

# Ciência, Tecnologia e Inovação: Experiências, Desafios e Perspectivas 2



**Samuel Miranda Mattos**  
(Organizador)

**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Ciência, Tecnologia e Inovação: Experiências, Desafios e Perspectivas 2



**Samuel Miranda Mattos**  
(Organizador)

**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	<p>Ciência, tecnologia e inovação experiências, desafios e perspectivas 2 [recurso eletrônico] / Organizador Samuel Miranda Mattos. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia.            ISBN 978-65-5706-069-8            DOI 10.22533/at.ed.698202705</p> <p>1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Mattos, Samuel Miranda.</p> <p style="text-align: right;">CDD 506</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Caros Leitores!

O Livro Ciência, Tecnologia e Inovação: Experiências, Desafios e Perspectivas, possibilita ampliação no conhecimento dos leitores, pois apresenta diversas áreas reunidas em dois volumes, sendo resultado de pesquisas desenvolvidas no âmbito nacional por diferentes Instituições de Ensino e colaborações de pesquisadores. Sua contribuição é substancial para o desenvolvimento da ciência e tecnologia do nosso país, configurando um avanço das nossas pesquisas.

O volume 1, tem o foco em pesquisas na área do ensino, educação, biológica e saúde divididos em 14 capítulos. Já o volume 2, apresenta resultados de pesquisa na área ambiental, tecnologia e informação em 13 capítulos respectivamente.

Os leitores poderão apreciar uma pluralidade de áreas nas ciências brasileira, percebendo os desafios e perspectivas que percorremos quando produzimos ciência. Desejo a todos uma ótima leitura e convidamos a embarcar nessa nova experiência.

Samuel Miranda Mattos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PRINCIPAIS ASPECTOS DA PROTEÇÃO DAS CULTIVARES NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL	
Líbia Cristina Xavier Santos Marina Couto Giordano Wina Eleana Lages Pereira Grace Ferreira Ghesti Lennine Rodrigues de Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027051</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>20</b>
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE PEQUENO PORTE PARA O CULTIVO DE UVAS UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	
Jonathan Paul Valverde Jimenez Giovane Ronei Sylvestrin Melanie Gissel Urdangarin Gamarra Jiam Pires Frigo Oswaldo Hideo Ando Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027052</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>60</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO EM MODO AUTÔNOMO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL POR AEROFOTOGRAMETRIA: UM ESTUDO DE CASO	
Gabryel Silva Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027053</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>74</b>
UMA APLICAÇÃO DE MINERAÇÃO DE DADOS COM MEE E MAPAS DE KOHONEN NO MERCADO DE SERVIÇOS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS	
Gutembergue Soares da Silva Teófilo Camara Mattozo André Pedro Fernandes Neto Fred Sizenando Rossiter Pinheiro Silva Antonio Sálvio de Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027054</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>87</b>
TECHNIQUE: CONTRIBUTIONS OF MARTIN HEIDEGGER	
Mauricio dos Reis Brasão Gustavo Araújo Batista José Carlos Souza Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027055</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>96</b>
SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA PRESSÃO NO BALONETE DE TUBOS ENDOTRAQUEAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	
Tássia Joany de Paiva Xavier Maria Elizete Kunkel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027056</b>	



<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>108</b>
DESENVOLVIMENTO DE UMA ANTENA DE MICROFITA COM POLARIZAÇÃO CIRCULAR PARA FPV EM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS	
<a href="#">Alexandre de Moraes Araújo</a> <a href="#">André Pedro Fernandes Neto</a> <a href="#">Gutemberg Soares da Silva</a> <a href="#">Fred Sizenando Rossiter Pinheiro Silva</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027057</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>128</b>
METODOLOGIAS DE STARTUPS AUXILIANDO NOS NOVOS MODELOS DE GESTÃO	
<a href="#">Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027058</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>134</b>
AVALIAÇÃO DE NÚMERO DE ESTÁGIOS TEÓRICOS DE DESTILADOR DE UM CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO DE AMÔNIA-ÁGUA	
<a href="#">Elí Wilfredo Zavaleta Aguilar</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027059</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>145</b>
UMA ADAPTAÇÃO DO BITTORRENT PARA <i>STREAMING</i> DE VÍDEO SOB DEMANDA INTERATIVO EM REDES MÓVEIS <i>AD HOC</i>	
<a href="#">Carlo Kleber da Silva Rodrigues</a> <a href="#">Vladimir Emiliano Moreira Rocha</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69820270510</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>161</b>
TRANSFERÊNCIA DE CULTIVARES NO CONTEXTO NACIONAL	
<a href="#">Alexandre Ventin de Carvalho</a> <a href="#">Líbia Cristina Xavier Santos</a> <a href="#">Marina Couto Giordano de Oliveira</a> <a href="#">Wina Eleana Lages Pereira</a> <a href="#">Grace Ferreira Ghesti</a> <a href="#">Lennine Rodrigues de Melo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69820270511</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>181</b>
INVESTIMENTOS EM TI: OS BANCOS DIVULGAM ESTES INVESTIMENTOS?	
<a href="#">Aline Thatyana Aranda da Rocha Branco Alcantara Alves</a> <a href="#">Napoleão Verardi Galeale</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69820270512</b>	
<b>CAPÍTULO 13 .....</b>	<b>189</b>
ANÁLISE PRELIMINAR DA EXPOSIÇÃO À VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS: ESTUDO DE CASO MOTOSSERRAS NA CAFEICULTURA	
<a href="#">Amanda de Carvalho Ferreira</a> <a href="#">Geraldo Gomes de Oliveira Júnior</a> <a href="#">Irlon de Ângelo da Cunha</a>	

Adriano Bortolotti da Silva  
João Carlos Teles Ribeiro da Silva  
Raphael Nogueira Rezende  
Lucas Deleon Ramirio  
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho

**DOI 10.22533/at.ed.69820270513**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>197</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>198</b>

## PRINCIPAIS ASPECTOS DA PROTEÇÃO DAS CULTIVARES NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

Data de aceite: 18/05/2020

**Líbia Cristina Xavier Santos**  
**Marina Couto Giordano**  
**Wina Eleana Lages Pereira**  
**Grace Ferreira Ghesti**  
**Lenine Rodrigues de Melo**

### INTRODUÇÃO

Em breve síntese, cultivar é o nome dado a uma nova variedade de espécie vegetal, não existente na natureza, decorrente do processo de melhoramento de seu conteúdo genético, obtido por meio do emprego de técnica, método, estratégia ou qualquer outro recurso que promova alguma melhoria a uma espécie vegetal. (SQUILASSI, 2003).

O melhoramento de espécies vegetais é uma das inovações humanas mais antigas que vem se perpetuando e se aperfeiçoando ao longo do tempo em razão dos inúmeros benefícios gerados ao desenvolvimento socioeconômico de qualquer país, essencialmente frente aos desafios de atender à crescente demanda mundial por alimentos, num cenário de escassez de recursos naturais. (RAMALHO, 2010).

Embora a primeira atividade que costumeiramente se vincula ao melhoramento de plantas seja a produção de alimentos, os vegetais possuem multiformes finalidades. Além de serem utilizados como fontes de energia (álcool e carvão vegetal), podem ser usados para fins de ornamentação (flores), como também possibilitam a extração de fibras e óleos industriais (dendê, mamona, soja), madeira e celulose (papel), entre outros produtos. Como se vê, a melhoria pode ocorrer desde o aumento da qualidade de tecidos, para se obter fibras mais longas em algodão, até no uso em cosméticos, como exemplo, o óleo de copaíba. (SQUILASSI, 2003)

O Brasil é um dos países mais ricos em biodiversidade do mundo. A soma de seus biomas terrestres, Mata Atlântica, Amazônia, Cerrado, Caatinga e Campos do Sul, abriga 20% (vinte por cento) das espécies de todo o planeta, constituindo 20% (vinte por cento) da flora global (VIEIRA, 2014). A carência de leis e mecanismos de proteção dos recursos genéticos, principalmente por um país com tantas riquezas naturais, estimula a evasão pelo uso não autorizado dos componentes de sua biodiversidade ou pela apropriação dos conhecimentos das populações tradicionais, o

que representa uma ameaça real para toda e qualquer estratégia de desenvolvimento do Brasil. (ANTÔNIO, 1999)

Por esta razão, a proteção dos cultivares produzidos pelo Brasil, tanto no contexto nacional como no internacional, é essencial para a exploração comercial da tecnologia incorporada à espécie pelo processo de melhoramento e a incorporação dos ganhos decorrentes à economia do País, de modo a alavancar a produção agrícola brasileira, tendo por base principal a ciência e tecnologia.

## **A CULTIVAR E SEUS TIPOS**

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento define cultivar como o resultado de melhoramento em uma variedade de planta que a torne diferente das demais em sua coloração, porte e resistência a doenças, de modo que a nova característica seja igual em todas as plantas da mesma cultivar, mantida ao longo das gerações (MAPA, 2018).

A existência de uma envolve necessariamente a ação do homem para que haja a alteração da característica fenotípica do vegetal, o que a diferencia de uma variedade, sendo uma espécie de planta dentro de uma população da mesma espécie que apresenta diferenças fenotípicas de ocorrência natural. (GUIMARÃES JR., 2010)

Cultivares híbridas são resultado de um cruzamento entre duas espécies de linhagens puras e diferentes, mas que possuem características homogêneas entre si, sendo a polinização induzida. Logo, para o plantio, será necessária a aquisição de novas sementes, uma vez que não há possibilidade de se manter as mesmas características das plantas nas próximas gerações. (MAGNAVACA, 1990) A polinização induzida é um processo caro e complexo, todavia as sementes híbridas costumam conceber plantas com muito vigor e produtividade. Além disso, permitem o uso mais eficiente de maquinários e aplicações de tecnologias que aprimoram a qualidade do produto final, porém recebem severas críticas por exigirem maior quantidade de fertilizantes, água e agrotóxicos. (MAGNAVACA, 1990).

