco-dados/124/papel-e-celulose/principais-paises-produtores-de-papel—milhoes- \(t\)](http://www.remade.com.br/banco-dados/124/papel-e-celulose/principais-paises-produtores-de-papel—milhoes- (t)). Acessado em 10 de janeiro de 2021.
- Iribarren, D., Hospido, A., Moreira, M. T., Feijoo, G., 2011. Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms. *Science of the Total Environment* 409 (10), 1786–1798. URL <GotolSI>://WOS:000289394900005
- Koskela, M., 2015. Measuring eco-efficiency in the finnish forest industry using public data. *Journal of Cleaner Production* 98, 316–327. URL <GotolSI>://WOS:000356194300032
- Kuosmanen, T., Kortelainen, M., 2005. Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis. *Journal of Industrial Ecology* 9 (4), 59–72. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1162/108819805775247846>
- Lins, M. P. E., Gomes, E. G., de Mello, J., de Mello, A., 2003. Olympic ranking based on a zero sum gains dea model. *European Journal of Operational Research* 148 (2), 312–322. URL <GotolSI>://WOS:000182141600009
- Lorenzo-Toja, Y., Vazquez-Rowe, I., Chenel, S., Marin-Navarro, D., Moreira, M. T., Feijoo, G., 2015. Eco-efficiency analysis of spanish wwtps using the lca plus dea method. *Water Research* 68, 651–666. URL <GotolSI>://WOS:000347756900059
- Luptacik, M., 2000. Data envelopment analysis as a tool for measurement of eco-efficiency. in optimization, dynamics, and economic analysis. *Physica*, 36–48. URL <GotolSI>://...
- McEwan, A., Marchi, E., Spinelli, R., Brink, M., 2020. Past, present and future of industrial plantation forestry and implication on future timber harvesting technology. *Journal of Forestry Research* 31 (2), 339–351.
- Morgan, F. J., Daigneault, A. J., 2015. Estimating impacts of climate change policy on land use: An agent-based modelling approach. *Plos One* 10 (5). URL <GotolSI>://WOS:000356444000058
- Oggioni, G., Riccardi, R., Toninelli, R., 2011. Eco-efficiency of the world cement industry: A data envelopment analysis. *Energy Policy* 39 (5), 2842–2854. URL <GotolSI>://WOS:000290237600064
- Petrov, V. N., Katkova, T. E., Karvinen, S., 2019. Trends in the development of forestry in russia and finland. *Economic and Social Changes-Facts Trends Forecast* 12 (3), 140–157. URL <GotolSI>://WOS:000473341600009
- Picazo-Tadeo, A. J., Beltran-Esteve, M., Gomez-Limon, J. A., 2012. Assessing eco-efficiency with directional distance functions. *European Journal of Operational Research* 220 (3), 798–809.
- Picazo-Tadeo, A. J., Gómez-Limón, J. A., Reig-Martínez, E., 2011. Assessing farming eco-efficiency: A data envelopment analysis approach. *Journal of Environmental Management* 92 (4), 1154 – 1164. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710004287>
- Silva, T. A. L. d., 2019. A apropriação capitalista da silvicultura no brasil e sua lógica de produção do espaço. *Terra Livre* 1 (50), 159–199.
- Song, M. L., Zhang, L. L., An, Q. X., Wang, Z., Li, Z., 2013. Statistical analysis and combination forecasting of environmental efficiency and its influential factors since china entered the wto: 2002-2010-2012. *Journal of Cleaner Production* 42, 42–51. URL <GotolSI>://WOS:000317456200004
- Sporcic, M., Martinic, I., Landekic, M., Lovric, M., 2009. Measuring efficiency of organizational units in forestry by nonparametric model. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30 (1), 1–13. URL <GotolSI>://WOS:000269335200001

- Sueyoshi, T., Goto, M., 2011. Methodological comparison between two unified (operational and environmental) efficiency measurements for environmental assessment. *European Journal of Operational Research* 210 (3), 684–693. URL <GotoISI>:/WOS:000287617400023
- Susilawati, D., Kanowski, P., 2020. Cleaner production in the indonesian pulp and paper sector: Improving sustainability and legality compliance in the value chain. *Journal of Cleaner Production* 248. URL <GotoISI>:/WOS:000507364000025
- Valverde, S. R., Mafra, J. W. A., Miranda, M. A., Souza, C. S., Vasconcelos, D. C., 2015. Silvicultura brasileira – oportunidades e desafios da economia verde. coleção de estudos sobre diretrizes para uma economia verde no brasil. disponível em: < <http://www.fbds.org.br/img/pdf/doc-29.pdf>>. acesso em: 01 de fevereiro de 2021. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS 1 (50), 159–199.
- Vellani, C. L.; Ribeiro, M. d. S., 2009. Sistema contábil para gestão da ecoeficiência empresarial. *Revista Contabilidade Finanças* 20 (49), 25–43.
- Wang, K., Lu, B., Wei, Y. M., 2013. China's regional energy and environmental efficiency: A range-adjusted measure based analysis. *Applied Energy* 112, 1403–1415. URL <GotoISI>:/WOS:000329377800153
- Wang, Q. W., Zhao, Z. Y., Shen, N., Liu, T. T., 2015. Have chinese cities achieved the win-win between environmental protection and economic development? from the perspective of environmental efficiency. *Ecological Indicators* 51, 151–158. URL <GotoISI>:/WOS:000349574800019
- Wang, Y. T., Liu, J. A., Hansson, L., Zhang, K., Wang, R. Q., 2011. Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of shandong province's pulp and paper industry, china. *Journal of Cleaner Production* 19 (4), 303–310.
- WBCSD - World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficiency Learning Module 2016. 231 pages. Disponível em: <https://www.wbcsd.org/gf6v>. Acessado em 10 de janeiro de 2021.
- Yin, K., Wang, R. S., An, Q. X., Yao, L., Liang, J., 2014. Using eco-efficiency as an indicator for sustainable urban development: A case study of chinese provincial capital cities. *Ecological Indicators* 36, 665–671. URL <GotoISI>:/WOS:000329081100072

