



## Engenharia de Produção: What's Your Plan? 4



Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)

Engenharia de Produção:  
What's Your Plan? 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Natália Sandrini e Lorena Prestes

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E57 Engenharia de produção: what's your plan? 4 [recurso eletrônico] /  
Organizador Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta  
Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia de Produção:  
What's Your Plan?; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-256-2

DOI 10.22533/at.ed.562191204

1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação.  
3. Segurança do trabalho. I. Machado, Marcos William Kaspchak.  
II. Série.

CDD 620.0072

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia da Produção: What’s your plan?*” é subdividida de 4 volumes. O quarto volume, com 24 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados a inovação em gestão organizacional, gestão de segurança do trabalho, ferramentas de gestão da qualidade e sustentabilidade.

A sequência, os estudos de gestão da qualidade e sustentabilidade apresentam a utilização de princípios e ferramentas para o aumento de produtividade sustentável. Na gestão da qualidade são abordadas ferramentas como QFD, CEP e MASP. Estas ferramentas auxiliam as organizações na melhoria dos processos e redução de desperdícios o que gera um resultado, não só financeiro, mas também ambiental e social.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>1</b>  |
| QUALITY TOOLS FOR REDUCING THE AVERAGE SERVICE TIME OF NON-SCHEDULED OCCURRENCES IN AN ELECTRIC POWER DISTRIBUTOR   |           |
| Amanda da Silva Xavier<br>Raimundo Vinicius Dutra de Souza<br>Ângela Patrícia Linard Carneiro<br>Andersson Alves da Silva<br>Amanda Duarte Feitosa<br>Taynara Siebra Ribeiro<br>Emerson Rodrigues Sabino  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5621912041</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>17</b> |
| QUALIDADE: SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE DE UMA EMPRESA DO SETOR MOVELEIRO NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO-PA   |           |
| Elaine de Deus Alves<br>Milena Penha da Silva Santos<br>Fábia Maria de Souza<br>Hélio Raymundo Ferreira Filho<br>Aline de Oliveira Ferreira   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5621912042</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>29</b> |
| ELEMENTOS DA METODOLOGIA ÁGIL PARA O CONTROLE DA QUALIDADE  |           |
| Lorena Brenda de Oliveira<br>José Jefferson do Rego   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5621912043</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | <b>42</b> |
| ELIMINAÇÃO DE ESPERA E TRANSPORTE EM PROCESSO PARA AUMENTO DE PRODUÇÃO COM APLICAÇÃO DE CONCEITOS DO <i>LEAN PRODUCTION</i>   |           |
| Ismael Cristofer Baierle<br>Jones Luís Schaefer<br>Matheus Becker da Costa<br>Johanna Dreher Thomas<br>Gustavo Trindade Choaire   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5621912044</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>55</b> |
| ANÁLISE QUALITATIVA DO SISTEMA DE CHECKOUT CONVENCIONAL: O CASO DE UM SUPERMERCADO EM CAMPINA GRANDE - PB   |           |
| Arthur Arcelino de Brito<br>Pablo Veronese de Lima Rocha<br>Paulo Ellery Alves de Oliveira<br>Ellen Mendes de Freitas<br>Jaqueline Marques Rodrigues<br>Marrisson Murilo de Andrade Farias<br>Éder Wilian de Macedo Siqueira<br>Rafael de Azevedo Palhares<br>Mariana Simião Brasil de Oliveira<br>Diego de Melo Cavalcanti<br>Felipe Barros Dantas |           |

Victor Hugo Arcelino de Brito  
Nathaly Silva de Santana  
Pedro Osvaldo Alencar Regis

**DOI 10.22533/at.ed.5621912045**

**CAPÍTULO 6 ..... 72**

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE PARA ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA PANIFICADORA LOCALIZADA EM ANGICOS/RN

Otacília Maria Lopes Barbalho  
Jonathan Jameli Santos Medeiros  
Marcos Antônio Araújo da Costa  
Allan Fellipe de Azevedo Pessoa  
Taira Morais de Avelino  
Paulo Ricardo Fernandes de Lima  
Rayane Cabral da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.5621912046**

**CAPÍTULO 7 ..... 84**

APLICAÇÃO DE PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL EM UMA EMPRESA FRANCESA DE MANUTENÇÃO EM TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Natália Maria Puggina Bianchesi  
Vinícius Renó de Paula  
Fabrício Alves de Almeida  
Gabriela Belinato  
Pedro Paulo Balestrassi

**DOI 10.22533/at.ed.5621912047**

**CAPÍTULO 8 ..... 102**

GESTÃO DE QUALIDADE, PADRONIZAÇÃO E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA SOPRADORA KRONES S12

Andrey Sartori  
Bruna Vanessa de Souza  
Claudinilson Alves Luczkiewicz  
Ederson Fernandes de Souza  
Esdras Warley de Jesus  
Fabrício César de Moraes  
Moisés Phillip Botelho  
Rosana Sifuentes Machado  
Rosicley Nicolao de Siqueira  
Rubens de Oliveira  
William Jim Souza da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.5621912048**

**CAPÍTULO 9 ..... 117**

QFD - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE APLICADA NA GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Edinilson José Slabei  
Alfredo Bruger Junior  
Lilian Karine Turek