Cultivares transgênicas são organismos geneticamente modificados pela inserção de um gene de outro organismo doador. Essa alteração no DNA permite a apresentação de uma característica não existente anteriormente. (EMBRAPA, 2012) O cruzamento é feito entre reinos vegetais diferentes, podendo ser genes de outras plantas ou genes de vírus ou bactérias, sempre em busca de melhorar a espécie, como gerar plantas resistentes a determinados tipos de pesticidas ou capazes de produzir seu próprio inseticida (EMBRAPA, 2012).

Os vegetais transgênicos podem ser classificados em três gerações, segundo a ordem cronológica de aparecimento das culturas e a característica apresentada

por cada geração. A primeira diz respeito às plantas geneticamente modificadas com características agronômicas resistentes a herbicida, a pragas e a vírus. Surgiram na década de 80 e até hoje compõem o grupo de sementes transgênicas mais comercializadas no mundo (EMBRAPA, 2012). A segunda geração compreende as plantas cujas características nutricionais foram melhoradas tanto quantitativamente como qualitativamente, embora seja um grupo pouco difundido no mundo, porém, com campos experimentais significativos. A terceira geração é composta pelas plantas que estão em fase de experimentação, destinadas à síntese de produtos especiais, como vacinas, hormônios, anticorpos e plásticos (EMBRAPA, 2012).

Há resistência aos transgênicos sob a alegação de que, se de um lado, tornam as plantas mais resistentes, de outro, aumentam o uso de agrotóxicos em seus cultivos pela possibilidade de gerarem plantas daninhas e pragas mais resistentes ao longo do tempo, além disso argumentam que pode haver a polinização cruzada com plantas convencionais, pois os vegetais procedentes de sementes transgênicas são altamente resistentes, podendo receber pesticidas sem que sejam danificados (FELLETT, 2014).

Apesar de serem novos nichos do setor agrícola, os cultivares transgênicos, e os híbridos exigem maquinários e tecnologias que garantam a eficiência adequada da produção, o que as torna mais dispendiosas que a cultivar não híbrida (MARKEL, 2018).

## **PROTEÇÃO DAS CULTIVARES NO CONTEXTO INTERNACIONAL**

O sistema internacional de propriedade intelectual está alicerçado em três principais marcos legais: a CUP, Convenção da União de Paris de 1883, a CUB, Convenção da União de Berna, de 1886, e o Acordo TRIPS, Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio, de 1994.

O arcabouço jurídico do referido sistema internacional teve início com a assinatura da CUP- Convenção da União de Paris para a Proteção da Propriedade Industrial- sendo o primeiro instrumento internacional de direitos de propriedade intelectual que reconheceu aos estados-membros os direitos de propriedade industrial (INVENTA, 2019). Instituída como união porquanto representava um espaço comum de direitos entre os estados signatários, vigente até os dias de hoje, a CUP já foi revista sete vezes e está baseada nos princípios da independência das patentes, do tratamento igual para nacionais e estrangeiros e dos direitos de prioridade (CHAVES, 2007).

O princípio da independência das patentes estabelece como diretriz a jurisdição nacional da concessão da patente. Assim, a patente concedida em um país não tem relação com a patente concedida em outro país, pois o título é válido apenas em

âmbito nacional. (CHAVES, 2007)

O princípio do tratamento igual para nacionais e estrangeiros assegura a isonomia entre países signatários da União de modo que cada país tenha as mesmas vantagens presentes nas legislações dos demais. Por esta razão, nenhum país pode dar tratamento preferencial ou discriminatório em favor do nacional. (CHAVES, 2007)

Já o direito de prioridade garante ao requerente de uma patente a preferência para depositar o mesmo pedido em outros países signatários da CUP por um prazo de 12 meses, contados a partir da data de apresentação do primeiro pedido no caso de invenções e modelos de utilidade. (CHAVES, 2007)

Diferentemente do Acordo TRIPS que visa uniformizar as leis nacionais e exige reciprocidade, a CUP prevê ampla liberdade legislativa para cada país, exigindo apenas que o tratamento dado ao nacional seja também concedido ao estrangeiro, não havendo nenhum sistema próprio de solução de controvérsias, na hipótese de violações de obrigações, devem ser levadas aos meios gerais de solução de controvérsias do Direito Internacional, como a Corte Internacional de Justiça, ou arbitragem. (BARBOSA, 2009)

A Convenção de Berna (CUB), fruto dos trabalhos que resultaram na Associação Literária e Artística Internacional de 1878, foi assinada em 1886, constituída na forma de união, eis que também é um espaço comum de direito, igualmente à CUP (BARBOSA, 2002). O escopo da Convenção de Berna é a proteção das obras literárias e artísticas, inclusive as de caráter científico. Em 1893, a CUP e a CUB fundiram seus escritórios para criar o Escritório Unificado Internacional para a Proteção da Propriedade Intelectual (BIRPI). Em 1970, o BIRPI deu origem à Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), sediada em Genebra, Suíça. (CHAVES, 2007)

A OMPI é uma agência da Organização das Nações Unidas (ONU) responsável pela administração de acordos internacionais relativos à propriedade intelectual. Inicialmente promovia a proteção da propriedade intelectual mundialmente e dava apoio administrativo às uniões intergovernamentais estabelecidas por acordos internacionais, mas perdeu espaço após a criação de Organização Mundial do Comércio (OMC). Atualmente, a OMPI trata dos aspectos práticos da expansão do sistema internacional de propriedade intelectual. (CHAVES, 2007)

A OMC foi criada em 1994 e em sua ata final foi estabelecido o Acordo sobre Aspectos de Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados com o Comércio (Acordo TRIPS), o instrumento jurídico internacional que dispõe sobre direito do autor e direitos conexos, marcas, indicações geográficas, desenhos industriais, patentes, topografias de circuitos integrados, informação confidencial e concorrência desleal em contratos de licença, na forma do Decreto nº 1.355, de 30 de dezembro de 1994. (CHAVES, 2007)

A adoção do Acordo TRIPS pelo ordenamento jurídico brasileiro, em 1994,

resultou na promulgação de um conjunto de leis nacionais que visavam estabelecer a proteção de praticamente todas as áreas da propriedade intelectual: Lei nº 9.297/1996 (Lei de Propriedade Industrial – LPI), que se refere à propriedade industrial, nela incluindo-se as patentes de invenção, modelos de utilidade, desenho industrial, marcas e indicações geográficas, além da repressão à concorrência desleal; Lei nº 9.456/1997 (Lei de Proteção de Cultivares – LPC), que disciplina a proteção de cultivares; Lei nº 9.609/1998, que dispõe sobre a propriedade intelectual de programa de computador; Lei nº 9.610/1998 que trata dos direitos autorais; Lei nº 11.484/2007, sobre a proteção da topografia dos circuitos integrados. (BRUCH, 2011)

Especificamente quanto à proteção intelectual das variedades vegetais o Acordo TRIPS estabeleceu que os países-membros da OMC poderiam optar, por um sistema patentário, um modelo *sui generis* ou uma combinação de ambos, como se vê, esse acordo procurou contemplar as várias formas de proteção intelectual de variedades vegetais existentes. (BRASIL, 2019)

O modelo *sui generis* de proteção intelectual de variedade vegetal é atualmente o mais adotado pelos países no mundo e foi resultado da união de vários países europeus que culminou com a criação de uma instituição específica para a proteção de novas variedades de plantas. (BRUCH, 2011) Por volta da década de 1950, vários países europeus, encabeçados pela Alemanha e França, propuseram a criação de uma legislação específica para proteção de novas variedades vegetais. Referida iniciativa resultou na Conferência de Paris, em 2 de dezembro de 1961, com a criação da União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais, UPOV, sigla em francês para *Union Internationale pour la Protection des Obtentions Vegetales*. (MAPA, 2011)

A UPOV tem como missão viabilizar e promover um sistema efetivo de proteção de variedades vegetais de modo a encorajar o desenvolvimento de novas cultivares. Dentre as atribuições dessa instituição internacional, estão a promoção de harmonização e cooperação internacional, principalmente entre seus membros, e o assessoramento a países e organizações que se interessam em aderir ao seu sistema de proteção de cultivares. (MAPA, 2011)

O instrumento original que instituiu a Convenção Internacional para Proteção das Novas Obtenções Vegetais e criou a UPOV foi assinado em 2 de dezembro de 1961 e entrou em vigor em 1968. Já sofreu revisões por meio de três atos adicionais chamadas de Atos ou Atas, em 1972, 1978 e 1991. Ao se tornarem membros da UPOV, os países ou organizações intergovernamentais, como a União Europeia, comprometem-se a adotar em sua legislação nacional o ato em vigor. (MAPA, 2011) A OMPI, ou WIPO, é o organismo do sistema das Nações Unidas que apoia a Convenção Internacional para Proteção de Obtenções Vegetais – UPOV (OMPI, 2019).

Os principais atos da UPOV que se encontram em vigor são os de 1978 e de 1991, vide quadro 1.2.1, sendo bastante similares na maior parte do texto e mantendo como princípios básicos os requisitos de: novidade, distinguibilidade, homogeneidade, estabilidade e denominação própria, para proteção, além do dispositivo de isenção do melhorista, condição que deve figurar nas legislações de todos os países-membros da UPOV (MAPA, 2011).