## Anexo

Tabela 11 - Benchmarks - Modelo 1

Year	Q*	DMUs	Company (Efficiency)	Country	Year	Q*	DMUs	Company (Efficiency)	Country
2009	11	DMU_1	Brambles Ltd	AUS	2015	11	DMU_46	Avery Dennison Corp	USA
	10	DMU_24	Packaging Corp of America	USA		8	DMU_37	Amcor PLC	GBR
	9	DMU_30	Ball Corp	USA		7	DMU_36	Mondi PLC	GBR
	9	DMU_31	International Paper Co	USA		6	DMU_6	Suzano SA	BRA
	6	DMU_11	NineDragonsPaper(Hold.)-HK	CHN		4	DMU_52	International Paper Co	USA
	6	DMU_29	Crown Holdings Inc	USA		1	DMU_26	Sonae Industria Sgps SA	PRT
	4	DMU_18	Essentra PLC	GBR		0	DMU_27	Mpact Ltd	ZAF
	3	DMU_17	Svenska Cellulosa SCA AB	SWE		19	DMU_11	Norbord Inc	CAN
	2	DMU_2	Mayr Melnhof Karton AG	AUT		16	DMU_3	Brambles Ltd	AUS
	1	DMU_19	DS Smith PLC	GBR		14	DMU_41	Universal Forest Products Inc	USA
2010	18	DMU_1	Brambles Ltd	AUS		14	DMU_47	Packaging Corp of America	USA
	18	DMU_35	Ball Corp	USA		10	DMU_19	UPM-Kymmene Oyj	FIN
	12	DMU_20	Essentra PLC	GBR		9	DMU_37	Mondi PLC	GBR
	11	DMU_10	Stora Enso Oyj	FIN		7	DMU_31	Viscofan SA	ESP
	6	DMU_7	Empresas CMPC SA	CHL		5	DMU_5	Klabin SA	BRA
	4	DMU_11	Lee&ManPaperManufac.-HK	CHN		5	DMU_8	Winpak Ltd	CAN
	4	DMU_27	Sonoco Products Co	USA		4	DMU_7	Western Forest Products Inc	CAN
	1	DMU_34	Crown Holdings Inc	USA		4	DMU_38	Amcor PLC	GBR
	1	DMU_36	International Paper Co	USA		3	DMU_56	International Paper Co	USA
	0	DMU_21	DS Smith PLC	GBR		2	DMU_23	Smurfit Kappa Group PLC	IRL
2011	21	DMU_19	Holmen AB	SWE		2	DMU_27	Sonae Industria Sgps SA	PRT
	15	DMU_26	Aptargroup Inc	USA		2	DMU_50	Avery Dennison Corp	USA
	14	DMU_37	Ball Corp	USA		27	DMU_11	Norbord Inc	CAN
	13	DMU_38	International Paper Co	USA		16	DMU_6	Suzano SA	BRA
	6	DMU_2	Mayr Melnhof Karton AG	AUT		13	DMU_45	Universal Forest Products Inc	USA
	6	DMU_21	Essentra PLC	GBR		11	DMU_52	Packaging Corp of America	USA
	4	DMU_27	Silgan Holdings Inc	USA		9	DMU_14	West Fraser Timber Co Ltd	CAN
	3	DMU_36	Crown Holdings Inc	USA		9	DMU_19	UPM-Kymmene Oyj	FIN
	19	DMU_36	Packaging Corp of America	USA		9	DMU_38	Mondi PLC	GBR
	19	DMU_43	Ball Corp	USA		9	DMU_40	Myers Industries Inc	USA
2012	17	DMU_1	Brambles Ltd	AUS		8	DMU_21	Lee&ManPaperManufac.-HK	CHN
	13	DMU_44	International Paper Co	USA		7	DMU_27	Corticeira Amorim SGPS SA	PRT
	11	DMU_3	Klabin SA	BRA		4	DMU_47	Boise Cascade Co	USA
	8	DMU_23	Viscofan SA	ESP		3	DMU_62	International Paper Co	USA
	5	DMU_2	Mayr Melnhof Karton AG	AUT		2	DMU_28	Sonae Industria Sgps SA	PRT
	4	DMU_20	Mpact Ltd	ZAF		1	DMU_20	Stora Enso Oyj	FIN
	3	DMU_30	Amcor PLC	GBR		0	DMU_23	Smurfit Kappa Group PLC	IRL
	23	DMU_1	Brambles Ltd	AUS		0	DMU_39	Amcor PLC	GBR
	19	DMU_44	Ball Corp	USA		0	DMU_55	Avery Dennison Corp	USA
	16	DMU_5	Norbord Inc	CAN		36	DMU_13	Norbord Inc	CAN
2013	7	DMU_7	Canfor Corp	CAN		28	DMU_7	Suzano SA	BRA
	5	DMU_31	Amcor PLC	GBR		23	DMU_16	West Fraser Timber Co Ltd	CAN
	5	DMU_45	International Paper Co	USA		18	DMU_25	Oeneo SA	FRA
	4	DMU_3	Klabin SA	BRA		13	DMU_23	UPM-Kymmene Oyj	FIN
	3	DMU_24	Viscofan SA	ESP		10	DMU_55	Universal Forest Products Inc	USA
	3	DMU_27	Svenska Cellulosa SCA AB	SWE		8	DMU_44	IG Design Group PLC	GBR
	3	DMU_40	Avery Dennison Corp	USA		8	DMU_72	International Paper Co	USA
	1	DMU_16	Smurfit Kappa Group PLC	IRL		6	DMU_65	Avery Dennison Corp	USA
	0	DMU_21	Mpact Ltd	ZAF		5	DMU_27	NineDragonsPaper(Hold.)-HK	CHN
	0	DMU_30	Mondi PLC	GBR		4	DMU_47	Mondi PLC	GBR
2014	0	DMU_43	Crown Holdings Inc	USA		4	DMU_48	Amcor PLC	GBR
	27	DMU_42	Packaging Corp of America	USA		3	DMU_62	Packaging Corp of America	USA
	18	DMU_3	Brambles Ltd	AUS		0	DMU_35	Sonae Industria Sgps SA	PRT
	16	DMU_7	Intertape Polymer Group Inc	CAN		0	DMU_57	Boise Cascade Co	USA
	16	DMU_29	Viscofan SA	ESP		66	DMU_48	Holmen AB	SWE
	15	DMU_36	Amcor PLC	GBR		45	DMU_63	Universal Forest Products Inc	USA
	9	DMU_45	Avery Dennison Corp	USA		35	DMU_57	Myers Industries Inc	USA
	8	DMU_32	Svenska Cellulosa SCA AB	SWE		17	DMU_71	Packaging Corp of America	USA
	5	DMU_5	Klabin SA	BRA		16	DMU_81	International Paper Co	USA
	3	DMU_50	International Paper Co	USA		13	DMU_55	Mondi PLC	GBR
2015	0	DMU_26	Mpact Ltd	ZAF		4	DMU_44	Miquel y Costas & Miquel SA	ESP
	19	DMU_3	Brambles Ltd	AUS		3	DMU_31	Smurfit Kappa Group PLC	IRL
	16	DMU_43	Packaging Corp of America	USA		1	DMU_35	Oji Holdings Corp	JPN
	15	DMU_8	Intertape Polymer Group Inc	CAN		1	DMU_66	Boise Cascade Co	USA
	15	DMU_30	Viscofan SA	ESP		0	DMU_1	Celulosa Argentina SA	ARG
	11	DMU_18	UPM-Kymmene Oyj	FIN		0	DMU_74	Avery Dennison Corp	USA

\*Quantidade de empresas não eficientes que tem como referências empresas eficientes.