**DOI 10.22533/at.ed.5621912049**

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 10</b> .....   | <b>126</b> |
| CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP): IMPLANTAÇÃO EM UMA REFUSORA DE ALUMÍNIO SECUNDÁRIO   |            |
| Camila Aparecida Soares de Oliveira<br>Adriano Kulpa   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120410</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 11</b> .....   | <b>142</b> |
| ESTUDO DE VARIABILIDADE UTILIZANDO GRÁFICO DE CONTROLE PARA MEDIDAS INDIVIDUAIS EM UMA MICROEMPRESA DO SETOR ALIMENTÍCIO   |            |
| Maria Carolina Parreiras Gonçalves Peixoto<br>Matheus Albiani Alves<br>César Augusto Ribeiro<br>Henrique Tadeu Castro Mendes<br>Alessandra Lopes Carvalho                  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120411</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 12</b> .....   | <b>156</b> |
| UTILIZAÇÃO DO MÉTODO MASP PARA REDUÇÃO DE REFUGO NUMA INDÚSTRIA MOVELEIRA NO NOROESTE DO PARANÁ  |            |
| Nathália Pirani Rubio<br>Thiago Dias Lessa do Nascimento<br>Marília Neumann Couto<br>João Arthur Pirani Rubio  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120412</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 13</b> .....   | <b>164</b> |
| A APLICAÇÃO DO MASP NUMA EMPRESA DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA  |            |
| David Cassimiro de Melo<br>Marcel Alison Pimenta Bastos Cabral de Medeiros<br>Marcelle Moreno Moreira<br>Victor Francisco Sabino Araújo Lima<br>Bianca Luanna Barros Lopes |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120413</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 14</b> .....   | <b>180</b> |
| AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS PELO SETOR DE MINERAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO NO RN   |            |
| Andressa Galvão de Araújo<br>Luciana de Figueiredo Lopes Lucena  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120414</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 15</b> .....   | <b>192</b> |
| PROCESSOS TECNOLÓGICOS SUSTENTÁVEIS: O SISTEMA DE TORREFAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCÁRVÃO NO BRASIL  |            |
| Isabela Mariana Felipelli Barreto<br>Fernando Fabrício Lopes Eller de Oliveira<br>João Evangelista de Almeida Saint'Yves   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120415</b>  |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 16</b> .....   | <b>205</b> |
| SUSTENTABILIDADE DA BIOENERGIA BRASILEIRA E ROTAS DE CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOMASSAS   |            |
| Herbert Carneiro Rangel<br>Claudio Luiz Melo de Souza  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120416</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 17</b> .....   | <b>221</b> |
| RECICLAGEM DE LAMA FINA DE ACIARIA ATRAVÉS DA TECNOLOGIA DE BRIQUETAGEM PARA REUTILIZAÇÃO NO PROCESSO DA ACIARIA   |            |
| Aline Tatiane Nascimento de Oliveira<br>Janaina Antônia Alves da Silva<br>Pâmella Franciele Pereira<br>Leonardo Ayres Cordeiro   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120417</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....   | <b>233</b> |
| ANÁLISE DE BARREIRAS QUE AFETAM A ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS VOLTADAS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA   |            |
| Moisés Phillip Botelho<br>Istefani Carísio de Paula  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120418</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....   | <b>259</b> |
| A IMPORTÂNCIA DOS INVESTIMENTOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) PARA A TRAJETÓRIA SUSTENTÁVEL DAS EMPRESAS   |            |
| Mariana Simião Brasil de Oliveira<br>Rafael de Azevedo Palhares<br>Tuíra Morais Avelino Pinheiro<br>Paulo Ricardo Fernandes de Lima<br>Jéssyca Fabíola Ribeiro Ataliba<br>Arthur Arcelino de Brito<br>Paulo Ellery Alves de Oliveira<br>Nathaly Silva de Santana<br>Izaac Paulo Costa Braga<br>Hálison Fernandes Bezerra Dantas<br>Pedro Osvaldo Alencar Regis |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120419</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 20</b> .....   | <b>273</b> |
| DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR PARA O CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA COM INTERFACE ONLINE PARA FOMENTAR O CONSUMO CONSCIENTE DA ÁGUA EMBUTIDA EM REFEIÇÕES   |            |
| Luis Gabriel de Alencar Alves<br>Thais Aparecida Ribeiro Clementino<br>Caio Vinicius de Araujo Ferreira Gomes<br>Ana Caroline Evangelista de Lacerda<br>Rodolfo José Sabiá   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120420</b>  |            |



|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 21</b> .....   | <b>285</b> |
| DIAGNÓSTICO POR HIERARQUIZAÇÃO DECRESCENTE DE FREQUÊNCIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO CAMPUS DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA CEARENSE                           |            |
| Andresa Dantas de Araújo<br>Vinícius Nascimento Araújo   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120421</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 22</b> .....   | <b>296</b> |
| A LOGÍSTICA REVERSA COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE GESTÃO DE CUSTO E SUSTENTABILIDADE DE UMA EMPRESA   |            |
| Laís da Costa Valentim<br>Maria Rita de Cássia Calçada Leopoldino<br>Anderson Vinícius Fontes dos Santos   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120422</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 23</b> .....   | <b>308</b> |
| INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E PRÁTICAS DE GOVERNANÇA CORPORATIVA: PROPOSTA DE AVALIAÇÃO PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS                        |            |
| Guilherme Scheuermann<br>Carlos Cyrne<br>Estela Gausmann<br>Chantreli Schneider  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120423</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 24</b> .....   | <b>319</b> |
| PRÁTICAS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL POR MICROEMPRESAS: ESTUDO DE CASO EM MARMORARIAS   |            |
| Cícero Hermínio do Nascimento Júnior<br>Maria de Lourdes Barreto Gomes<br>Daniel Barros Castor<br>Gabriel Almeida do Nascimento<br>Ana Maria Magalhães Correia |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.56219120424</b>  |            |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....   | <b>332</b> |

## A IMPORTÂNCIA DOS INVESTIMENTOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) PARA A TRAJETÓRIA SUSTENTÁVEL DAS EMPRESAS