Dispositivo	Ato 1978	Ato 1991
Espécies vegetais abrangidas pela proteção	Definidas pelos membros	Todas as espécies podem ser protegida
Partes protegidas da cultivar	Material de propagação	Qualquer material oriundo da cultivar
Direitos sobre o material propagativo	Produção para comercialização de material propagativo; ofertar; vender; uso repetitivo para produção de outra cultivar	Produção ou reprodução; armazenamento para fins de reprodução; oferta; venda ou outro tipo de comércio; exportação; importação ou armazenamento para essas finalidades
Direitos sobre o produto da colheita	Não há, exceto para plantas ornamentais utilizadas para propagação com finalidade comercial	Os mesmos do material propagativo, no caso de a cultivar ter sido utilizada sem autorização do detentor do direito de proteção
Cultivar essencialmente derivada	Não prevista	A comercialização de cultivar essencialmente derivada de cultivar protegida requer autorização do detentor dos direitos de proteção sobre a cultivar inicial
Privilegio do Agricultor	Não previsto (implícito na definição de minimum exclusive rights)	Permitido, desde que dentro de limites estabelecidos e preservado o legítimo interesse do detentor do direito de proteção
Período mínimo de proteção 18 anos, para espécies arbóreas e videiras; 15 anos, para as demais espécies 25 anos, para espécies arbóreas e videiras; 20 anos, para as demais espécies	Período mínimo de proteção 18 anos, para espécies arbóreas e videiras; 15 anos, para as demais espécies 25 anos, para espécies arbóreas e videiras; 20 anos, para as demais espécies	Período mínimo de proteção 18 anos, para espécies arbóreas e videiras; 15 anos, para as demais espécies 25 anos, para espécies arbóreas e videiras; 20 anos, para as demais espécies

Quadro 1.2.1 – Dispositivos e principais diferenças entre os Atos de 1978 e 1991 da UPOV

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011

Na UPOV, a adesão ao novo Ato não é obrigatória, os países membros permanecem signatários da versão anterior até que manifestem interesse espontâneo em adotar a nova versão e, neste caso, assumem o compromisso de compatibilizar sua legislação nacional com o ato. Por esta razão, os 69 Estados-membros da UPOV têm uma convivência harmônica para implantação e atualização de seu sistema legislativo de proteção aos cultivares. Atualmente, em 46 membros (45 países e uma



organização intergovernamental) vigora o ato de 1991, enquanto 22 países adotam o ato de 1978 e a Bélgica permanece signatária do ato de 1961/1972.

O Brasil aderiu à Ata da UPOV de 1978, com a implementação de um sistema de proteção *sui generis*, incorporada ao sistema legislativo brasileiro pela Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997, regulamentada pelo Decreto nº 2.366, de 5 de novembro de 1997. (BRUCH, 2011)

A diferença entre a proteção por patente de invenção e o sistema *sui generis* do Brasil é que este necessita que a cultivar seja produto de melhoramento genético, nova, distintiva, homogênea, estável, passível de proteção no Brasil e de receber a denominação adequada, enquanto que para aquela há necessidade de atividade inventiva, novidade, aplicação industrial e suficiência descritiva. (MAPA, 2011)

Como se vê, a proteção dos cultivares no âmbito internacional é exercida de forma territorial, ou seja, cada país estabelece sua própria legislação. Algumas exceções a essa regra são as organizações de países de regiões específicas, como a União Europeia (EU) ou a Organização Africana de Propriedade Intelectual (OAPI). (MAPA, 2011)

A exploração comercial da cultivar no exterior exige, portanto, não só a observância dos tratados internacionais que o país de interesse é aderente, mas a obtenção da proteção segundo as normas por ele determinadas, as quais muitas vezes poderão divergir das regras brasileiras, não obstante a existência de tratados internacionais visando à harmonização sobre o tema. (MAPA, 2011)

## PROTEÇÃO DAS CULTIVARES NO BRASIL

A Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996, também conhecida como Lei de Propriedade Industrial, regulamentou o artigo 27.3(b) do Acordo TRIPS, contudo, deixou de prever a proteção de variedades vegetais por meio de patentes. (MAPA, 2011)

O artigo 18, inciso III, do mencionado diploma legal estabelece que não são patenteáveis o todo ou parte dos seres vivos, exceto os microorganismos transgênicos que atendam os três requisitos de patenteabilidade – novidade, atividade inventiva e aplicação industrial – previstos no art. 8º e que não seja mera descoberta.

O artigo 10, inciso IX, da LPI não considera invenção nem modelo de utilidade o todo ou parte de seres vivos naturais e materiais biológicos encontrados na natureza, ou ainda que dela isolados, inclusive o genoma ou germoplasma de qualquer ser vivo natural e os processos biológicos naturais.

O Brasil ratificou sua opção pela utilização de um mecanismo *sui generis* de proteção com a edição da Lei de Proteção das Cultivares, regulamentada pelo Decreto n. 2.366, de 1997. (MAPA, 2011)

A LPC protege as novas variedades de plantas, resguardando os direitos dos seus criadores, conferindo-lhes, por um determinado prazo, direito exclusivo sobre sua comercialização, uma vez que o melhoramento de plantas exige habilidade e conhecimentos bastante específicos, requer investimentos significativos e, recorrentemente, demanda um tempo considerável. (MAPA, 2018)

Como complemento para a implantação desta lei, o Congresso Nacional aprovou, por meio do Decreto Legislativo nº 28, de 19 de abril de 1999, o texto da UPOV, ata de 1978. No mesmo ano, o presidente da República promulgou a Convenção, por meio do Decreto n. 3.109, de 30 de junho de 1999, confirmando a adesão do Brasil a esta organização internacional. (MAPA, 2011)

A Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003, também conhecida como Lei de Sementes e Mudas, e seu Decreto n. 5.153, de 23 de julho de 2004, bem como a Lei n. 10.973, de 2 de dezembro 2004, conhecida como Lei de Inovação Tecnológica, e seu Decreto n. 9.283, de 7 de fevereiro de 2018, são importantes diplomas legais correlatos ao tema. (MAPA, 2011)

A proteção dos direitos dos obtentores visa estimular a pesquisa e desenvolvimento de novas cultivares, trazendo segurança, viabilizando o retorno dos investimentos aportados e impedindo a comercialização de cultivares por terceiros não autorizados. (MAPA, 2018)

Para ser protegida, uma cultivar deve ser: produto de melhoramento genético, nova, distintiva, homogênea, estável, de uma espécie passível de proteção no Brasil e receber a denominação adequada.

A distinguibilidade encontra-se prevista no artigo 3º, inciso VI, da LPC. Segundo o mencionado dispositivo, é distinta a cultivar que se distingue de qualquer outra cuja existência na data do pedido de proteção seja reconhecida. Este requisito está diretamente relacionado à inovação, por se tratar de algo literalmente novo. (MAPA, 2011) Os três requisitos descritos acima devem ser comprovados por meio do teste de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE). Trata-se de um procedimento técnico de comprovação de que a nova cultivar<sup>1</sup> ou a cultivar essencialmente derivada<sup>2</sup> são distinguíveis de outras cujos descritores (conjunto

---

1 Art 5º Considera-se, para os efeitos deste Decreto:

[...]

V - nova cultivar: a cultivar que não tenha sido oferecida à venda no Brasil há mais de doze meses em relação à data do pedido de proteção e que, observado o prazo de comercialização no Brasil não tenha sido oferecida à venda em outros países, com o consentimento do obtentor, há mais de seis anos para espécies de árvores e videiras e há mais de quatro anos para as demais espécies;

2 Idem

IX - cultivar essencialmente derivada: a essencialmente derivada de outra cultivar se, cumulativamente, for:

- a) predominantemente derivada da cultivar inicial ou de outra cultivar essencialmente derivada, sem perder a expressão das características essenciais que resultem do genótipo ou da combinação de genótipos da cultivar da qual derivou, exceto no que diz respeito às diferenças resultantes da derivação;
- b) claramente distinta da cultivar da qual derivou, por margem mínima de descritores, de acordo com critérios estabelecidos pelo SNPC;

de características definidas pelo órgão de proteção e divulgadas em publicação oficial) sejam conhecidos, homogêneas quanto às suas características em cada ciclo reprodutivo e estáveis quanto à repetição das mesmas características ao longo de gerações sucessivas. O teste de DHE visa garantir que a descoberta de plantas nativas não seja passível de proteção, impedindo que as empresas privadas se apropriem da biodiversidade. Os testes devem ser realizados pelo requerente da proteção e entregues no momento da apresentação do pedido de proteção.

O parâmetro de novidade diz respeito ao tempo de comercialização, não tendo relação com a atividade inventiva. Segundo estabelece o artigo 3º, inciso V, da LPC, é considerada nova a cultivar que não tenha sido oferecida à venda no Brasil há mais de doze meses em relação à data do pedido de proteção e que, observado o prazo de comercialização no Brasil, não tenha sido oferecida à venda em outros países, com o consentimento do obtentor, há mais de seis anos para espécies de árvores e videiras e há mais de quatro anos para as demais espécies.

A definição de comércio encontra-se no artigo 2º, inciso XIV, da Lei de Sementes e Mudas. Comércio é o ato de anunciar, expor à venda, ofertar, vender, consignar, reembalar, importar ou exportar sementes ou mudas. Assim, o obtentor deve estar atento a determinadas ações promocionais ou lançamentos de cultivares, para que a novidade não seja colocada em risco. (MAPA, 2011)

Para que a cultivar seja protegida, ainda é preciso que receba denominação adequada. O artigo 15 da LPC estabelece que toda cultivar deverá possuir uma denominação genérica, obedecendo aos seguintes critérios para fins de proteção: ser única, não podendo ser expressa apenas de forma numérica, ter denominação diferente de cultivar preexistente e não induzir a erro quanto às suas características intrínsecas ou quanto à sua procedência. A denominação deve ser proposta no momento do pedido de proteção pelo requerente.

## **SERVIÇO NACIONAL DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES**

A LPC criou, no âmbito do MAPA, o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC. O SNPC está ligado ao Departamento de Fiscalização dos Insumos Agrícolas (DFIA) da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do MAPA e compete a ele a proteção de cultivares, bem como a manutenção do Cadastro Nacional de Cultivares Protegidas.