Tabela 12 - Benchmarks - Modelo 2

Year	Q*	DMUs	Company(Efficiency)	Country	Industry
2009	26	DMU_29	Crown Holdings Inc	United States of America	NPCP
	14	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	13	DMU_31	International Paper Co	United States of America	PP
	1	DMU_18	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
2010	26	DMU_34	Crown Holdings Inc	United States of America	NPCP
	16	DMU_10	Stora Enso Oyj	Finland	PPProducts
	14	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	4	DMU_36	International Paper Co	United States of America	PP
	0	DMU_15	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
	0	DMU_20	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
2011	22	DMU_14	Toyo Seikan Group Holdings Ltd	Japan	NPCP
	22	DMU_24	Amcor PLC	United Kingdom	NPCP
	10	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	10	DMU_38	International Paper Co	United States of America	PP
	0	DMU_16	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
	0	DMU_21	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
2012	25	DMU_16	Toyo Seikan Group Holdings Ltd	Japan	NPCP
	17	DMU_30	Amcor PLC	United Kingdom	NPCP
	13	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	12	DMU_13	Stora Enso Oyj	Finland	PPProducts
	7	DMU_44	International Paper Co	United States of America	PP
	0	DMU_19	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
2013	0	DMU_27	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
	23	DMU_41	Sealed Air Corp	United States of America	NPCP
	19	DMU_31	Amcor PLC	United Kingdom	NPCP
	14	DMU_13	Stora Enso Oyj	Finland	PPProducts
	13	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	7	DMU_45	International Paper Co	United States of America	PP
2014	2	DMU_6	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	28	DMU_46	Sealed Air Corp	United States of America	NPCP
	27	DMU_32	Svenska Cellulosa SCA AB	Sweden	PPProducts
	18	DMU_3	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	12	DMU_50	International Paper Co	United States of America	PP
	5	DMU_10	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
2015	46	DMU_33	Svenska Cellulosa SCA AB	Sweden	PPProducts
	35	DMU_3	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	13	DMU_52	International Paper Co	United States of America	PP
	2	DMU_11	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	40	DMU_38	Amcor PLC	United Kingdom	NPCP
	28	DMU_50	Avery Dennison Corp	United States of America	NPCP
2016	20	DMU_56	International Paper Co	United States of America	PP
	11	DMU_3	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	3	DMU_12	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	55	DMU_60	Ball Corp	United States of America	NPCP
	38	DMU_3	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	20	DMU_62	International Paper Co	United States of America	PP
2017	3	DMU_12	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	68	DMU_20	China International Marine Containers Group Co Ltd	China	NPCP
	39	DMU_14	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	30	DMU_72	International Paper Co	United States of America	PP
	71	DMU_20	China International Marine Containers Group Co Ltd	China	NPCP
	45	DMU_4	Brambles Ltd	Australia	NPCP
2019	30	DMU_80	Westrock Co	United States of America	PP
	3	DMU_81	International Paper Co	United States of America	PP
	2	DMU_14	CCL Industries Inc	Canada	NPCP

\*Quantidade de empresas não eficientes que tem como referências empresas eficientes.

Tabela 13 - Benchmarks - Modelo 3

Year	Q*	DMUs	Company(Efficiency)	Country	Industry
2009	22	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	14	DMU_14	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
	6	DMU_18	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
2010	29	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	16	DMU_15	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
	4	DMU_20	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
2011	31	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	18	DMU_16	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
	4	DMU_21	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
2012	34	DMU_1	Brambles Ltd	Australia	NPCP
	23	DMU_19	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
	0	DMU_20	Mpact Ltd	South Africa	PP
	0	DMU_23	Viscofan SA	Spain	NPCP
	5	DMU_27	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
2013	41	DMU_6	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	1	DMU_21	Mpact Ltd	South Africa	PP
	2	DMU_24	Viscofan SA	Spain	NPCP
	1	DMU_28	Essentra PLC	United Kingdom	NPCP
2014	5	DMU_7	Intertape Polymer Group Inc	Canada	NPCP
	46	DMU_10	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	1	DMU_25	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
	9	DMU_26	Mpact Ltd	South Africa	PP
2015	50	DMU_11	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	12	DMU_26	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
2016	54	DMU_12	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	21	DMU_27	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
2017	60	DMU_12	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	30	DMU_28	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
2018	70	DMU_14	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	37	DMU_35	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP
2019	79	DMU_14	CCL Industries Inc	Canada	NPCP
	47	DMU_38	Sonae Industria Sgps SA	Portugal	FWP

\*Quantidade de empresas não eficientes que tem como referências empresas eficientes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tese, ora realizada, representa uma ampla análise acerca da ecoeficiência nas empresas do ramo de silvicultura, no período 2009 a 2019. Para atendimento de tal objetivo de forma integrada, foram realizados três artigos científicos. O primeiro artigo, uma revisão sistemática da literatura relevante sobre os temas eficiência ambiental, ecoeficiência e papel e celulose, evidenciou os termos-chave e as pesquisas que trataram dos assuntos em tela, destacando-se a técnica DEA, respaldando as análises empíricas *a posteriori*.

O segundo artigo, com dados empíricos de 1.038 empresas do setor de papel e celulose, no período de 2009 a 2019, evidenciou um panorama das empresas do setor, apresentando, na forma de mapas, os países que se destacaram em termos de faturamento, despesas operacionais, emissões de gás de efeito estufa e despesas ambientais. Após conhecer o comportamento deste setor no tocante a tais variáveis, de forma exploratória descritiva, pôde-se partir para a análise de ecoeficiência do setor de papel e celulose, objeto do terceiro artigo.

O terceiro artigo realizou a análise de ecoeficiência do setor da silvicultura por meio de três modelos (econômico, ambiental e ecoeficiência), empregando-se o BCC. Os dados referentes aos 11 anos (2009 a 2019) foram trabalhados no software R e os resultados apontaram para as empresas mais ecoeficientes no período, bem como os respectivos países às quais pertencem e os períodos considerados mais ecoeficientes.

Como limitações do estudo, considera-se a análise em amplitude proporcionada pela pesquisa quantitativa, cujos dados nem sempre apresentavam uniformidade em termos de evidenciação pela mesma empresa e em todo o período de análise. O recorte empregado foi resultante da amostra obtida pela Plataforma *Thomson Reuters*, e não referente a toda a população das empresas do ramo de silvicultura. Apesar da tentativa realizada pelo pesquisador de coletar os dados diretamente dos demonstrativos contábeis e ambientais (Global Reporting Initiative - GRI), em razão da escassez de dados, optou-se pela investigação de dados secundários, por meio da plataforma citada.

Sugere-se que futuras investigações sejam realizadas no sentido de se realizar pesquisas qualitativas (estudos de caso em profundidade) para analisar a ecoeficiência das empresas consideradas mais ecoeficientes no período, identificando-se potenciais motivações para tal destaque em relação às demais, tanto nas variáveis econômicas quanto nas ambientais.