### **Mariana Simião Brasil de Oliveira**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Rafael de Azevedo Palhares**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Tuíra Moraes Avelino Pinheiro**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Paulo Ricardo Fernandes de Lima**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Jéssyca Fabíola Ribeiro Ataliba**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Arthur Arcelino de Brito**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Paulo Ellery Alves de Oliveira**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Nathaly Silva de Santana**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Izaac Paulo Costa Braga**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Hálison Fernandes Bezerra Dantas**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Pedro Osvaldo Alencar Regis**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo analisar o impacto dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no aumento das produtividades do carbono e do uso da energia e, conseqüentemente, na sustentabilidade das firmas. Nas últimas décadas, a preocupação com a economia ambiental tem aumentado progressivamente, e a Pesquisa e Desenvolvimento surge para elevar as capacidades tecnológicas das firmas e desenvolver processos produtivos mais eficientes. Para realizar esta pesquisa, o procedimento metodológico empregado é uma análise com dados em painel, contendo um total de 232 observações de 58 firmas ao longo de quatro anos, obtidos por meio das fontes de pesquisa *Corporate Knights* e *S&P Capital IQ*, no qual utilizou-se o método de regressão linear a fim de verificar a significância dos investimentos em P&D na sustentabilidade das firmas. Os coeficientes estimados representam as elasticidades parciais dos investimentos em P&D em relação a dois índices de desempenho: a produtividade do carbono e a produtividade do uso da energia. Os resultados apontam que os investimentos em P&D conseguem aumentar a

produtividade dos índices sustentáveis, e, dessa forma, constituem-se fator essencial para o sucesso da dinâmica das empresas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Investimentos, Sustentabilidade, Elasticidades parciais.

## 1 | INTRODUÇÃO

No atual cenário econômico, a estratégia das empresas orienta-se, principalmente, pela alta competitividade e pela criação de produtos ou processos direcionados a um padrão de qualidade cada vez mais distintos da concorrência. A inovação voltada para a sustentabilidade das empresas é um tema que tem ganhado destaque em uma perspectiva cada vez mais evidente, pois processos produtivos mais eficientes são cada vez mais exigidos parte dos clientes, sociedade e governo (ZHAO E SUN, 2016). A inovação tecnológica constitui um dos mais importantes fatores determinantes da competitividade internacional.

A inovação tecnológica constitui um dos mais importantes fatores determinantes da competitividade internacional. A intensidade de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) tem sido utilizada como variável proxy para a inovação, e é empregada amplamente em estudos de inovação (HALL; LOTTI; MAIRESSE, 2012). Em adição, sabe-se que a preocupação com a economia ambiental, o desenvolvimento sustentável e a responsabilidade social corporativa aumentaram progressivamente, a um nível global. Assim, é necessário articular políticas tecnológicas e ambientais adequadas que estimulem e garantam o crescimento das empresas e a competitividade em economias de produtivas e exportação (SOUTO E RODRIGUEZ, 2015).

Os clientes estão optando cada vez mais por empresas que são responsáveis pela questão ambiental, e, para que possam continuar existindo no mercado e crescendo de forma rentável, as empresas devem buscar atender as preferências dos clientes. A inovação é um dos elementos que mais consegue criar valor para as empresas e estas devem pensar em inovações sustentáveis (BEKMECZI, 2015). O propósito desse trabalho é analisar os impactos dos investimentos em P&D em relação a dois índices de desempenho das firmas, a produtividade do carbono e a produtividade do uso da energia.

Os dados utilizados nesta pesquisa consistiram em dados organizados em painel, contendo um total de 232 observações e foram obtidos por meio das fontes de pesquisa *Corporate Knights* e *S&P Capital IQ*. Para testar as hipóteses do modelo teórico, foi empregada a metodologia de regressão linear tomando dados organizados em painel, com 58 firmas ao longo de quatro anos, conforme disponibilidade dos dados. Os coeficientes estimados representam as elasticidades parciais dos investimentos em inovação das empresas nos esforços sustentáveis de produtividade (carbono e uso de energia). As evidências encontradas dão suporte às recentes pesquisas, de forma que tais investimentos são necessários para uma construção da trajetória sustentável

das empresas.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A teoria da firma

Varian (2006) define a função de produção como a função que descreve a fronteira do conjunto de produção, que é o conjunto de todas as combinações de insumos e produtos que compreendem formas tecnologicamente viáveis de produzir. O conjunto de produção mostra as escolhas tecnológicas possíveis com as quais a empresa se defronta.

Para simplificar a análise, dois insumos serão utilizados: o trabalho, L, e o capital, K. O parâmetro A refere-se ao parâmetro que captura o efeito da tecnologia na produtividade dos insumos. Autores como, por exemplo, Ferguson (1999), Pindyck e Rubinfeld (2005) e Mansfield e Yohe (2006) adotam o valor de A sendo igual a um, mas o estudo será desenvolvido de acordo com a função de produção denominada Cobb-Douglas utilizando o parâmetro A, segundo a literatura tradicional. A função Cobb-Douglas têm sido amplamente aplicada em trabalhos teóricos e empíricos. A função de produção então é definida por:

$$Q = f(K, A \times L)$$

Equação (1)

Essa equação verifica que a quantidade do produto depende da quantidade de dois insumos: o capital e o trabalho, e também da tecnologia aplicada no processo produtivo. O produto pode ser gerado de várias maneiras, pois a função de produção permite que os insumos sejam combinados em proporções variadas. As funções de produção descrevem o que é tecnicamente viável quando a empresa opera eficientemente, ou seja, quando utiliza cada combinação de insumos da forma mais eficaz possível (PINDYCK E RUBINFELD, 2005).