A principal atribuição do SNPC é a proteção das novas cultivares e as cultivares essencialmente derivadas, outorgando-lhes os certificados de proteção

---

c) não tenha sido oferecida à venda no País há mais de doze meses em relação à data do pedido de proteção e que, observado o prazo de comercialização no Brasil, não tenha sido oferecida à venda em outros países, com o consentimento do obtentor, há mais de seis anos para espécies de árvores e videiras e há mais de quatro anos para as demais espécies;

correspondentes, conforme estabelece o artigo 3º do Decreto n. 2.366, de 5 de novembro de 1997.

São atividades de rotina do SNPC a análise de requerimentos de proteção e concessão de certificados de proteção, monitoramento das cultivares protegidas, elaboração de DHE, elaboração de regulamentos, divulgação e fomento ao uso do sistema de proteção de cultivares, representação do Brasil perante a UPOV, realização de testes de campo para diferenciação e caracterização de cultivares e apoio a ações de fiscalização de sementes e mudas.

O requerente deverá apresentar ao SNPC em formulário próprio o pedido de proteção de cultivar, que fará a verificação formal preliminar quanto à existência de sinonímia e, se inexistente, o protocolizará desde que devidamente instruído. A data e hora do registro, o número de apresentação do pedido, o nome e endereço completo do interessado e de seu procurador, se houver, constarão do protocolo do pedido de proteção de cultivar para fins de prevalência da proteção solicitada.

Após, será realizada análise para verificação das exigências legais e técnicas, notadamente quanto aos descritores indicativos das características de DHE, comprovação da efetivação de testes e ensaios com a cultivar, dentre outros. Caso seja detectada a similaridade entre duas ou mais cultivares da mesma espécie, no decorrer da análise do processo, prevalecerá a prioridade do pedido de proteção.

O SNPC notificará o requerente quando o pedido de proteção não oferecer os elementos suficientes para a completa análise processual. O requerente, no prazo de sessenta dias, a contar do recebimento da notificação, deverá apresentar novo relatório técnico descritivo, bem como outras informações complementares.

Cumprida a exigência e persistindo dúvidas relativas à diferenciação da cultivar, o SNPC poderá realizar os testes ou ensaios comparativos de campo às expensas do requerente, caso este concorde, ou determinar o arquivamento do pedido. No caso de diligência, o prazo para publicação do pedido de proteção de cultivar, de até sessenta dias, passará a ser contado a partir da data do pleno atendimento da citada diligência. Publicado o pedido, correrá o prazo de noventa dias para apresentação de eventuais impugnações.

Em havendo impugnação, o SNPC, no prazo de até trinta dias, cientificará o requerente da proteção. Será encaminhado ao requerente cópia do inteiro teor da impugnação para manifestar-se no prazo de trinta dias, a contar da data do recebimento da notificação.

Recebida a defesa do requerente em relação à impugnação, ou decorrido o prazo de trinta dias sem manifestação, o SNPC decidirá pelo deferimento ou não do pedido de proteção. Da decisão que deferir ou denegar o pedido de proteção, caberá recurso no prazo de sessenta dias a contar da data de sua publicação.

Recebido e protocolizado o recurso, o SNPC instruirá o processo, submetendo-o

ao MAPA, que decidirá no prazo de sessenta dias, a partir daquele registro.

Publicado o pedido de proteção, será concedido, a título precário, o Certificado Provisório de Proteção, assegurando, ao titular, o direito de exploração comercial da cultivar, nos termos desta lei. Deferido o pedido e não havendo recurso tempestivo, a publicação será efetuada no prazo de até quinze dias.

O Certificado de Proteção de Cultivar será imediatamente expedido depois de decorrido o prazo para recurso ou, se este interposto, após a publicação oficial de sua decisão. O Certificado de Proteção de Cultivar é o documento estatal que materializa a cultivar, segundo o artigo 2º da Lei de Proteção das Cultivares, é bem móvel para efeitos legais.

Deverão constar do Certificado de Proteção de Cultivar o número respectivo, nome e nacionalidade do titular ou, se for o caso, de seu herdeiro, sucessor ou cessionário, bem como o prazo de duração da proteção. Constarão, ainda, do Certificado de Proteção de Cultivar o nome do melhorista e, se for o caso, a circunstância de que a obtenção resultou de contrato de trabalho ou de prestação de serviços ou outra atividade laboral.

## **REGISTRO NACIONAL DE CULTIVARES**

O MAPA instituiu o Registro Nacional de Cultivares (RNC) por meio da Portaria n. 527, de 30 de dezembro de 1997. O RNC tem como finalidade habilitar previamente cultivares e espécies para a produção e a comercialização de sementes e mudas no país, independente do grupo a que pertencem. A produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes e mudas ficam condicionados à prévia inscrição da respectiva cultivar no RNC.

O RNC também visa garantir a identidade e qualidade do material de multiplicação e de reprodução vegetal produzido, comercializado e utilizado em todo o território nacional. Ao realizar o registro de uma cultivar no RNC, a pessoa física ou jurídica se torna o mantenedor daquela cultivar que conserve sua pureza e suas características de identidade genética. (ASSIS, 2018)

O RNC é regido pela Lei de Sementes e Mudas e regulamentado pelo Decreto n. 5.153, de 23 de julho de 2004, sendo de responsabilidade da Coordenação de Sementes e Mudas – CSM, do Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas – DFIA, da Secretaria de Defesa Agropecuária – DAS. (MAPA, 2018)

Deve-se esclarecer que há diferença entre a proteção e o registro de uma cultivar. A proteção de uma cultivar está relacionada aos direitos relativos à propriedade intelectual, assegurando ao seu titular o direito à reprodução comercial no território brasileiro, ficando vedados a terceiros, durante o prazo de proteção, a produção para fins comerciais, o oferecimento à venda e a comercialização do material de

propagação da cultivar, sem sua autorização. Por sua vez, o registro da cultivar no RNC permite a produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes e mudas. (ASSIS, 2018)

## **O MELHORISTA, O OBTENTOR E O TITULAR DO DIREITO DE PROTEÇÃO**

Os artigos 5º a 7º da LPC tratam do obtentor, garantindo àquele que obtiver nova cultivar ou cultivar essencialmente derivada no Brasil a proteção que lhe garanta o direito de propriedade nas condições estabelecidas na lei. O obtentor é a pessoa física ou jurídica que viabilizou o desenvolvimento da cultivar. O obtentor tem o direito patrimonial em relação a cultivar, podendo gerir a sua exploração. O melhorista é a pessoa física que cria a cultivar propriamente dita e possui em relação a ela o direito moral, inalienável, de ser referido como seu criador. Esse direito moral é inalienável, não podendo ser transferido a terceiros.

## **DO OBJETO DO DIREITO DE PROTEÇÃO DO CULTIVAR**

A proteção da cultivar recairá sobre o material de reprodução ou de multiplicação vegetativa da planta inteira, assegurando ao seu titular o direito à reprodução comercial no território brasileiro, ficando vedados a terceiros, durante o prazo de proteção, a produção com fins comerciais, o oferecimento à venda ou a comercialização, do material de propagação da cultivar, sem sua autorização.

Contudo, o artigo 10 da LPC traz limitações a esse direito. São exceções ao direito do obtentor da cultivar protegida a reserva e planta de sementes para uso próprio, em seu estabelecimento ou em estabelecimento de terceiros cuja posse detenha; o uso ou venda como alimento ou matéria-prima do produto obtido do seu plantio, exceto para fins reprodutivos; a utilização da cultivar como fonte de variação no melhoramento genético ou na pesquisa científica; a multiplicação de sementes para doação ou troca por pequeno produtor rural, exclusivamente para outros pequenos produtores rurais, no âmbito de programas de financiamento ou de apoio a pequenos produtores rurais, conduzidos por órgãos públicos ou organizações não-governamentais, autorizados pelo poder público e, por fim, a multiplicação, distribuição, troca ou comercialização de sementes, mudas e outros materiais propagativos no âmbito do disposto no art. 19 da Lei nº 10.696, de 2 de julho de 2003, na qualidade de agricultores familiares ou por empreendimentos familiares que se enquadrem nos critérios da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006.

A exceção relativa ao uso próprio é um dos pontos mais polêmicos da legislação brasileira de cultivares, tendo em vista que muitos agricultores, não apenas os pequenos, valem-se dessa prerrogativa para reutilização das sementes protegidas

sem o pagamento dos *royalties*. (GARCIA, 2004)

## DIFERENÇA ENTRE OS SISTEMAS DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES: PATENTES DE INVENÇÃO E PROTEÇÃO *SUI GENERIS*

O sistema de proteção de cultivares por patentes é regido pela LPI. Em linhas gerais, as patentes de invenção são concedidas às invenções que comprovadamente sejam novas, apresentem atividade inventiva e aplicação industrial. (BRUCH, 2011)

A proteção *sui generis* optada pelo Brasil está fundamentada na LPC, que exige que a espécie vegetal a ser protegida seja considerada uma cultivar, o que implica atender aos requisitos de distinguibilidade, homogeneidade, estabilidade, novidade e ser compreendida dentre as espécies já descritas e de uso pelo complexo agroflorestal. (BRUCH, 2010) Embora a novidade seja um requisito aparentemente igual nos dois sistemas, na proteção *sui generis* não tem relação com atividade inventiva, mas diz respeito ao tempo de comercialização. Como já comentado anteriormente no artigo 3º, inciso V, da LPC. O requisito da novidade na proteção por patente chancela a originalidade do objeto a ser patenteado, o qual não pode ter sido revelado previamente, seja por via oral, escrita ou por seu uso, de modo a não pertencer ao estado da técnica. (MAPA, 2011) No Brasil, o princípio da novidade é aplicado de forma absoluta em matéria de patente. (MAPA, 2011)