## **APÊNDICES**

## Apêndice 1 - Lista de Empresas

Company	Company
A and M Jumbo Bags Ltd	ATA IMS Bhd
Aadi Industries Ltd	Atlantis Plastics Inc
Abplast Products PLC	Atlas Engineered Products Ltd
Abson Industries Ltd	Augros Cosmetic Packaging SA
Acadian Timber Corp	Avarga Ltd
Accsys Technologies PLC	Averbuch Formica Center Ltd
ACME Printing and Packaging PLC	Avery Dennison Corp
Adarsh Plant Protect Ltd	Avon Crowncaps and Containers (Nigeria) PLC
Adoneks AD Skopje	B & A Packaging India Ltd
Advanced Packaging Technology (M) Bhd	B J Duplex Boards Ltd
Advanced Pharmaceutical Packaging Company SAE	B&B Triplewall Containers Ltd
African Champion Industries Ltd	Baghdad for Packing Materials
Agarwal Duplex Board Mills Ltd	Bak Ambalaj Sanayi ve Ticaret AS
Agio Paper & Industries Ltd	Balkrishna Paper Mills Ltd
Ahlstrom-Munksjo Oyj	Ball Corp
AiroLam Ltd	Ballarpur Industries Ltd
AJ Plast PCL	Balmer Lawrie Investments Ltd
Akritas SA	Balochistan Glass Ltd
Akumplast AD	Bantas Bandirma Ambalaj Sanayi ve Ticaret AS
Al Samaani Factory Metal Industries Co CJSC	Baolong International Co Ltd
Alkim Kagit Sanayi ve Ticaret AS	Beijing Comens New Materials Co Ltd
Alkindo Naratama Tbk PT	Bergs Timber AB (publ)
Alliance Creative Group Inc	Berkosan Yalitim ve Tecrit Maddeleri Uretim ve Ticaret AS
Altech Advanced Materials AG	Berlina Tbk PT
Altri SGPS SA	Berry Global Group Inc
Alucon PCL	Beta Glass PLC
Aluflexpack AG	BG Container Glass PCL
Amazonas Florestal Ltd	Bien Hoa Packaging Co
Ambition Mica Ltd	Big River Industries Ltd
Amcor PLC	Bilcare Ltd
AMD Industries Ltd	BillerudKorsnas AB (publ)
American Biltrite Inc	Bilokalnik IPA dd
AMG Packaging & Paper Company Ltd	Binh Duong PP Pack Making JSC
Amifa Co Ltd	Bio Green Papers Ltd
An Phat Bioplastics JSC	Bio Pappel SAB de CV
Anadolu Cam Sanayii AS	Bioerg SA
Andhra Paper Ltd	Biofactory SA
Andrimer Hellas ad Andrijevica	Biomass Secure Power Inc
Annabidiol Corp	Biopac India Corp Ltd
Antarctica Ltd	Birman Wood and Hardware Ltd
Anugerah Kagum Karya Utama Tbk PT	Bjelasnica dd Hadzici
Anuroop Packaging Ltd	BKM Industries Ltd
Anzo Holdings Bhd	Blue Star Opportunities Corp
Aptargroup Inc	Boise Cascade Co
Arb Bhd	Bong AB
Arbogen Holdings Ltd	Bor Tes ad Teslic
Archidply Industries Ltd	Border Timbers Ltd
Arctic Paper SA	Borosil Renewables Ltd
Ardagh Group SA	Box-Pak (Malaysia) Bhd
Argha Karya Prima Industry Tbk PT	BP Plastics Holding Bhd
Arrow Greentech Ltd	BPM Inc
Arrow Resources Development Inc	Bram Industries Ltd
Asahi Printing Co Ltd	Brambles Ltd
Asenova Krepost AD	Bright Packaging Industry Berhad
Asia Biomass PCL	Broedrene Hartmann A/S
Asia Holdings Co Ltd	BSC Drukarnia Opakowan SA
Asia Paper Manufacturing Co Ltd	BTM Resources Bhd
Asian Vegpro Industries Ltd	Bumazhnaia Fabrika Kommunar AO
Asiplast Industries Tbk PT	Bumi Teknokultura Unggul Tbk PT
Astron Paper & Board Mill Ltd	C&S Paper Co Ltd

Company	Company
C.S. Lumber Co Inc	CYL Corporation Bhd
CA Fabrica Nacional de Vidrio	Cymao Holdings Bhd
California-Engels Mining Co	Cyprus Forest Industries Public Ltd
Canfor Corp	D & S Anastopoulos SA
Canfor Pulp Products Inc	Da Sen Holdings Group Ltd
Caprihans (India) Ltd	Dadabhoi Sack Ltd
Carpenter Tan Holdings Ltd	Daelim Paper
Carton de Colombia SA	Daeryuk Can Co Ltd
Carvajal Empaques SA	Daeyang Paper MFG Co Ltd
Cascades Inc	Daeyoung Packaging Co Ltd
CCL Industries Inc	Daibochi Bhd
Celulosa Argentina SA	Daio Paper Corp
Century Paper & Board Mills Ltd	Dam Phu My Packaging JSC
Century Plyboards (India) Ltd	Danube Industries Ltd
Cerro Alto Forestal SA Highforest	Darmi Bersaudara Tbk PT
Cerro Verde Forestal SA	Deccan Polypacks Ltd
Chadha Papers Ltd	DECO MICA Ltd
Champion Alliance International Holdings Ltd	Dehua TB New Decoration Material Co Ltd
Champion Pacific Indonesia Tbk PT	Dekor Rozaje ad u stecaju
Chemos ad Palic	Delignit AG
Cheng Loong Corp	Delta Co for Printing and Packaging SAE
Cherat Packaging Ltd	Deshbandhu Polymer Ltd
China Aluminum Cans Holdings Ltd	Di Sana Sanski Mostu stecaju dd
China Bozza Development Holdings Ltd	DI Sanica dd Sanica u stecaju
China International Marine Containers Group Co Ltd	Diamond Industries Ltd
China Paper Holdings Ltd	Diksha Greens Ltd
China Senior Living Industry International Holding Corp	DK D&I Co Ltd
China Sunshine Paper Holdings Co Ltd	D'nonce Technology Bhd
China Touyun Tech Group Ltd	Do Thanh Technology Corp
China Wood Optimization Holding Ltd	Document Security Systems Inc
ChongQing Zhengchuan Pharmaceutical Packaging Co Ltd	Dominant Enterprise Bhd
Chuetsu Pulp & Paper Co Ltd	Dominguez & Cia SA
Chung Hwa Pulp Corp	Domtar Corp
Chuo Kagaku Co Ltd	Dong A Packaging JSC
Chuo Pack Industry Co Ltd	DongHai of Bentre JSC
Classic Scenic Bhd	Dongwon Systems Corp
Cleantech Building Materials PLC	Drinic USPP ad Petrovac Drinic
Clearwater Paper Corp	Drvoimpex Celuge ad Bar
Cogra Quarante Huit SA	Drvoprerada ad Siprage
Come Sure Group (Holdings) Ltd	DS Smith AD Skopje
Compania Chilena de Fosforos SA	DS Smith PLC
Compania de Empaques SA	Dunav Grupa Agregati a.d. Novi Sad
Conbuzz Co Ltd	Duni AB
Conifex Timber Inc	Duran-Dogan Basim ve Ambalaj Sanayi AS
Constantia Flexibles Group GmbH	Duro Pack Ltd
Coral Newsprints Ltd	Duroplly Industries Ltd
Coral Products PLC	Duvaplast ad Kakmuz
Core Molding Technologies Inc	Dynapac Co Ltd
Corticeira Amorim SGPS SA	Dynic Corp
Cos Board Industries Ltd	E Pairis SA
Cosmo Films Ltd	Eagon Industrial Co Ltd
Cotta Co Ltd	Eastern Polymer Group PCL
CPH Chemie und Papier Holding AG	Eatware Inc
CPMC Holdings Ltd	Ecoboard Industries Ltd
Crimson Bioenergy Ltd	Ecologix Resource Group Inc
Cristaleria del Ecuador SA	Eculumber SA
Cristalerias de Chile SA	Ecopack Ltd
Crnagoradvo ad Podgorica	Ecoplast Ltd
Crown Holdings Inc	Eksplatacija ad Gacko
Crown Seal PCL	Ei Ahram Co for Printing and Packaging SAE
Crown Societe Ivoirienne d'Emballage Metallique SA	