### 2.2 Importância da inovação para a sustentabilidade

A inovação, quando associada à questão ambiental, pode propiciar o surgimento de inovações tecnológicas importantes, através de maior eficiência produtiva, novas oportunidades de negócios ou produtos menos agressivos ao meio ambiente. A demanda da sociedade para que as organizações busquem alternativas para as questões ambientais atua como uma influência externa nos processos inovadores, inspirando as organizações a buscarem inovações sustentáveis (HANSEN; DUNKER; REICHWALD, 2009).

Uma organização inovadora sustentável é aquela que atua no sentido de alcançar o desenvolvimento social incluyente, tecnologicamente prudente e economicamente

eficiente. Dessa forma, a preocupação com o meio ambiente está estreitamente relacionada com a inovação, devido seu impacto sobre o meio ambiente e a sociedade, já que elas determinam o que será produzido, como será produzido e como serão distribuídos os resultados do esforço coletivo. As organizações inovadoras sustentáveis são aquelas que geram inovações desse tipo, de modo contínuo (CURI ET AL. 2010).

Para os autores Curi et al. (2010) apud Schumpeter (1934), há três motivos que impulsionam a inovação sustentável:

1. A política pública, cujas regulamentações são os motores para a inovação sustentável;
2. Atitudes voluntárias, a partir das quais as empresas adotam padrões de desempenho ambiental para atender ou se antecipar às demandas previstas;
3. Uma visão baseada em recursos em que as considerações ecológicas são incorporadas na gestão estratégica, na prevenção da poluição e na gestão de produtos.

Da integração da inovação tecnológica com a sustentabilidade surge inovação tecnológica orientada para o desenvolvimento sustentável, ou inovação tecnológica sustentável, que é conceituada por Hansen, Grosse-Dunker e Reichwald (2009) como as inovações que abrangem as dimensões econômica, ambiental e social de uma empresa, podendo gerar resultados positivos nestes âmbitos.

### 3 | METODOLOGIA

#### 3.1 Estimação com dados em painel

Os conjuntos de dados que possuam as dimensões de corte transversal e de séries temporais estão sendo usados cada vez mais na pesquisa empírica, e são chamados de dados em painel ou dados longitudinais (WOOLDRIDGE, 2015). Na metodologia de dados em painel, a mesma unidade de corte transversal utilizada é acompanhada ao longo do tempo, possuindo de uma dimensão espacial e outra temporal (GUJARATI; PORTER, 2011).

Gujarati e Porter (2011) apud Baltagi (1998) citam algumas vantagens de se trabalhar com dados em painel em relação a dados de corte transversal ou de séries temporais são:

1) *Heterogeneidade*: uma vez que os dados em painel se relacionam a indivíduos, empresas, estados, países etc., com o tempo, tende a haver heterogeneidade nessas unidades.

2) *Mais informações sobre os dados*: combinando séries temporais com observações de corte transversal, os dados em painel oferecem dados mais informativos, maior variabilidade, menos colinearidade entre variáveis, mais graus de liberdade e mais eficiência.

3) *Dinâmica*: estudando repetidas observações em corte transversal, os dados

em painel são mais adequados para examinar a dinâmica da mudança.

4) *Medição mais eficiente dos efeitos*: os dados em painel podem detectar e medir melhor os efeitos que simplesmente não podem ser observados em um corte transversal puro ou em uma série temporal pura.

5) *Estudos mais complicados*: permitem estudar modelos de comportamento mais complicados.

### 3.2 Descrição da amostra e natureza dos dados

Os dados utilizados nesta monografia consistiram em dados organizados em painel, contendo um total de 232 observações e foram obtidos por meio de duas fontes de pesquisa: *Corporate Knights* e *S&P Capital IQ*. Na elaboração do painel de dados, inicialmente realizou-se o cruzamento da base de dados do relatório *Global 100 Most Sustainable Corporations* (100 Empresas Mais Sustentáveis do Mundo), fornecida pela *Corporate Knights*, empresa de consultoria de investimentos. Esse relatório tem por objetivo a divulgação de cem empresas, dentre as maiores do mundo em valor de capital, com melhor desempenho em indicadores sociais, econômicos e ambientais, baseando-se no desempenho das empresas mensurado a partir de doze indicadores-chave quantitativos, que abrangem temas como: energia, carbono, água, resíduos, inovação, remuneração, segurança, rotatividade e diversidade.

Nesse cruzamento, identificaram-se as firmas presentes em pelo menos três anos do período de 2012 a 2015, obtendo-se um total de 58 empresas, distribuídas em 10 setores e 21 países, onde se considerou como variáveis no painel o Uso da Energia e a Produtividade do Carbono. Em seguida, foi adicionada ao painel de dados uma nova variável: o total de despesa com P&D de cada firma, obtida na base de dados da *Standard & Poor's (S&P) Capital IQ*, do ano de 2012 até o ano de 2015.

### 3.3 Modelo estimado e descrição das variáveis

Para analisar o impacto dos investimentos em pesquisa no “grau de sustentabilidade” das firmas, foram estimadas as seguintes equações por meio de programa computacional:

$$\log(P_{ijt}^{cb}) = \alpha + \beta \cdot \log(P\&D_{ijt}) + \delta_i + \gamma_j + \varepsilon_{ijt} \quad \text{Equação (2)}$$

$$\log(P_{ijt}^{en}) = \alpha + \beta \cdot \log(P\&D_{ijt}) + \delta_i + \gamma_j + \varepsilon_{ijt} \quad \text{Equação (3)}$$

Em ambas as equações, P&D representa todos os investimentos alocados pelas firmas nas atividades de inovação. Os vetores  $\delta_i$  e  $\gamma_j$  representam os efeitos fixos relativos às firmas e setores, respectivamente, capturando formas de organização, estratégia empresarial, padrões de concorrência em cada setor, dentre outras especificidades, sejam em nível de firmas ou setoriais que podem afetar a demanda

por investimentos.