Como se vê, referidos sistemas apresentam critérios e requisitos distintos para concessão da proteção. Além disso, são regulados por diferentes órgãos regulatórios, pois se, como visto, na concessão do certificado de proteção de cultivares as atribuições para outorga e fiscalização são do MAPA, na proteção por patente, tais competências passam para o INPI. (MAPA, 2011)

O grau de alcance da proteção também não coincide, pois no sistema *sui generis* a proteção da cultivar sempre recairá apenas sobre o material de reprodução ou de multiplicação vegetativa da planta e a por patente possui uma abrangência mais ampla, pois pode incidir sobre uma atividade desenvolvida em várias etapas ou sobre métodos ou procedimentos de utilização que estejam relacionados aquela determinada atividade inventiva, de modo a também abranger os processos novos para obtenção de produtos, substância ou composições, entre outros, estendendo a proteção até o produto final. (BARBOSA, 2016)

A proteção das cultivares é mais flexível em determinadas hipótese legais, dentre elas está a permissão para uso próprio de cultivar protegida sem o pagamento de nenhuma remuneração ao titular da variedade vegetal protegida, bem como a livre utilização da cultivar protegida como fonte de pesquisa e de informação científica. Assim como , há a possibilidade de comercialização do produto obtido do plantio da cultivar protegida, desde que seja para fins alimentares, independentemente

## **PROTEÇÃO DOS HÍBRIDOS NO BRASIL**

O artigo 3º, inciso XI, da LPC define o híbrido como o produto imediato do cruzamento entre linhagens geneticamente diferentes, como se trata de uma cultivar, a proteção das linhagens parentais obedecerá às regras estabelecidas nessa lei. O híbrido pode ser considerado uma cultivar passível de proteção, uma vez que difere significativamente de outras cultivares, inclusive das parentais.

O artigo 10, parágrafo segundo, da mencionada Lei estabelece que sempre que for indispensável a utilização repetida da cultivar protegida para produção comercial de outra, fica o titular da segunda cultivar obrigada a obter a autorização do titular do direito de proteção da primeira. Esta previsão tem como objetivo resguardar os direitos do titular da proteção no caso específico de variedades híbridas. (MAPA, 2011)

Para a produção de sementes híbridas, é necessário o cruzamento de duas linhagens parentais homocigotas. Se forem semeados grãos colhidos a partir do cultivo do híbrido, as plantas não se parecerão com as linhagens parentais ou com a semente híbrida, mas serão uma grande mistura das três. (MAPA, 2011)

## **PROTEÇÃO DOS TRANSGÊNICOS NO BRASIL E A DUPLA PROTEÇÃO**

O ordenamento jurídico brasileiro no tocante à dupla proteção possui posicionamentos doutrinários bastante divergentes, desde aqueles que entendem não ser possível a dupla proteção, decorrente da interpretação literal do artigo segundo da LPC, até as correntes que defendem a interpretação na qual há possibilidade de se promover efetivamente uma dupla proteção sobre plantas, o qual contraria a literalidade do inciso IX do art. 10 com base no inciso III e no parágrafo único do art. 18, da LPI (BARBOSA, 2016)

Conforme já comentado, o artigo 27.3(b) do Acordo TRIPS foi regulamentado pelo Brasil por meio da LPI. (MAPA, 2011)

A LPI pode ser utilizada como forma de proteção à propriedade intelectual nas atividades de melhoramento vegetal no Brasil, embora a utilização dessa legislação se restrinja à proteção de genes e organismos geneticamente modificados. (SALLES FILHO et al., 2007)

O inciso III do art. 18 da LPI estabelece que são patenteáveis os microorganismos transgênicos que atendam aos requisitos da patenteabilidade previstos no art. 8º da mencionada lei, quais sejam, novidade (não ter sido realizada, executada ou usada anteriormente), atividade inventiva (sempre que para um



técnico no assunto não decorra de maneira evidente ou óbvia do estado da técnica) e aplicação industrial (condições de ser produzida pela indústria, mesmo que em fase experimental), e que não sejam mera descoberta. (IFBA, 2012)

A corrente doutrinária que defende a dupla proteção se baseia nos dois sistemas de proteção, utiliza a base do direito protetivo previsto na LPC que prevê a proteção do cultivar desde que seja distinta, homogênea, estável, que tenha nome próprio e não tenha sido comercializada antes do prazo legal, entre outros requisitos, bem como se fundamenta na LPI que permite a proteção da tecnologia utilizada na cultivar, desde que apresente o requisito da novidade, seja resultante de uma atividade inventiva e possa ter uma aplicação industrial. (BARBOSA, 2016)

A Segunda Seção do Superior Tribunal de Justiça, no julgamento do Recurso Especial nº 1.610.728, deu início ao julgamento de Incidente de Assunção de Competência nº4 que trata de questão de propriedade intelectual envolvendo o cultivo de soja transgênica, tendo, de um lado, sindicatos de produtores rurais e, de outro, a multinacional Monsanto. (MIGALHAS, 2019)

No processo é discutida a possibilidade de se conceder proteção simultânea, pelos institutos da patente de invenção e da proteção de cultivares, a sementes transgênicas de soja *Roundup Ready* (RR), e se os produtores rurais têm o direito de reservar sementes de seu cultivo para replantio e comercialização como alimento e matéria prima, bem como se os pequenos agricultores podem doar ou trocar sementes reservadas no contexto de programas especiais específicos. (MIGALHAS, 2019)

A Monsanto, visando à proteção patentária ao processo de criação das sementes, estabeleceu um sistema de cobrança baseado em *royalties*, taxas tecnológicas e indenizações pela utilização das sementes. Os sindicatos, por sua vez, alegam que a questão teria que ser analisada sob a luz da LPC, não pela LPI, de modo a poderem, independentemente do pagamento de qualquer taxa ao titular da tecnologia, fazer a reserva de sementes para replantio, a venda de produtos como alimento e, quanto a pequenos produtores rurais, a multiplicação de sementes para doação ou troca. (MIGALHAS, 2019)

A 5ª Câmara Cível do Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul deu provimento ao recurso da Monsanto e determinou que a empresa poderia voltar a cobrar *royalties* dos sojicultores que cultivam soja transgênica. A decisão reformou sentença que havia suspenso a cobrança também de taxa tecnológica ou indenização, reservando aos produtores o direito de vender a produção como alimento ou matéria prima. (MIGALHAS, 2019)

A ministra Nancy Andrighi, ao votar pela instauração do Incidente, enfatizou que o tema “*possui notável interesse público e se caracteriza como relevante questão com grande repercussão social*”, ao apresentar seu voto, a relatora lembrou que

a forma escolhida pelo Brasil para a proteção de novas formas vegetais resultou de intenso debate nas Casas Legislativas, envolvendo os mais diversos atores. (MIGALHAS, 2019) Mencionou a ata da UPOV de 1978 – Convenção Internacional para Proteção de Novas Variedades de Plantas -, afirmando que a tese dos sindicatos de pressuposto equivocado – o de querer fazer incidir às recorridas as limitações previstas exclusivamente a detentores de certificados de produção cultivares. (MIGALHAS, 2019)

*“Nada impedia que os agricultores empregassem a soja convencional em seus plantios, mas a partir do momento que optaram pelo cultivo de sementes modificadas, por invenção patenteada, ‘inafastável o dever de contraprestação da tecnologia’”, disse a relatora, citando o acórdão recorrido. (MIGALHAS, 2019)*

Assim, negou provimento ao recurso dos sindicatos e propôs no colegiado a tese: *“As limitações ao direito da propriedade intelectual constantes do art. 10 da lei 9.456, aplicáveis tão-somente aos titulares de certificados de proteção de cultivares, não são oponíveis aos detentores de patentes de produto e/ou processo relacionado a transgenia, cuja tecnologia esteja presente no material reprodutivo de variedades vegetais.”*

Após o voto da relatora, o ministro Marco Buzzi pediu vista antecipada dos autos. Como se vê, se o voto da Ministra Nancy for ratificado pelos demais ministros, o STJ estará admitindo a dupla proteção mesmo o Brasil tendo aderido à Ata da UPOV de 1978 que não admite a proteção simultânea, o que certamente gerará alvoroço entre os sindicatos ruralistas e produtores rurais e as grandes empresas do agronegócio.

## CONCLUSÃO

O melhoramento genético de plantas é uma das atividades humanas que não só trouxe mas ainda traz benefícios de natureza coletiva à sociedade. Se as espécies vegetais encontradas na natureza possuem diversas utilidades que facilitam a existência humana e promovem melhores condições de vida, a melhoria de seu conteúdo por meio da pesquisa e tecnologia é um dos principais meios que o homem tem para viabilizar soluções para os problemas que afligem a humanidade. (INPI, 2018)

A proteção das cultivares torna-se imprescindível e pode ser respaldada em diversas razões como a necessidade de se estimular o próprio melhorista para avançar em seus trabalhos, assegurando-lhe direitos que permitam a ele se beneficiar de sua própria criação, além disso, a proteção coíbe o abuso dos direitos de propriedade intelectual e as práticas que afetam adversamente a pesquisa e a transferência de tecnologia e sua exploração comercial, inclusive, por meio da aplicação de sanções

pelo descumprimento de seus dispositivos. (INPI, 2018)

Por esta razão o estabelecimento de padrões e princípios adequados para a aplicação de normas de proteção de direitos de propriedade intelectual sobre as cultivares é medida fundamental a qualquer país, essencialmente ao Brasil, um dos países mais ricos em biodiversidade do mundo.