Company	Company
El Bader Plastic Co SAE	Genus Paper & Boards Ltd
EL FARASHA for Manufacture and Printing Packing Materials	Ghani Glass Ltd
El Sendero Forestal SA Pathforest	Ghani Global Glass Ltd
El Tecal CA Elteca	Global Electrical Technology Corp
Ellora Paper Mills Ltd	Global Resource Energy Inc
Emami Paper Mills Ltd	Gobi Financial Group JSC
Emerald Plantation Holdings Ltd	Golden Pharos Bhd
Eminis Ambalaj Sanayi ve Ticaret AS	Goodfellow Inc
Emmbi Industries Ltd	Goricane dd Medvode
Empresas CMPC SA	Gozco Plantations Tbk PT
Ence Energia y Celulosa SA	Graphic Packaging Holding Co
Energy Palma Energypalma SA	Great China Metal Ind. Co Ltd
Envases del Pacifico SA	Greatview Aseptic Packaging Co Ltd
Envases Venezolanos SA	Green 2 Blue Energy Corp
EO2 SA	Green River Holding Co Ltd
Erdenet Zandan JSC	Greenalia SA
ERG SA	Greenheart Group Ltd
Ess Dee Aluminium Ltd	Greenlam Industries Ltd
Essel Propack Ltd	Greenpanel Industries Ltd
Essentra PLC	Greenply Industries Ltd
Evergreen Fibreboard Bhd	Greif Inc
Exacompta Clairefontaine SA	Greif Nigeria PLC
Excel Glasses Ltd	Grifal SpA
Fabryka Konstrukcji Drewnianych SA	Grigeo AB
Fajar Surya Wisesa Tbk PT	Groupe Guillin SA
Fazerles AD	Gruppa Ilim AO
Fdo Inv Setorial FL E Ref Fiset FL Ref	Guala Closures SpA
Feno Plast Ltd	Guangdong Enpack Packaging Co Ltd
Fiberweb (India) Ltd	Guangdong Guanhao High-Tech Co Ltd
Filing and Packing Materials Manufacturing Co SJSC	Guangdong Songyang Recycle Resources Co Ltd
Finvest Drvar dd Drvar	GuangDong WeiHua Corp
Fiplasto SA	Guangxi Fenglin Wood Industry Group Co Ltd
First Treet Manufacturing Modaraba	Guangxi Yuegui Guangye Holdings Co Ltd
Flame Tree Group	GuiZhou YongJi Printing Co Ltd
Flexituff Ventures International Ltd	Gujarat Containers Ltd
Flexopack SA	Gujarat Craft Industries Ltd
Focus Lumber Bhd	Gujarat Foils Ltd
Forest Products Export JSC of Quang Nam	Gulf Plastic Industries SAOG Co
Forestal Constructora y Comercial del Pacifico Sur SA	Ha Tien Packaging JSC
Formoplast AD	Hadera Paper Ltd
Foros SA	Hai Phong Hoang Ha Paper JSC
Foshan Huaxin Packaging Co Ltd	Haiphong Packing VICEM JSC
FP Corp	Hakkani Pulp & Paper Mills Ltd
Frigoglass SA	Haldyn Glass Ltd
Fuji Seal International Inc	Hallmark Paper Products PLC
Fujian Jinsen Forestry Co Ltd	Hanchang Paper Co Ltd
Fujian Qingshan Paper Industry Co Ltd	Hang Sang (Siu Po) International Holding Company Ltd
Fujian Yongan Forestry Group Joint-Stock Co Ltd	Hankuk Package Co Ltd
Fujimori Kogyo Co Ltd	Hankuk Paper Mfg Co Ltd
Full Apex (Holdings) Ltd	Hansol Holdings Co Ltd
Furubayashi Shiko Co Ltd	Hansol HomeDeco Co Ltd
Fustelarko Borec AD Bitola	Hansol Paper Co Ltd
Fuwei Films (Holdings) Co Ltd	Hansol PNS Co Ltd
G G Novo Mesto dd	Hanwell Holdings Ltd
G K P Printing & Packaging Ltd	Hapaco Group JSC
Galeb Metaloplastika ad Sabac	Hardoli Paper Mills Ltd
Ganga Papers India Ltd	Hardwoods Distribution Inc
Gascogne SA	Haria Exports Ltd
Gayatri Tissue and Papers Ltd	Hashmi Can Company Ltd
General Company for Paper Industry SAE	Heiwa Paper Co Ltd
Gentas Genel Metal Sanayi ve Ticaret AS	Henan Yinge Industrial Investment Co Ltd

Company	Company
Herti AD	Japan Pulp & Paper Co Ltd
HeveaBoard Bhd	Jauss Polymers Ltd
Hexagon Composites ASA	Jawala Inc
Hindustan Adhesives Ltd	Jaya Tiasa Holdings Bhd
Hindustan Tin Works Ltd	Jewett-Cameron Trading Company Ltd
Hindusthan National Glass And Industries Ltd	JFE Container Co Ltd
Hitech Corporation Ltd	Jia Yao Holdings Ltd
HI-Tech Winding Systems Ltd	Jiaomei Food Packaging Chuzhou Co Ltd
Hokuetu Corp	Jilin Forest Industry Co Ltd
Hokushin Co Ltd	Jindal Poly Films Ltd
Holmen AB	Jiyuan Packaging Holdings Ltd
Homasote Co	JK Paper Ltd
Hong Wei Asia Holdings Co Ltd	JMG Corp Ltd
Hop Fung Group Holdings Ltd	John Oakey Mohan Ltd
Hsin Ba Ba Corp	Johore Tin Bhd
Huangshan Novel Co Ltd	JP Sume TK dd Kladanj
Huaxi Holdings Company Ltd	JRJr33 Inc
Huhtamaki Oyj	Jumbo Bag Ltd
Huhtamaki PPL Ltd	K Laser Technology Inc
Hung Dao Container JSC	Kaira Can Co Ltd
Hung Hing Printing Group Ltd	Kangaroo Island Plantation Timbers Ltd
Huttig Building Products Inc	Kangde Xin Composite Material Group Co Ltd
Iberpapel Gestion SA	Kanpur Plastipack Ltd
IG Design Group PLC	Kaplamin Ambalaj Sanayi ve Ticaret AS
Imaflex Inc	Karatzis SA
Immopool SA	Kartonaza ad Cetinje
Impregnacija Drveta ad Kolasin u stecaju	Kartonpack Doboziplari Nyrt
Impreso Inc	Kartonsan Karton Sanayi ve Ticaret AS
Imura Envelope Co Inc	Kartontekst AD Sveti Nikole vo stecaj
Inapa Investimentos Participacoes e Gestao SA	Kay Power and Paper Ltd
Indah Kiat Pulp & Paper Tbk PT	Kaydav Group Ltd
India Foils Ltd	KCL Ltd
Indian Wood Products Co Ltd	KDS Accessories Ltd
Indonesia Fibreboard Industry PT	Keding Enterprises Co Ltd
Indopoly Swakarsa Industry Tbk PT	Kertas Basuki Rachmat Indonesia Tbk PT
Indra Industries Ltd	Keweenaw Land Association Ltd
Industrias del Envase SA	Kharkhorin JSC
Industrias ESTRA SA	Khulna Printing & Packaging Ltd
Industrias JB Duarte SA	Khuvsgul JSC
Industrijske Plantaze ad Banja Luka	Kingcan Holdings Ltd
Infodema SA	Klabin SA
Infra Industries Ltd	Kleannara Co Ltd
Innocorp Ltd	Klon SA
Innovative Tech Pack Ltd	Koan Hao Technology Co Ltd
Interfor Corp	Kohsoku Corp
Intermail A/S	Kokusai Chart Corp
International Dispensing Corp	Kokusai Pulp & Paper Co Ltd
International Paper Co	Konndor Industries Ltd
Intertape Polymer Group Inc	Korea Export Packaging Industrial Co Ltd
Interwood Xylemporia ATENE	Kosta Abras AD Ohrid
Ipl Plastics Inc	Kostenets HHI AD
Iqzan Holding Bhd	Koszalinskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Drzewnego SA
IR Resources Ltd	Kotia Enterprises Ltd
Irani Papel e Embalagem SA	Kshitij Polyline Ltd
Iraqi Company for Manufacture of Cartons	Kuantum Papers Ltd
Ishizuka Glass Co Ltd	Kubodera Co Ltd
IT Tech Packaging Inc	Kuk Il Paper MFG Co Ltd
Jai Corp Ltd	Kumbi Co Ltd
Jalpac India Ltd	Kushal Ltd
James Cropper PLC	KushCo Holdings Inc
James Latham PLC	KYM Holdings Bhd