A variável de impacto do modelo, representada pelo coeficiente angular, significa a elasticidade parcial da produtividade do carbono em relação aos investimentos em P&D (Equação 2) e da produtividade do uso da energia em relação aos investimentos em P&D (Equação 3). O cálculo para esse coeficiente é mostrado na Equação 4:

$$\varepsilon = \frac{\Delta y}{\Delta P\&D} = \frac{\frac{\Delta y}{y}}{\frac{\Delta P\&D}{P\&D}} = \frac{\Delta y}{\Delta P\&D} \times \frac{P\&D}{y} \cong \frac{\Delta \log(y)}{\Delta \log(P\&D)}$$

Equação (4)

A aproximação acima é devida ao fato de que a variação de  $y$  em relação a variação de P&D multiplicada pela variável P&D dividida por  $y$  retorna valores pequenos, o que se aproxima da variação do  $\log(y)$  em relação a variação do  $\log(P\&D)$ . Logo, a elasticidade parcial é a derivada parcial do  $\log(y)$  em relação a derivada parcial do  $\log(P\&D)$ , como mostrado na Equação 5:

$$\varepsilon = \frac{\partial \log(y)}{\partial \log(P\&D)}$$

Equação (5)

A Equação 5 fornece o método de cálculo da elasticidade parcial, que significa a derivada parcial do logaritmo de  $y$  (na qual  $y$  pode ser a produtividade do carbono ou a produtividade do uso da energia) em relação a derivada parcial dos investimentos em P&D.

As variáveis  $P^{cb}$  e  $P^{en}$  representam, respectivamente, a produtividade do carbono e da energia consumida. De acordo com a *Corporate Knights Magazine*, a Produtividade do Carbono e o Uso da Energia são dois indicadores-chave de desempenho que medem o desempenho dos processos de uma empresa.

Em relação à produtividade do carbono, sabe-se que os gases de efeito estufa (GEE) são cada vez mais caros e regulamentados, criando novos tipos de custos e benefícios financeiros para as empresas afetadas. Esse indicador é definido como a divisão da receita total da empresa pelas emissões totais de gases do efeito estufa (GEE) emitidos ( $CO_2e$ ), e dá uma noção de como as empresas estão expostas ao novo ambiente regulatório das emissões de gases do efeito estufa. Somente as emissões no âmbito 1 e 2 são incluídas segundo o Protocolo de Gases do Efeito Estufa.

O uso da energia é definido como a divisão da receita total pelo uso total de energia (Gigajoules). Em quase todas as jurisdições na terra, os custos de energia estão subindo. Os preços também estão se tornando muito mais voláteis, deixando mais difícil para as empresas gerirem a sua estratégia energética. Esse indicador se refere ao quanto as empresas geram de receita em relação a cada unidade de energia que utilizam, e reflete a forma de como as empresas se adaptam às mudanças no futuro energético.

As equações dos indicadores definidos anteriormente podem ser visualizadas a seguir:

- Equação da Produtividade do Carbono: Receita (US\$) / Emissões de gases do efeito estufa (Protocolo de Gases do Efeito Estufa, âmbitos 1 + 2)
- Equação da Produtividade do Uso da Energia: Receita (US\$) / Uso da Energia (Gigajoules).

### 3.4 Técnica de estimação para dados em painel: método de efeitos fixos

A técnica empregada nesse trabalho para estimação do modelo de efeitos não observados de dados em painel é a estimação de efeitos fixos. Esse método usa transformação para remover os efeitos não observados, que são os vetores  $\delta_i$  e  $\gamma_j$  representando os efeitos fixos relativos às firmas e setores representados na Equação 2 e na Equação 3, onde quaisquer variáveis explicativas constantes no tempo são removidas com  $\delta_i$  e  $\gamma_j$  (WOOLDRIDGE, 2015).

Ainda conforme Wooldridge (2015) uma maneira tradicional de aplicar o método de efeitos ajustados é presumir que os efeitos não observados,  $\delta_i$  e  $\gamma_j$ , são os parâmetros a serem estimados para cada  $i$  e  $j$ . Esse método é chamado de regressão de variáveis dummy, e para que seja possível estimar um intercepto para cada  $i$  e  $j$ , é necessário introduzir uma variável dummy para cada observação do corte transversal, juntamente com as variáveis explicativas do modelo.

Segundo Gujarati e Porter (2011), o modelo de mínimos quadrados com variáveis dummy para efeitos fixos conta com a heterogeneidade entre indivíduos, pois cada um deles possuirá uma variável dummy que irá representar o intercepto. O termo “efeitos fixos” deve-se ao fato de que, embora o intercepto possa diferir entre os indivíduos, o intercepto de cada indivíduo não varia com o tempo; ele é invariante no tempo.

Assim, a Equação 6 mostra a o modelo de efeitos fixos não observados:

$$y_{ijt} = a + \beta_1 x_{ijt1} + \beta_2 x_{ijt2} + \dots + \beta_k x_{ijtk} + \delta_i + \gamma_j + \varepsilon_{ijt} \quad \text{Equação (6)}$$

Nessa equação,  $\delta_i$  e  $\gamma_j$  são os interceptos que representam cada firma  $i$  e cada setor  $j$ , respectivamente, e os regressores do modelo são representados pelo índice  $k$ .