A legislação brasileira sobre proteção de cultivares, Lei nº 9.456, de 1997, regulamentada pelo Decreto nº 2.366, de 1997, fortalece e padroniza os direitos de propriedade intelectual das cultivares brasileiras, concedendo mecanismos legais eficazes para a respectiva exploração comercial, no entanto, existem ainda desafios internos a serem vencidos, como a problemática envolvendo a dupla proteção das cultivares transgênicas, as sementes para uso próprio, entre outras questões que ainda não foram sedimentadas pela doutrina e jurisprudência. Já no âmbito internacional é harmonizar as diferenças existentes entre os sistemas jurídicos, tendo em vista que a proteção de cultivares pode abranger diferentes sistemas de proteção, desde a de patentes de invenção, passando pelo modelo *sui generis*, até a combinação destes dois sistemas.

## REFERÊNCIAS

ABIMAQ. Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. Disponível em: <<http://www.abimaq.org.br/Arquivos/Html/IPDMAQ/10%20Propriedad%20Ind,%20Manual%20-%20IPDMAQ.pdf>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

ASSIS. G. M. L.. Registro e Proteção de Cultivares: qual a diferença? Agron Agronegócios Online. Disponível em: <<https://www.agron.com.br/publicacoes/informacoes/artigos-tecnicos/2015/02/12/042879/registro-e-protecao-de-cultivares-qual-a-diferenca.html>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

BARBOSA, Denis B. Contratos em Propriedade Intelectual. Disponível em <[http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/apostilas/ufrij/contratos\\_propriedade\\_intelectual.pdf](http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/apostilas/ufrij/contratos_propriedade_intelectual.pdf)>. Acesso em 2 de julho de 2019.

BARBOSA, Denis B. A Convenção da União de Paris para a Proteção da Propriedade Industrial. Disponível em <[http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/apostilas/inpi\\_doutorado/cup1.pdf](http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/apostilas/inpi_doutorado/cup1.pdf)>. Acesso em 30 de junho de 2019.

BARBOSA, Denis B. A Propriedade Intelectual como um direito de cunho internacional. Disponível em <<http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/200/internacional/59.rtf>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

BARBOSA, Denis B. Propriedade intelectual: desenvolvimento na agricultura Curitiba: GEDA/UFPR, 2016. 408P. Disponível em [http://www.gedai.com.br/wp-content/uploads/2017/01/livro\\_pi\\_agricultura\\_2016.pdf](http://www.gedai.com.br/wp-content/uploads/2017/01/livro_pi_agricultura_2016.pdf). Acesso em 30 de junho de 2019.

BRASIL. Lei n. 9.279, de 14 maio 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Brasília, DF, mai. 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9279.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm)>. Acesso em 2 de julho de 2019.

BRASIL. Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares. Brasília, DF, abr. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9456.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9456.htm)>. Acesso em 2 de julho de 2019.

BRASIL. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas. Brasília, DF, ago. 2003. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2003/L10.711.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm)>. Acesso em 2 de julho de 2019.

BRASIL. Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo. Brasília, DF, dez. 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm)>. Acesso em 30 de junho de 2019.

BRASIL. Decreto n. 2.366, de 5 de novembro de 1997. Regulamenta a Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997. Brasília, DF, nov. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1997/d2366.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1997/d2366.htm)>. Acesso em 2 de julho de 2019.

BRASIL. Decreto n. 5.153, de 23 de julho de 2004. Regulamenta a Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Brasília, DF, jul. 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5153.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5153.htm)>. Acesso em 28 de junho de 2019.

BRASIL. Decreto n. 9.283, de 7 de fevereiro de 2018. Regulamenta a Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, o art. 24, § 3º, e o art. 32, § 7º, da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, o art. 1º da Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, e o art. 2º, caput, inciso I, alínea “g”, da Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e altera o Decreto nº 6.759, de 5 de fevereiro de 2009, para estabelecer medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional. Brasília, DF, fev. 2018. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm#art83](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm#art83)>. Acesso em 25 de junho de 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Proteção de Cultivares no Brasil / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: MAPA/ACS, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Informação aos usuários de proteção de cultivares / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Nacional de Proteção de Cultivares. Brasília: MAPA/ACS, 2018.

BRASIL. Ministério da Economia. Manual para o depositante de patentes. Serviço de Assuntos Especiais da Diretoria de Patente. Brasília: INPI.

BRASIL. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Cartilha de Propriedade Intelectual & Transferência de Tecnologia. Coordenação de Inovação Tecnológica. Salvador: IFBA, 2012.

BRASIL. Decreto n. 1.355, de 30 de dezembro de 1994. Promulgou a Ata Final que Incorpora os Resultados da Rodada Uruguai de Negociações Comerciais Multilaterais do GATT. Brasília, DF, dez. 1994. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/legislacao-1/27-trips-portugues1.pdf>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

BRUCH, Kelly Lissandra. A internalização dos acordos internacionais no âmbito da proteção de variedades vegetais: uma análise comparativa da sua implementação nas comunidades europeias, nos Estados Unidos da América e no Brasil, a partir dos acordos firmados no escopo da UPOV e do TRIPS/OMC. V.7, N.7 (2010), 2011. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/index.php/amicus/article/viewFile/554/544>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <https://www.embrapa.br/tema-transgenicos/perguntas-e-respostas>. Acesso em 30 de junho de 2019.

FELLET, João. Pesquisadores alertam para expansão de transgênicos e agrotóxicos no Brasil. Disponível em <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/01/140108\\_transgenicos\\_pai\\_jf](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/01/140108_transgenicos_pai_jf)>. Acesso em 30 de junho de 2019.

GALVÃO, A. Paulo M. Direitos de propriedade intelectual em inovações vegetais arbóreas para plantios florestais no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2001.

GARCIA, Selemara Berckembrock Ferreira. **Proteção das Cultivares e das Plantas Transgênicas**. Revista Faz Ciência, 06,01 (2004) pp. 275-295 UNIOESTE.

GONÇALVES, Carlos Roberto. Direito Civil Brasileiro, volume III. São Paulo: Saraiva, 2009.

GUIMARÃES JR. Wilson Ferreira. Biotecnologia e direito: cultivares e transgênicos. Disponível em : <http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/8mostra/4/452.pdf>. Acesso em 30 junho de 2019.

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em 25 de junho de 2019.

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. Disponível em:<<http://www.inpi.gov.br/legislacao-1/cup.pdf>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

Inventa Internacional. Protecting Intelligence. Disponível em:<<https://inventa.com/pt/convencao/paris>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

JUNGMANN, Diana de Mello. A caminho da inovação: proteção e negócios com bens de propriedade intelectual: guia para o empresário. Brasília: IEL, 2010.

Londe, C. R. O. Históricos, Conformação Atual e Conseqüências na Indústria. Revista Fitos. Vol.1 Nº03 março/2006. Disponível:<<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/19145/2/5.pdf>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

LUNDQUIST, G. A rich vision of technology transfer technology value management. Journal of Technology Transfer, v. 28, n. 3-4, p. 265-284, 2003. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1024949029313>

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protacao-de-cultivar/cultivares-protegidas>>. Acesso em 2 de julho de 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/guia-de-servicos/registro-nacional-de-cultivares-rnc>>. Acesso em 2 de julho de 2019.

OMPI. Organização Mundial da Propriedade Intelectual. Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/agencia/ompi/>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

ANTONIO, Adalberto Carim. Proteção Jurídica da Biodiversidade. Revista CEJ, V. 3 n. 8 mai./ago. 1999. Disponível em: <<http://www.jf.jus.br/ojs2/index.php/revcej/article/viewArticle/228/390>>. Acesso em 30 junho de 2019.

MAGNAVACA, Ricardo, Cultivares X Híbridos. Conceitos básicos. Inf. Asropec., Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 5-8, 1990. Disponível: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47785/1/Cultivares-hibridos.pdf>. Acesso em 30 junho de 2019.

STJ julga IAC que trata de royalties de soja transgênica. Disponível em <https://www.migalhas.com.br/Quentes/17,MI304351,41046-STJ+julga+IAC+que+trata+de+royalties+de+soja+transgenica>. Acesso em 30 de junho de 2019.

VIEIRA, Liszt. O rumo atual e a perda da biodiversidade no Brasil. Disponível em <https://www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/28642-o-rumo-atual-e-a-perda-da-biodiversidade-no-brasil/>. Acesso em 30 de junho de 2019.

Você sabe o que são cultivares híbridos e transgênicos? Disponível em: < <https://www.markelseguros.com.br/voce-sabe-o-que-sao-cultivares-hibridos-e-transgenicos/>>. Acesso em: 30 junho de 2019.

## SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE PEQUENO PORTE PARA O CULTIVO DE UVAS UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Data de aceite: 18/05/2020

### **Jonathan Paul Valverde Jimenez**

jonathan.jimenez@unila.edu.br

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA

### **Giovane Ronei Sylvestrin**

giovane.sylvestrin@gmail.com

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA

### **Melanie Gissel Urdangarin Gamarra**

melabeat99@gmail.com

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

### **Jiam Pires Frigo**

jiam.frigo@unila.edu.br

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA

### **Oswaldo Hideo Ando Junior**

oswaldo.junior@unila.edu.br

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA

**RESUMO:** Este artigo apresenta, através de um estudo de caso, uma metodologia para o projeto de um Sistema Fotovoltaico (SFV) considerando as topologias independentes e conectadas à rede para atender à demanda de um pequeno sistema de bombeamento, de

acordo com os critérios técnicos econômicos e ambientais. Especificamente, o estudo de caso atende à irrigação de uvas em uma fazenda dedicada à agricultura familiar. O dimensionamento e o cálculo do desempenho dos sistemas propostos são realizados com a ajuda do Software SAM. A viabilidade econômica das propostas é avaliada com base no VPL, TIR e Payback; e para cada caso são analisados dois cenários, um padrão e um contraproducente, e a opção de financiamento externo também é considerada. Finalmente, a análise ambiental leva em consideração as emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> evitadas pelos sistemas. Os resultados mostram que, no cenário econômico atual, os SFVs ainda não são economicamente atraentes, mas representam uma alternativa promissora para garantir o suprimento de água e reduzir a contaminação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microgeração distribuída, Cultivo de uvas, Irrigação, Energia solar e Projetos Interdisciplinares.