Company	Company
Kyodo Paper Holdings	Mondi Syktyvkarskiy LPK AO
La Colina Forestal Hillforest SA	Mondi Tire Kutsan Kagit ve Ambalaj Sanayi AS
La Cumbre Forestal PEAKFOREST SA	Montenegro Wood Sancaklı Mobilya ad Rozaje
La Estancia Forestal Forestead SA	Mooram P&P Co Ltd
La Sabana Forestal Plainforest SA	Mooram Paper Co Ltd
La Vanguardia Forestal Vanguardforest SA	Mooram SP Co Ltd
Lalit Polymers and Electronics Ltd	Moulinvest SA
Lee & Man Paper Manufacturing Ltd	Mpact Ltd
LHT Holdings Ltd	MS Group Holdings Ltd
Limko ad Skelani u stecaju	MSR India Ltd
Linocraft Holdings Ltd	Muda Holdings Bhd
LOCK&LOCK Co Ltd	Mudanjiang Hengfeng Paper Co Ltd
Longchen Paper & Packaging Co Ltd	Multibax PCL
Lordos United Plastics Public Ltd	Mychau Printing and Packaging Corp
Louisiana-Pacific Corp	Myers Industries Inc
Macfarlane Group PLC	MYS Group Co Ltd
Macpac Films Ltd	Mysore Paper Mills Ltd
Magnum Ventures Ltd	N R Agarwal Industries Ltd
Mahip Industries Ltd	Nadir Figueiredo Industria e Comercio SA
Majan Glass Company SAOG	Nagoya Lumber Co Ltd
Malu Paper Mills Ltd	Nakabayashi Co Ltd
Mangalam Timber Products Ltd	Nakamoto Packs Co Ltd
Manjushree Technopack Ltd	Nampak Ltd
Manufacturas de Papel CA MANPA SACA	Nampak Zimbabwe Ltd
Manufacture de Panneaux Bois du Sud SA	Nankai Plywood Co Ltd
Maple Leaf Green World Inc	Nano Labs Corp
Maruto Sangyo Co Ltd	Napredak ad Sipovo
Masisa SA	Nath Industries Ltd
Master-Pack Group Bhd	National Carton Industrial Co PLC
Max Ventures and Industries Ltd	National Company for Glass Industries SJSC
Mayex USA Inc	National Plastic Co Ltd
Mayr Melnhof Karton AG	National Plywood Industries Ltd
Mazhar Zorlu Holding AS	Natron dd Maglaj
MDF VRG Quang Tri Wood JSC	Navigator Company SA
Med Paper SA	Neenah Inc
Mediapan dd Busovaca u stecaju	Neeraj Paper Marketing Ltd
Medical Packaging Co SAE	Neodecortech SpA
Mehanicka Prerada Drveta ad Celinac	NEP Realty and Industry PCL
Mentiga Corporation Bhd	New Toyo International Holdings Ltd
Mercer International Inc	Ngoc Nghia Industry Service Trading JSC
Merit Packaging Ltd	NHP Production Import Export JSC
Metalgrafica Iguacu SA	Nigerian Enamelware PLC
Metalopack AD	Nihon Seikan KK
Metsa Board Oyj	Nihon Yamamura Glass Co Ltd
Mics Chemical Co Ltd	Nimtech Corp
Middle East Company for Manufacturing and Producing Paper SJSC	Nine Dragons Paper (Holdings) Ltd
Middle East Glass Manufacturing Co SAE	Nippecraft Ltd
Middle East Paper Company Egypt SAE	Nippon Felt Co Ltd
Midway Ltd	Nippon Paper Industries Co Ltd
Mieco Chipboard Bhd	Norbord Inc
Minfeng Special Paper Co Ltd	Norske Skog ASA
Ming Lam Holdings Ltd	Novorez ad Pale
Minho (M) Bhd	Nozaki Insatsu Shigyo Co Ltd
Miquel y Costas & Miquel SA	NWP Holdings Bhd
Miracle Industries Ltd	Oboya Horticulture Industries AB
Mitsubishi Paper Mills Ltd	Oeneo SA
Mobile Internet (China) Holdings Ltd	Ohishi Sangyo Co Ltd
Modtech Holdings Inc	Ohmura Shigyo Co Ltd
Mohit Paper Mills Ltd	O-I Glass Inc
Mold-Tek Packaging Ltd	Oji Holdings Corp
Mondi PLC	Okayama Paper Industries Co Ltd

Company	Company
Okura Industrial Co Ltd	Poličtilenka dd Bihac u stecaju
Olmuksan International Paper Ambalaj Sanayi ve Ticaret AS	Polipak ad Bijelo Polje
Olympia Industries Ltd	Poljoprivreda i Sumarstvo ad Berane
Olympic Accessories Ltd	Polpar SA
Omani Packaging Company SAOG	Poly Products Nigeria PLC
Omar ad Knezevo u stecaju	Polymac Thermoformers Ltd
Orah ad Trnovo	Polyspin Exports Ltd
Orient Press Ltd	Pope and Talbot Inc
Orma Orman Mahsulleri Integre Sanayi ve Ticaret AS	Pope Resources A Delaware LP
Ornapaper Bhd	PP Pack Making JSC
Orora Ltd	Pratama Abadi Nusa Industri Tbk PT
Orvis Corp	Precision Containeurs Ltd
Ozerden Plastik Sanayi ve Ticaret AS	Priceworth International Bhd
Ozu Corp	Prodigy PCL
P H Glatfelter Co	Pro-Pac Packaging Ltd
Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk PT	Proteak Uno SAB de CV
Pacific Millennium Packaging Group Corp	Przedsiebiorstwo Produkcyjno Handlowe Kompap SA
Pack Corp	Przetworstwo Tworzyw Sztucznych Plast-Box SA
Packages Ltd	PSB Industries SA
Packaging Co Ltd SAOG	Public Packages Holdings Bhd
Packaging Corp of America	Pudumjee Paper Products Ltd
Pact Group Holdings Ltd	Pum Tech Korea Co Ltd
Pakistan Paper Products Ltd	Purity Flexpack Ltd
Pako ad Andrijevica	Q P Group Holdings Ltd
Palestine Plastic Industrial Co Ltd	Qifeng New Material Co Ltd
Palplast Pro AD Kumanovo	Quadpack Industries SA
Pamo Promet ad Modrica	Radha Madhav Corp Ltd
Pan Electronics India Ltd	Rainbow Papers Ltd
Panca Budi Idaman Tbk PT	Raj Packaging Industries Ltd
Paneltech International Holdings Inc	Rajshree Polypack Ltd
Panjawattana Plastic PCL	Ralco Corporation Bhd
Papel Prensa SAICF y de M	Rama Paper Mills Ltd
PaperCorea Inc	Ranpak Holdings Corp
Paperpack Printing Box Manufacturing and Paper Packaging Industrial SA	RDB Rasayans Ltd
Papir ad Podgorica	RDVA Inc
Papyrus Australia Ltd	Reliance Global Holdings Ltd
Parijat Paper Mills Ltd	Rengo Co Ltd
Parle Industries Ltd	Reno De Medici SpA
PATA Saldus AS	Resilux NV
Patback Business Ltd	Resolute Forest Products Inc
Pearl Polymers Ltd	Retratoec SA
Pelangi Indah Canindo Tbk PT	Reynolds Consumer Products Inc
PERF Go-Green Holdings Inc	Richards Packaging Income Fund
Perfectpac Ltd	Riddhi Siddhi GluCo Biols Ltd
Perusahaan Sadur Timah Malaysia (PERSTIMA) Bhd	Rightway Holdings Co Ltd
Petrocart SA	Rigolleau SA
Petroleum Mechanical JSC	Rio Grande Forestal Riverforest SA
Petrovietnam Packaging JSC	Robinson PLC
Picop Resources Inc	Rollatainers Ltd
Pilana ad Modrica	Romcarbon SA
Piramal Glass Ceylon PLC	Roshan Packages Ltd
Piramal Glass Pvt Ltd	Rottneros AB
Pisico Binh Dinh Corporation JSC	Rougier SA
Plackovica AD Radovis	Ruchira Papers Ltd
Plantation Corp	Rushil Decor Ltd
Plasmo ad Modrica	S Kijchai Enterprise PCL
Plasto-Cargal Group Ltd	S Pack & Print PCL
Plaston Holding AG Widnau	Sadico CanTho Joint Stock Corp
Plastopil Hazorea Co Ltd	Saffron Industries Ltd
Pluto dd Neum	Safwood SpA
Polet dd Sarajevo	Sai Gon Forestry Import Export JSC