### 3.5 Estatísticas do modelo econométrico

#### 3.5.1 Teste de Heterocedasticidade

O teste de heterocedasticidade implica em verificar se a variância do erro estocástico é constante ou não. Na hipótese de variância constante (homocedástica), o método estimado gera estimativas eficientes aos parâmetros. Caso contrário, as estimativas de erro-padrão passam a apresentar tendenciosidade e, portanto, o teste t-student é afetado na construção dos intervalos de confiança. A estatística adotada



consiste no teste de Breusch–Pagan (1979) e Cook–Weisberg (1983) segundo a Equação 7:

$$\text{var}(\varepsilon_{it}) = \sigma^2 \cdot \exp\{z_t\}$$

$$H_0: t = 0$$

Equação (7)

$$H_1: t \neq 0$$

Conforme o teste, o vetor ‘z’ é implementado usando os valores preditos da variável dependente, relaxando a hipótese de que os erros do modelo sejam distribuídos normalmente e independentemente. A hipótese nula implica que a variância do erro é constante e, portanto, as estimativas geradas são eficientes (homocedasticidade). Caso contrário, a heterocedasticidade observada afeta os intervalos de confiança das estimativas conduzindo a conclusões equivocadas na relação entre as variáveis do modelo.

### 3.5.2 Teste de Autocorrelação

O teste de autocorrelação aplicado consiste no método proposto por Cumby e Huizinga (1992). O teste proposto segue uma distribuição de qui-quadrado com a hipótese nula de que os resíduos não seguem uma média móvel de ordem conhecida ‘q’. Assim, uma vez especificada a ordem da média móvel, os parâmetros estimados da média móvel são estatisticamente iguais a zero. A maior vantagem deste teste consiste na sua robustez na presença de heterocedasticidade condicional e em circunstâncias de resíduos não distribuídos identicamente e independentemente.

$$H_0: \text{Ausência de autocorrelação de ordem } q$$

$$H_1: \text{Presença de autocorrelação de ordem } q$$

## 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Análise descritiva

A Tabela 1 apresenta a distribuição das 58 firmas da base de dados em painel conforme dez setores: Assistência médica, Bens de consumo, Bens de consumo básicos, Energia, Finanças, Indústria, Materiais, Serviços de telecomunicação, Tecnologia da informação e Utilidades.

É possível verificar que o setor que abrange o maior número de empresas é o

setor de Finanças, com um total de 11 firmas. Dentre as 58 firmas do painel de dados, 10,34% pertencem ao setor de Assistência médica, 10,34% pertencem ao setor de Bens de consumo, 8,62% pertencem ao setor de Bens de consumo básicos, 10,34% são do setor de Energia, 18,97% são de setor de Finanças, 15,52% são do setor de Indústria, 3,45% pertencem ao setor de Materiais, 5,17% são do setor de Serviços de telecomunicação, 13,79% pertencem ao setor de Tecnologia da informação e 3,45 são do setor de Utilidades.

| Setor                       | Frequência | Frequência percentual | Frequência acumulada |
|-----------------------------|------------|-----------------------|----------------------|
| Assistência médica          | 6          | 10,34                 | 10,34                |
| Bens de consumo             | 6          | 10,34                 | 20,69                |
| Bens de consumo básicos     | 5          | 8,62                  | 29,31                |
| Energia                     | 6          | 10,34                 | 39,66                |
| Finanças                    | 11         | 18,97                 | 58,62                |
| Indústria                   | 9          | 15,52                 | 74,14                |
| Materiais                   | 2          | 3,45                  | 77,59                |
| Serviços de telecomunicação | 3          | 5,17                  | 82,76                |
| Tecnologia da informação    | 8          | 13,79                 | 96,55                |
| Utilidades                  | 2          | 3,45                  | 100,00               |
| Total                       | 58         | 100,00                |                      |

Tabela 1 - Distribuição das firmas em setores

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 2 apresenta as 58 firmas distribuídas conforme 21 países, segundo os dados em painel. Os países são: Alemanha, Austrália, Bélgica, Brasil, Canadá, Coreia do Sul, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grã-Bretanha, Hong Kong, Japão, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, Singapura, Suécia e Suíça.

Observa-se que a maior frequência ocorre nos Estados Unidos, onde 7 das 58 empresas são empresas norte-americanas, o que representa 12,07% do total. Em segundo está a França, com 6 empresas, representando 10,34% do total de empresas e, em terceiro lugar, estão Canadá e Alemanha, com 5 empresas, representando 8,62% do total de empresas.

| País      | Frequência | Frequência percentual | Frequência acumulada |
|-----------|------------|-----------------------|----------------------|
| Alemanha  | 5          | 8,62                  | 8,62                 |
| Austrália | 3          | 5,17                  | 13,79                |
| Bélgica   | 2          | 3,45                  | 17,24                |
| Brasil    | 1          | 1,72                  | 18,97                |
| Canadá    | 5          | 8,62                  | 27,59                |

|                |    |        |        |
|----------------|----|--------|--------|
| Coreia do Sul  | 1  | 1,72   | 29,31  |
| Dinamarca      | 1  | 1,72   | 31,03  |
| Espanha        | 1  | 1,72   | 32,76  |
| Estados Unidos | 7  | 12,07  | 44,83  |
| Finlândia      | 3  | 5,17   | 50,00  |
| França         | 6  | 10,34  | 60,34  |
| Grã-Bretanha   | 1  | 1,72   | 62,07  |
| Hong Kong      | 1  | 1,72   | 63,79  |
| Japão          | 2  | 3,45   | 67,24  |
| Noruega        | 2  | 3,45   | 70,69  |
| Países Baixos  | 3  | 5,17   | 75,86  |
| Portugal       | 1  | 1,72   | 77,59  |
| Reino Unido    | 4  | 6,90   | 84,48  |
| Singapura      | 3  | 5,17   | 89,66  |
| Suécia         | 4  | 6,90   | 96,55  |
| Suíça          | 2  | 3,45   | 100,00 |
| Total          | 58 | 100,00 |        |