## 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da economia mundial está intimamente atrelado ao uso da água. Em 2018, no Brasil, o setor agropecuário foi responsável por arrecadar aproximadamente 10,29% (702,86 bilhões de reais) do PIB brasileiro (CEPEA, 2018). Para gerar tal renda, as atividades agropecuárias corresponderam por cerca de 82% do consumo total de água (1.157,8 m<sup>3</sup>/s), sendo que 84% dessa quantia foram destinadas à irrigação (792,1 m<sup>3</sup>/s) (ANA, 2018). O consumo de eletricidade do setor agropecuário representou 5,57% do consumo elétrico total em 2018 (535.403 GWh) (EPE, 2019), que associado com os dados anteriores permitem concluir que uma parte expressiva está relacionada ao bombeamento/irrigação de água.

Dentro do setor agrícola se destaca a agricultura familiar, que representa um terço da receita dos estabelecimentos agropecuários brasileiros (IBGE, 2019). A agricultura familiar é fundamental para garantir a segurança alimentar do Brasil, já que constitui uma grande parte da cesta básica do país ao produzir: 87% da mandioca, 70% do feijão, 46% do milho, 38% do café, 34% do arroz e 21% do trigo; isto demonstra a importância econômica dessa atividade intimamente vinculada ao abastecimento do mercado interno e ao controle da inflação dos alimentos consumidos pelos brasileiros (IBGE, 2019).

Além disso, a agricultura familiar utiliza uma área muito menor do que a agricultura patronal e se caracteriza por ser uma prática sustentável que aumenta substancialmente a produtividade e o valor da produção agrícola, enquanto diminui a necessidade de expansão das áreas de cultivo sob áreas já ocupadas, seja por outras lavouras, pastagens ou matas nativas (ANA, 2018).

O potencial de expansão dos sistemas de irrigação é relevante, estima-se que nos próximos 25 anos, 80% da produção agrícola será provida por cultivos irrigados. No Brasil, apenas 10% de todo o potencial de terras irrigáveis (mais de 60 milhões de ha) utilizam esta técnica que aumenta a produção de alimentos e potencializa as safras nos períodos de seca ao garantir à planta a quantidade de água suficiente para maximizar seu metabolismo (FAO, 2017). Reforçando esta previsão, está a Política Nacional de Irrigação (lei 12.787/2013) que visa ampliar a área irrigada no país.

Entretanto, a implantação de irrigação nos cultivos necessita de fornecimento confiável de energia elétrica, ponto que pode ser problemático dependendo do local de aplicação. Devido a sua grande extensão territorial e falta de fiscalização por parte dos órgãos regulamentadores, no Brasil existem áreas isoladas onde, quando disponível, a energia elétrica apresenta baixa qualidade, implicando em interrupções constantes.

Nesses casos é comum que os produtores utilizem geradores a diesel para

alimentar os sistemas de bombeamento responsáveis por carregar os sistemas de irrigação. A utilização desses geradores a diesel implica em maiores custos de produção dos alimentos, seja pela contratação ou compra do equipamento. Outro fator negativo desta medida reside na poluição atrelada ao combustível fóssil.

O uso de alternativas renováveis em substituição ao sistema tradicional de irrigação – alimentado por fontes de combustível fóssil ou ainda na própria rede elétrica – vem sendo alvo de pesquisas recentes. Baseando-se no método Proknow-C (IDACIR, 2017)(ENSSLIN, 2013) para obtenção de portfólio bibliográfico, desde 2017 foram publicadas cerca de 470 pesquisas científicas na área de geração fotovoltaica para sistema de irrigação/bombeamento de água, considerando buscas na base de dados Scopus.

Algumas destas pesquisas foram desenvolvidos no Brasil, como é o caso da pesquisa realizada por (MACIEL FERREIRA FILHO, 2018), que analisa o bombeamento de água para fins domésticos ou irrigação de pequenas culturas no nordeste brasileiro, principalmente de locais isolados da rede elétrica de abastecimento. O sistema foi composto pela geração fotovoltaica e um tanque de armazenamento de água. Nas melhores condições, o sistema possui capacidade de fluxo de 1.100 l/h com pressão de 25 mca.

De forma semelhante, o trabalho apresentado em (OLIVEIRA, 2018), também considera a operação de um sistema de bombeamento no Brasil, utilizando um tanque como armazenamento. O sistema foi dimensionado para levantar 3500 l de água a uma altura de 22 m, condições aplicadas a produção de pequena escala de coentro. Em ambos os trabalhos realizados não houve uma análise econômica do investimento.

O estudo dos sistemas fotovoltaicos para a irrigação é analisado nas mais diversas partes do mundo, o que demonstra como a alternativa é relevante como solução sustentável para regiões isoladas da rede elétrica e/ou no auxílio a redução de emissão de poluentes. Dentro do cenário latino americano, o trabalho apresentado em (GUZMÁN, 2018) destaca a implantação no Chile, onde desde 2013 mais de 1.500 sistemas solares para irrigação fora da rede foram instalados.

Nesta pesquisa foram analisados quatro projetos aplicados em pequenas fazendas de frutas, considerando sistemas fotovoltaicos off-grid e on-grid. Através de uma análise econômica, a pesquisa mostrou que o sistema solar fotovoltaico conectado à rede teve um desempenho melhor do que o sistema off-grid, com retornos avaliados de aproximadamente 12 anos.

A pesquisa desenvolvida por (HERRERA, 2018) apresenta o estudo técnico-financeiro de energia fotovoltaica para alimentação de bombas de irrigação considerando as características da agricultura familiar do Equador. O sistema é isolado da rede, utilizando um banco de baterias para garantir a autonomia. O custo



de implantação é de cerca de R\$ 17.016,56 (US\$ 4.400,00) e evita a emissão de 13.960 ton de CO<sub>2</sub>.

Em algumas pesquisas analisam-se sistemas híbridos para alimentação das bombas, como é o caso da pesquisa apresentada em (KOSE, 2018).

A irrigação agrícola desenvolvida em estudo de caso na Turquia foi proposta utilizando um sistema híbrido de energia fotovoltaica e eólica, utilizado para alimentar uma bomba CC submersa de 300 W a 2,5 m de profundidade do nível do solo. O sistema é capaz de suprir a necessidade média diária de 44,1 m<sup>3</sup>/dia de água, permitindo economizar R\$ 40.259,63 (US\$ 10.410,00) em energia no período de vinte anos com período de retorno de 5,7 anos.

Destaca-se que o uso de sistemas híbridos solar/eólico também foram analisados em (ROY, 2018)(TODDE, 2019). Sendo que em (TODDE, 2019) apresenta-se um sistema híbrido que analisa um sistema de irrigação fotovoltaica em pomares de oliva em Portugal e no Marrocos. A hibridização da energia fotovoltaica ocorre com a própria rede elétrica e com geradores a diesel.

Na Tabela I apresentam-se o resultado das pesquisas recentes sobre sistemas fotovoltaicos de irrigação obtidos usando o método ProknowC.

<b>Título</b>	<b>Resumo</b>
<i>Feasibility and Economic Analysis of Solar Energy Systems for Rural Area Applications</i>	Analisa a viabilidade econômica de sistemas de bombeamento de água solar em um vilarejo remoto na Índia comparando o desempenho e sustentabilidade com sistemas convencionais movidos a diesel (VENKATACHALAM, 2019).
<i>Evaluation of solar powered water pumping system: the case study of three selected Abattoirs in Ibadan, Nigeria</i>	Apresentam-se análises dos benefícios técnicos, ambientais e econômicos do fornecimento de água usando o sistema fotovoltaico solar para três abatedouros em Ibadan, Nigéria. Os resultados mostram que em média 15.300 kg/ano de dióxido de carbono poderiam ser evitados (AYODELE, 2019).
<i>Investment analysis of solar energy in a hybrid diesel irrigation pumping system in New South Wales, Australia</i>	Proposta de instalação de uma bomba elétrica submersível alimentada por energia solar fotovoltaica em combinação com um gerador a diesel para sistemas de irrigação de algodão, considerando localizações remotas e distantes da rede elétrica. Uma análise de investimento ao longo de 25 anos mostrou uma taxa interna de retorno de 23% e retorno em 5 anos (POWELL, 2019).
<i>Solar Pumping for Green Campus</i>	Projeto de bombeamento fotovoltaico aplicado à uma universidade no Marrocos ocupando uma área de 6620 m <sup>2</sup> sendo composto por 8 módulos fotovoltaicos e 2 bombas solares centrífugas que bombeia e armazena água em um tanque (MANSOURI, 2019).
<i>A validated model of a photovoltaic water pumping system for off-grid rural communities</i>	Sistema de bombeamento de água fotovoltaica (PVWPS) piloto situado em uma vila rural de Burkina Faso para atender comunidades rurais isoladas da rede elétrica. O modelo simula a vazão bombeada e o nível de água no tanque a partir dos dados climáticos (irradiância, temperatura ambiente) e o perfil de coleta de água pelos usuários (MEUNIER, 2019).