Company	Company
Sai Gon Packaging JSC	Shree Krishna Paper Mills & Industries Ltd
Sai Gon Plastic Packaging JSC	Shree Rajeshwaranand Paper Mills Ltd
Sambo Corrugated Board Co Ltd	Shree Rama Multi-Tech Ltd
Samhwa Crown & Closure Co Ltd	Shree Rama Newsprint Ltd
Samko Timber Ltd	Shrenik Ltd
Samkwang Glass Co Ltd	Shreyans Industries Ltd
Samryeong	Shri Jagdamba Polymers Ltd
Samson Paper Holdings Ltd	Shuaiba Industrial Company KPSC
Samyoung Chemical Co Ltd	Shurwid Industries Ltd
Sangal Papers Ltd	Sichuan Jinshi Technology Co Ltd
Sappi Ltd	Siddiqsons Tin Plate Ltd
Sarda Papers Ltd	SIG Combibloc Group AG
Satia Industries Ltd	Sigstrat SA
Satyamitra Kemas Lestari Tbk PT	Silgan Holdings Inc
Saudi Paper Manufacturing Company SJSC	Simplex Papers Ltd
Schweitzer-Mauduit International Inc	Sinergi Inti Plastindo PT
Scientex Bhd	Singamas Container Holdings Ltd
Sco Pak SA	Sinobangla Industries Ltd
Sealed Air Corp	SIP Stupcanica dd Olovo
Security Papers Ltd	Sipad Krajina ad Banja Luka
Seha Corp	Sitra Holdings (International) Ltd
Sekuro Plastik Ambalaj Sanayi AS	Siwani Makmur Tbk PT
Selenge Ar Khuvch JSC	SLJ Global Tbk PT
Selenge Dulaankhaan	SLP Resources Bhd
Selenginskiy TsKK OAO	Smurfit Kappa Group PLC
Selestra PAO	SMVD Poly Pack Ltd
Semapa Sociedade de Investimento e Gestao SGPS SA	Snoogoo Corp
Seshasayee Paper and Boards Ltd	Sokol'skiy TsBK PAO
Seung Il Corp	Solid Containers Ltd
Seven Industries Co Ltd	Solikamskbumprom AO
Shakti Press Ltd	Soma Papers and Industries Ltd
Shandong Bohui Paper Industry Co Ltd	Sonae Industria Sgps SA
Shandong Chenming Paper Holdings Ltd	Song Da Industry Trade JSC
Shandong Huapeng Glass Co Ltd	Sonoco Products Co
Shandong Huatai Paper Industry Shareholding Co Ltd	Sotipapier SA
Shandong Sun Paper Co Ltd	South Asian Petrochem Ltd
Shanghai Baosteel Packaging Co Ltd	South India Paper Mills Ltd
Shanghai Haishun New Pharmaceutical Packaging Co Ltd	Southeast Asia Properties & Finance Ltd
Shanghai Shunho New Materials Technology Co Ltd	Southern Packaging Group Ltd
Shanghai Sunglow Packaging Technology Co Ltd	Spacva dd
Shanghai Xintonglian Packaging Co Ltd	Speciality Papers Ltd
Shanghai Zijiang Enterprise Group Co Ltd	Specialty Liquid Transportation Corp
Shaniv Paper Industry Ltd	Sports Pouch Beverage Company Inc
Shanying International Holdings Co Ltd	Sriwahana Adityakarta Tbk PT
Sheen Tai Holdings Group Company Ltd	Standrew SA
Shenglong Splendecor International Ltd	Stanpacks India Ltd
Shenzhen Beauty Star Co Ltd	Star Paper Mills Ltd
Shenzhen Geoway Co Ltd	Stara gora Rogatica ad u stecaju
Shenzhen Prince New Materials Co Ltd	Starflex PCL
ShenZhen YUTO Packaging Technology Co Ltd	Starlite Holdings Ltd
Shetron Ltd	Ste Sotuver SA
Shihlin Paper Corp	Steed Oriental (Holdings) Company Ltd
Shimojima Co Ltd	Steico SE
Shindaeyang Paper Co Ltd	Stella-Jones Inc
Shinest JSC	Stelmet SA
Shinpoong Paper MFG Co Ltd	Steniel Manufacturing Corp
Shoei Corp	Stevanovic Trgovina ad Krusevac
Showa Paxxs Corp	Stora Enso Oyj
Shree Ajit Pulp and Paper Ltd	Straso Pingur AD Kavadarci
Shree Bhawani Paper Mills Ltd	Studio Press Nigeria PLC
Shree Karthik Papers Ltd	Subur Tiasa Holdings Bhd