Tabela 2 - Distribuição das firmas em países

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 3 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis e os respectivos níveis de significância associados a cada correlação.

|                                      | log(P&D) | log(produtividade do carbono) | log(produtividade do uso da energia) |
|--------------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| log (P&D)                            | 1        | 0,5334                        | 0,5084                               |
|                                      | -        | 0,0000                        | 0,0000                               |
| log (produtividade do carbono)       | 0,5334   | 1                             | 0,9510                               |
|                                      | 0,0000   | -                             | 0.0000                               |
| log(produtividade do uso da energia) | 0,5084   | 0,9510                        | 1                                    |
|                                      | 0,0000   | 0.0000                        | -                                    |

Tabela 3 - Matriz de Correlação com as Variáveis do Modelo

Fonte: Elaboração própria.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 3, a correlação linear entre as variáveis log(P&D) e log(produtividade do carbono) mostrou-se moderada e estatisticamente significativa (0,5534), principalmente ao nível significância de 1%, de maneira que rejeita-se a hipótese nula de ausência de associação linear significativa entre as variáveis ( $H_0: t(\log(P\&D), \log(\text{produtividade do carbono})) = 0$ ). Em seguida, o coeficiente de correlação entre as variáveis log(P&D) e log(produtividade do uso da energia) mostrou-se também moderado e estatisticamente significativo (0,5084),

porém menor que o coeficiente anterior. Esse coeficiente também foi significativo ao nível de 1%, rejeitando, novamente, a hipótese nula de ausência de associação linear entre as variáveis ( $H_0: t(\log(\text{P\&D}), \log(\text{produtividade do uso da energia})) = 0$ ).

Por fim, tem-se o coeficiente de correlação entre as variáveis  $\log(\text{produtividade do carbono})$  e  $\log(\text{produtividade do uso da energia})$ . O resultado calculado foi de um coeficiente elevado (0,9510) e, de maneira análoga aos resultados anteriores, rejeita-se a hipótese nula de ausência de associação linear significativa entre essas variáveis ( $H_0: t(\log(\text{produtividade do carbono}), \log(\text{produtividade do uso da energia})) = 0$ ), considerando o nível de significância de 1%.

## 4.2 Resultados do modelo

Os resultados dos modelos estimados (Equação 2 e Equação 3) podem ser visualizados na Tabela 4.

| Variáveis                        | (1)                                     | (2)  |
|----------------------------------|---|--|
|                                  | $\log(\text{produtividade do carbono})$ | $\log(\text{produtividade do uso da energia})$ |
| <b>log(P&amp;D)</b>              | 0.134***<br>(0.0596)                    | 0.177***<br>(0.0645)                           |
| <b>Constante</b>                 | 15.88***<br>(0.575)                     | 14.27***<br>(0.626)                            |
| <b>R<sup>2</sup></b>             | 0.914                                   | 0.911  |
| Efeitos Fixos                    |   |  |
| <b>Setor</b>                     | Sim                                     | Sim  |
| <b>Pais</b>                      | Sim                                     | Sim  |
| Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test |   |  |
| <b>Ch<sup>2</sup></b>            | 0.06                                    | 0.56   |
| <b>p-value</b>                   | 0.8006                                  | 0.4539   |
| Cumby-Huizinga test              |   |  |
| <b>Ch<sup>2</sup></b>            | 38.765***                               | 47.799***                                      |
| <b>p-valor</b>                   | 0.0000                                  | 0.0000   |

Tabela 5 - Resultados das Equações Estimadas

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do modelo.

Nota: Níveis de Significância: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ .

As estimativas de erro-padrão estão em parênteses.

A primeira equação estimada representada pela coluna (1) consiste no modelo que considera os investimentos em P&D e a Produtividade do Carbono. A elasticidade parcial estimada foi de 0,134. Assim, um aumento em 1% nos investimentos em P&D das firmas, contribui, em média, para um crescimento de 13,4% no aumento da

produtividade do carbono. O parâmetro estimado foi estatisticamente significativo ao nível de 1%. Dessa forma, rejeita-se a hipótese nula de ausência de relação entre as variáveis do modelo.

O poder de explicação do modelo apresentou-se elevado e igual a 0,914, de maneira que 91,4% das variações na produtividade do carbono podem ser explicadas apenas pelos investimentos em P&D.

Em relação ao teste de Breusch–Pagan/Cook–Weisberg, a estatística de teste segue uma distribuição de  $\chi^2$  e apresentou-se baixa (0,06), o que implicou em um alto valor do seu p-valor (0,8006). Considerando-se um nível de significância de 10%, o teste implicou em não rejeitar a hipótese nula de que os resíduos apresentam variância constante. Logo, é possível concluir que os resíduos são homocedásticos e que os parâmetros estimados são eficientes pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários com Efeitos Fixos.

O teste de Cumby-Huizinga também segue uma distribuição de  $\chi^2$ , e esta apresentou-se elevada (38.765) e acarretou um p-valor igual a zero. Assim, o teste implicou em não aceitar a hipótese nula de ausência de autocorrelação, ou seja, rejeita-se a hipótese nula, verificando-se que há presença de autocorrelação entre os resíduos. Por meio desses dois testes, verificou-se, então, que não foi constatado heterocedasticidade dos resíduos, somente presença de correlação serial.

Na segunda equação estimada (coluna 2) tem-se o modelo que considera os investimentos em P&D e a Produtividade do Uso da Energia. A elasticidade parcial estimada foi de 0,177, apresentando uma pequena variação de 0,043 em relação a equação anterior. Assim, um aumento em 1% nos investimentos em P&D das firmas, contribui, em média, para um crescimento de 17,7% no aumento da produtividade do uso da energia. Esse resultado é estatisticamente significativo ao nível de 1%, rejeitando-se, assim, a hipótese nula de ausência de relação entre as variáveis do modelo.

O poder de explicação do modelo apresentou-se também elevado e igual a 0,911, de maneira que 91,1% das variações na produtividade do uso da energia podem ser explicadas apenas pelos investimentos em P&D.

O teste de Breusch–Pagan/Cook–Weisberg, que segue uma distribuição de  $\chi^2$ , apresentou-se também baixa (0,56), implicando em um elevado p-valor (0,4539). O teste implicou em não rejeitar a hipótese nula de que os resíduos apresentam variância constante, considerando-se um nível de significância de 10%, permitindo concluir que os resíduos são homocedásticos e que o método de Mínimos Quadrados Ordinários com Efeitos Fixos proporciona estimativas eficientes dos parâmetros.

O teste de Cumby-Huizinga também segue uma distribuição de  $\chi^2$ , e esta apresentou-se elevada (47.799), o que acarretou um p-valor igual a zero. Portanto, o teste implicou em não aceitar a hipótese nula de ausência de autocorrelação, verificando-se que há presença de autocorrelação entre os resíduos. Verificou-se, dessa forma, a homocedasticidade dos resíduos e também a presença de correlação

serial.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescente debate acerca da preocupação com o meio ambiente, torna-se necessário a articulação de estratégias tecnológicas e ambientais que possam garantir a rentabilidade e a sustentabilidade das empresas, onde os investimentos em P&D conseguem tornar mais dinâmicas as capacidades tecnológicas das firmas e desenvolvendo processos mais eficientes e sustentáveis.

O presente estudo utilizou de dados em painel, contendo 232 observações de 58 empresas ao longo de quatro anos obtidos por meio das fontes de pesquisa *Corporate Knights* e *S&P Capital IQ*. Foi empregada a técnica de regressão linear simples para estimar os parâmetros dos modelos, onde o primeiro considerou-se os investimentos em P&D e a produtividade do carbono e o segundo os investimentos em P&D e a produtividade do uso da energia. Os coeficientes estimados representaram as elasticidades parciais dos investimentos em inovação das empresas nos esforços sustentáveis de produtividade (carbono e uso de energia).

Os resultados obtidos neste trabalho revelaram a importância que os impactos em Pesquisa e Desenvolvimento têm para a dinâmica das empresas, pois, além de elevar as capacidades tecnológicas das firmas, contribui significativamente para a sustentabilidade destas, como foi mostrado nas análises dos resultados. Logo, as empresas devem direcionar os seus esforços inovativos para o desenvolvimento de tecnologias mais “limpas”, a fim de se inserirem em um ambiente sustentável, questão cada vez mais exigida por clientes, sociedade e governo. Salienta-se que o método de Mínimos Quadrados Ordinários com efeitos fixos proporcionou estimativas eficientes a todos os parâmetros analisados.

## REFERÊNCIAS

BALTAGI, Badi Hani. **Econometric Analysis of Panel Data**. John Wiley & Sons Inc., River Street, Hoboken, USA 3<sup>a</sup> ed., 1998.

BEKMEZCI, Mustafa. **Companies' profitable way of fulfilling duties towards humanity and environment by sustainable innovation**. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 181:228-240, 2015.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. **A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation**. *Econometrica*, v. 47, p. 1287-1294, 1979.

CUMBY, R. E.; HUIZINGA, J. **Testing the Autocorrelation Structure of Disturbances in Ordinary Least Squares and Instrumental Variables Regressions**. *Econometrica*, v. 60, n<sup>o</sup> 1, p. 185–195, 1992.

COOK, R. D.; EISBERG, S. Diagnostics for heteroscedasticity in regression. *Biometrika*, v. 70, p. 1-10, 1983.

CURI, D. P.; JUNQUEIRA, E. A.; BERTONI, E.; CAMARGO, E.; ALMEIDA, M. C. M. **Inovação sustentável nas empresas de cosméticos**. In: Encontro Nacional da ANPAD, 34. Anais. Rio de Janeiro: ANPAD, 2010.

GUJARATI, Damodar. N.; PORTER, Dawn. C. **Econometria básica**. 5ª edição. Porto Alegre: Amgh, 2011.

HANSEN, E; DUNKER, G. F.; REICHWALD, R. **Sustainability innovation cube: a framework to evaluate sustainability-oriented innovations**. *International Journal of Innovation Management*, v. 13, p. 683–713, 2009.

HALL, B. H.; LOTTI, F.; MAIRESSE, J **Employment, innovation, and productivity: evidence from Italian microdata**. *Industrial and corporate change*, v. 17, p. 813-839, 2012.

MANSFIELD, Edwin.; YOHE, Gary. **Microeconomia**. Traduzido da 11ª edição americana. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

PINDYCK, Robert. S.; RUBINFELD, Daniel. L. **Microeconomia**. 6ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

SCHUMPETER J.A. **The Theory of Economic Development**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1934.

SOUTO, Jaime. E.; RODRIGUEZ, Angel. **The problems of environmentally involved firms: innovation obstacles and essential issues in the achievement of environmental innovation**. *Journal Of Cleaner Production*, v. 102, p. 49-58, 2015.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: Princípios Básicos**. 7ª edição. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

ZHAO, X.; SUN, B. **The influence of Chinese environmental regulation on corporation innovation and competitiveness**. *Journal of Cleaner Production*, 112: 1528-1536, 2016.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO** Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.



Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-256-2