Company	Company
Success Dragon International Holdings Ltd	Thuan Duc JSC
Sugarmade Inc	Tien Giang Packaging JSC
Sumarstvo Prenj dd Konjic	Timberwell Bhd
Sumas Suni Tahta ve Mobilya Sanayi AS	Tirta Mahakam Resources Tbk PT
Sumausluge ad Gradiska	Toba Pulp Lestari Tbk PT
Sun A. Kaken Co Ltd	Toin Corp
Sun Cheong Creative Development Holdings Ltd	Tokushu Tokai Paper Co Ltd
Suncare Traders Ltd	Tokyo Plast International Ltd
Sunchang Corp	Tomoku Co Ltd
Sundaram Multi Pap Ltd	Tomypak Holdings Bhd
Sungchang Enterprise Holdings Ltd	Ton Yi Industrial Corp
Sunlight (1977) Holdings Ltd	Tonnellerie Francois Freres SA
Sunrise Group Co Ltd	Toyo Seikan Group Holdings Ltd
Sunvic Technology Co Ltd	TPBI PCL
Suominen Oyj	TPI India Ltd
Suparma Tbk PT	TPL Plastech Ltd
Superbag Co Ltd	Trans Freight Containers Ltd
Superior Industrial Enterprises Ltd	Transpacoltd
Supremex Inc	Tredegar Corp
Suraj Industries Ltd	TreeCon Resources Inc
Surpapelcorp SA	Tri Pack Films Ltd
Suwary SA w Pabianicach	Trias Sentosa Tbk PT
Suzano Holding SA	Truong Thanh Real Estate and Construction JSC
Suzano SA	Tunas Alfin Tbk PT
Suzhou Hycan Holdings Co Ltd	TWK Investments Ltd
Svenska Cellulosa SCA AB	Uflex Ltd
SVG Group Co Ltd	Unick Fix-A-Form and Printers Ltd
Synthiko Foils Ltd	Unioninvestplastika dd Sarajevo
T.O. Holdings Co Ltd	Uniply Decor Ltd
Ta Ann Holdings Bhd	Uniply Industries Ltd
Taghleef Industries SAE	Unisource Corp
Taiga Building Products Ltd	Unitech International Ltd
Taihan Precision Technology Co Ltd	United Paper Industries BSCC
Tailim Packaging Co Ltd	United Paper PCL
Taisei Lamick Co Ltd	Universal Co for Packaging Materials and Paper SAE
Taiwan Hon Chuan Enterprise Co Ltd	Universal Forest Products Inc
Taiwan Pulp & Paper Corp	UPA Corporation Bhd
Takashima & Co Ltd	UPM-Kymmene Oyj
Takasho Co Ltd	Uzlomac ad Kotor Varos
Takemoto Yohki Co Ltd	Vallabh Poly-Plast International Ltd
Takween Advanced Industries SJSC	Vanachai Group PCL
Tamilnadu Newsprint & Papers Ltd	Vapi Enterprise Ltd
Tan Dai Hung Plastic JSC	Vegetable Oil Packing JSC
Tan Phu Plastic JSC	Verallia SAS
Tan Tien Plastic Packaging JSC	Versatile Creative Bhd
Tariq Glass Industries Ltd	Verso Corp
Tat Seng Packaging Group Ltd	Vetropack Holding SA
TCPL Packaging Ltd	Vicem Packaging Bimson JSC
Teamway International Group Holdings Ltd	Vicem Packaging But Son JSC
Texel Industries Ltd	Victory Paper and Boards (India) Ltd
Texplast Industries Ltd	Vidrala SA
Thai Coating Industrial PCL	Vien Dong Investment Development Trading Corp
Thai Film Industries PCL	Viet Nam Forestry Corporation JSC
Thai Metal Drum Manufacturing PCL	Viet Tri Paper JSC
Thai OPP PCL	VikyPlastic JSC
Thai Packaging & Printing PCL	Vinayak Polycon International Ltd
Thai Plaspac PCL	Vinh Plastic and Bags JSC
Thai Plastic Industrial (1994) PCL	Virgo Polymers India Ltd
Thang Long Urban Development and Construction Investment JSC	VirtualTek Corp
Thantawan Industry PCL	VIS Containers Manufacturing SA
Thong Guan Industries Bhd	Viscofan SA

Company	Company
Viskase Companies Inc	Yeakin Polymer Ltd
Vitafoam Nigeria Plc	Yem Chio Co Ltd
Voith Paper Fabrics India Ltd	Yew Bio-Pharm Group Inc
VR Woodart Ltd	YFY Inc
Vrancart SA	Yibin Paper Industry Co Ltd
Vyshnevolotskiy MDOK OAO	Yonwoo Co Ltd
W T K Holdings Bhd	Yonyu Plastics Co Ltd
Wan Cheng Metal Packaging Company Ltd	York Timber Holdings Ltd
Wang Zheng Bhd	Youlchon Chemical Co Ltd
Watson Software Ltd	Youngpoong Paper Mfg Co Ltd
Wavelock Holdings Co Ltd	Youyuan International Holdings Ltd
Werth Holz SA	Yueyang Forest & Paper Co Ltd
West Coast Paper Mills Ltd	Yunhong CTI Ltd
West Fraser Timber Co Ltd	Yunnan Energy New Material Co Ltd
Westbond Enterprises Corp	Yunnan Jinggu Forestry Co Ltd
Western Forest Products Inc	Yunnan Yuntou Ecology and Environment Technology Co Ltd
Western India Plywoods Ltd	Yuri Gagarin AD
Westrock Co	Zahrat Al Waha for Trading Company CJSC
Winpak Ltd	Zambia Forestry & Forest Industries Corporation PLC
Wonlim Corp	Zeecol International Inc
Woodbois Ltd	Zhejiang Great Shengda Packaging Co Ltd
Worth Peripherals Ltd	Zhejiang Great Southeast CorpLtd
Xiamen Hexing Packaging Printing Co Ltd	Zhejiang Jinghua Laser Technology Co Ltd
Xiamen Jihong Technology Co Ltd	Zhejiang Jingxing Paper Joint Stock Co Ltd
XiAn Global Printing Co Ltd	Zhejiang Kan Specialities Material Co Ltd
Xianhe Co Ltd	Zhejiang Rongsheng Environmental Protection Paper Joint Stock Co Ltd
Xpro India Ltd	Zhejiang Zhongcheng Packing Material Co Ltd
Xu Yuan Packaging Technology Co Ltd	Zhengye International Holdings Company Ltd
Yamadai Corp	Zhongfu Straits Pingtan Development Co Ltd
Yanaprima Hastapersada Tbk PT	Zhongmin Energy Co Ltd
Yash Pakka Limited	Zhuhai Zhongfu Enterprise Co Ltd
Yashraj Containeurs Ltd	Zignago Vetro SpA

**Apêndice 2 - Receita de Vendas por País no setor florestal no ano de 2019(art2)**

Country	Receita_total (USD)	n (empresas)	Country	Receita_total (USD)	n (empresas)
Argentina	493.934.725,08	4	Oman	66.247.339,89	4
Australia	4.080.646.433,59	4	Pakistan	492.493.568,77	8
Austria	2.292.686.537,00	1	Peru	39.056.094,18	1
Bahrain	18.743.401,33	1	Philippines	8.017.165,75	1
Bangladesh	3.477.796,36	1	Poland	802.614.646,21	9
Belgium	290.466.987,30	1	Portugal	8.396.725.922,10	6
Brazil	6.660.350.645,01	6	Romania	125.170.804,31	2
Bulgaria	96.919.314,17	8	Russia	2.276.012.512,78	6
Canada	19.275.685.151,52	22	Saudi Arabia	350.702.082,33	4
Cayman Islands	38.163.653,43	1	Singapore	1.008.331.744,50	9
Chile	4.637.726.911,52	6	South Africa	9.079.535.592,13	6
China	15.000.597.441,89	51	Spain	2.701.257.570,00	5
Colombia	545.696.117,74	3	Sri Lanka	33.237.813,31	2
Cyprus	66.572.944,19	2	Sweden	16.862.923.193,90	7
Denmark	381.625.459,50	2	Switzerland	1.089.502.655,80	2
Egypt	52.189.210,73	5	Taiwan	4.898.421.082,01	18
Finland	30.609.365.515,10	5	Thailand	948.636.965,59	16
France	2.658.486.298,11	9	Tunisia	18.875.820,99	1
Germany	253.130.144,45	3	Turkey	1.359.160.294,34	12
Ghana	3.250.393,70	1	United Kingdom	19.243.866.860,15	11
Greece	869.355.648,76	8	United States	96.482.276.220,00	42
Hong Kong	4.987.913.055,99	18	Venezuela	174.413.177,27	3
Hungary	7.943.722,78	1	Vietnam	364.702.820,83	26
India	4.930.330.195,30	80			
Indonesia	4.358.982.648,50	22			
Ireland; Republic of	8.671.190.517,00	1			
Israel	564.678.444,11	6			
Italy	942.781.881,70	2			
Ivory Coast	50.976.883,17	1			
Japan	57.896.323.081,71	57			
Korea; Republic (S)	10.415.046.096,49	40			
Kuwait	27.923.028,66	1			
Latvia	19.407.531,35	1			
Lithuania	49.310.586,67	1			
Macedonia	16.764.300,92	1			
Malaysia	3.033.145.523,44	45			
Mexico	787.896.892,29	2			
Morocco	39.385.554,35	1			
New Zealand	322.000.000,00	1			
Nigeria	217.526.327,87	4			
Norway	149.746.608,20	1			