<i>PV water pumping systems for domestic uses in remote areas: Sizing process, simulation and economic evaluation</i>	Examina uma configuração ótima do sistema fotovoltaico capaz de fornecer energia para uma bomba submersível que atende as necessidades domésticas de água de cinco casas isoladas localizadas em uma área remota marroquina. Duas abordagens foram investigadas para um projeto ótimo do sistema proposto, acoplamento direto e conversor MPPT (ALLOUHI, 2019).
<i>Multidimensional analysis of groundwater pumping for irrigation purposes: Economic, energy and environmental characterization for PV power plant integration</i>	Caracterização multidimensional para avaliar a integração de energia solar fotovoltaica (PV) em sistemas de bombeamento de água subterrânea. Soluções alternativas são comparadas sob aspectos econômicos, energéticos e ambientais; fornecendo um cenário considerando a influência de fatores como necessidades de água, área de irrigação ou profundidade do aquífero (RUBIO-ALIAGA, 2019).
<i>Standalone direct pumping photovoltaic system or energy storage in batteries for supplying irrigation networks. Cost analysis</i>	Analisa diversos tipos de programas de irrigação programados (diferentes setores de irrigação) que minimizam o número de painéis solares fotovoltaicos a serem instalados. São apresentados os efeitos dos custos variáveis ligados à energia (energia e custos de emissões). É analisado também o efeito de incorporar baterias para armazenamento (PARDO, 2019).
<i>Sizing and optimisation of a photovoltaic pumping system</i>	Modelagem e o dimensionamento de um sistema de bombeamento fotovoltaico com MPPT constituído por um motor assíncrono com gaiola acoplada a uma bomba centrífuga. O conjunto é alimentado por um gerador fotovoltaico através de dois conversores estáticos ( <i>chopper</i> DC/DC, inversor PWM) controlados de forma independente (CHILUNDO, 2019).
<i>Comparing the environmental and economic impacts of on-or off-grid solar photovoltaics with traditional energy sources for rural irrigation systems</i>	Busca quantificar os impactos ambientais e econômicos do ciclo de vida de um sistema de bombeamento de água de irrigação na Espanha, considerado o uso da energia solar fotovoltaica (PV), da rede elétrica disponível e de um gerador a diesel. No geral, os resultados mostram o PV como a opção com menor impacto ambiental ao longo de uma vida útil de 30 anos (MÉRIDA GARCÍA, 2019).
<i>Optimization of Irrigation with Photovoltaic System in the Agricultural Farms - Greenhouse: Case Study in Sahara (Adrar)</i>	Analisa os requisitos de irrigação de um modelo de estufa e fornece uma solução por sistema fotovoltaico para irrigação. De acordo com os resultados dos cálculos, o consumo mensal de água varia entre 1,02 m <sup>3</sup> e 9,70 m <sup>3</sup> para três produtos (tomate, melão e melancia). A tecnologia proposta pode satisfazer totalmente esses requisitos de água (MOSTEFAOUI & AMARA, 2018)
<i>Solar-powered drip irrigation system</i>	O estudo apresenta o projeto e desenvolvimento de um sistema de irrigação por gotejamento associado a um sistema fotovoltaico. A proposta foi analisada para o cultivo de citros, oliveiras e uvas. A avaliação de desempenho mostrou economia de água e redução de fertilizantes de mais de 50% e 40%, respectivamente, em comparação com o sistema de irrigação convencional (AKRAM, 2018).
<i>An Approach of Reviving Papaya Production in Fiji using Renewable Energy Powered Optimised Smart Irrigation</i>	Propõe um sistema de irrigação movido à energia solar para os cultivos de mamão em Fiji. Propôs também acesso remoto para monitorar as condições do solo usando redes de sensores (MUDLIAR, 2018).
<i>Smart-Solar Irrigation System (SMIS) for Sustainable Agriculture</i>	Sistema de irrigação automatizado movido à energia solar, visando incrementar a conservação da água nas terras agrícolas. O sistema desenvolvido é portátil e adaptável ao sistema de água existente incorporando tecnologia de comunicação sem fio estabelecida usando o módulo NRF (ABAYOMI-ALLI, 2018).

<i>The feasibility of photovoltaic and grid-hybrid power plant for water pumping station in Tabriz-Iran</i>	Aborda uma estação de bombeamento que cobre uma área de 16.290 m <sup>2</sup> . A necessidade de energia para a estação de bombeamento é planejada para ser fornecida por uma usina de energia fotovoltaica de 800 kW que usa o rastreador solar de um eixo para aumentar a geração de energia. As simulações são realizadas usando o software PVSYS e HOMER. O projeto da usina de energia fotovoltaica proposta tem uma taxa de desempenho de 83,7% (SHIRINABADI & AZAMI, 2018).
<i>Comparative assessment of the feasibility for solar irrigation pumps in Sudan</i>	Analisa o sistema de bombeamento solar de água mais rentável para irrigação de acordo com as características do Sudão. Três bombas de irrigação solar foram consideradas com base na configuração do coletor e no tipo de conversão de energia para incluir duas bombas térmicas e uma fotovoltaica (ALI, 2018).
<i>An Approach to Multidimensional Analysis for PV Solar Energy Integration into Groundwater Pumping Solutions</i>	Apresenta uma abordagem para analisar a integração de recursos de energia solar fotovoltaica em áreas agrícolas de bombeamento de água subterrânea. Uma solução multivariada é proposta como uma abordagem preliminar para análise de decisão multidimensional e multicritério (MOLINA-GARCÍA, 2018).
<i>A review of sustainable solar irrigation systems for Sub-Saharan Africa</i>	Analisa as tecnologias solar fotovoltaica e solar térmica para o bombeamento de água para irrigação de fazendas rurais remotas, considerando especificamente a região da África Subsaariana. Ao contrário da tecnologia fotovoltaica, a tecnologia solar térmica para bombeamento de água ainda não apresenta viabilidade em operações de pequena escala (MOHAMMED WAZED, 2018).
<i>A hybrid PV/utility powered irrigation water pumping system for rural agricultural areas</i>	Propõe uma nova arquitetura para uma bomba de água de irrigação alimentada por painéis solares e rede elétrica. O sistema emprega rastreamento de ponto de potência máxima. O controlador da bomba recebe uma única entrada de controle para produzir a taxa de fluxo de água desejada e simultaneamente maximizar a utilização do recurso solar (HASSAN & KAMRAN, 2018).
<i>Economic assessment of photovoltaic water pumping integration with dairy milk production</i>	Tem como objetivo introduzir a energia solar na cadeia de produção de leite em 11 fazendas da China e analisar economicamente seu desempenho. O estudo simulou cenários de autossuficiência em 20%, 80% e 100%, integrando um sistema de bombeamento fotovoltaico de água para fornecer energia e água para irrigação de alfafa e outros alimentos e subsequente produção de leite. Nem todos os cenários apontaram viabilidade econômica (ZHANG, 2018).
<i>Sizing and modelling of photovoltaic water pumping system</i>	Apresenta um método para projetar um sistema de bombeamento fotovoltaico considerando as necessidades de uma fazenda existente. Calcula-se a quantidade de emissões de dióxido de carbono poupada pelo uso do sistema de bombeamento de água fotovoltaica em comparação ao uso de geradores a diesel ou motores elétricos conectados à rede elétrica (KSENTINI, 2019).
<i>Solar energy harvesting for irrigation water pumping system</i>	Projeto e modelagem em MATLAB/Simulink de um sistema de bombeamento fotovoltaico autônomo para fins rurais e de irrigação. Um motor de indução é usado para acionar a bomba de água que tem a ampla faixa de operação de velocidade (PUSHPRAJ, 2018).
<i>Sizing and modelling of stand-alone photovoltaic water pumping system for irrigation</i>	Realiza o cálculo do tamanho do gerador solar fotovoltaico isolado para alimentação do sistema de bombeamento de água para irrigação. O método Perturb and Observer é usado para obter a potência máxima do gerador fotovoltaico (AL-BADI, 2018).

<i>Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system</i>	Modelo em tempo real - <i>Smart Photovoltaic Irrigation Manager</i> (SPIM) com o objetivo de sincronizar a disponibilidade de energia fotovoltaica com a energia necessária para bombear água de diferentes setores de redes de irrigação. O SPIM foi aplicado para simular o manejo da irrigação fotovoltaica em um pomar de oliva no sul da Espanha (MÉRIDA GARCÍA, 2018).
<i>Economic analysis of the using of traditional fuel and solar energy to power irrigation pumps in Egypt</i>	Apresenta-se um estudo econômico para comparar o uso do sistema de bombeamento movido a combustível fóssil tradicional e outro sistema alimentado por energia solar fotovoltaica para operar em uma fazenda próxima a áreas de deserto (SHOUMAN, 2018).
<i>Sensitivity analysis for photovoltaic water pumping systems: Energetic and economic studies</i>	Dimensionamento de um sistema fotovoltaico isolado equipado com um banco de baterias que determina a superfície ótima dos módulos fotovoltaicos, a capacidade ótima do banco de baterias e o volume do tanque de armazenamento de água. A confiabilidade da otimização proposta são comparados com os resultados de uma ferramenta de otimização (HOMER) (YAHYAOU, 2017).
<i>Techno-economic study and optimal sizing of a stand-alone photovoltaic water pumping system</i>	Abordagem numérica iterativo baseada em objetivos técnicos e econômicos para otimizar a configuração de um sistema fotovoltaico para irrigação. A perda de carga é considerada como o objetivo técnico, enquanto o critério de custo de ciclo de vida é considerado como o objetivo econômico (MUHSEN, 2017).

Tabela I - Produção científica recente na área de sistemas fotovoltaicos de irrigação.

Considerando os pontos abordados até o momento, e o destaque que sistemas de irrigação fotovoltaicos apresentam dentro do cenário de pesquisa, este trabalho visa dimensionar um sistema fotovoltaico para fins de irrigação no cultivo de uva em um estudo de caso real no Sul do Brasil. Serão analisadas duas configurações para o sistema, conectado à rede (SFCR) e isolado (SFI) fazendo uso de armazenamento por baterias, ambos deverão satisfazer integralmente a demanda de bombeamento.

As propostas serão avaliadas do ponto de vista técnico, econômico e ambiental. O objetivo principal das análises será encontrar a melhor solução, de acordo às características do estudo de caso, entre as configurações do sistema. Com isto, este trabalho deseja contribuir para o desenvolvimento sustentável do país, popularizando o uso de sistemas de bombeamento de pequeno porte com energia solar fotovoltaica, fornecendo uma base metodológica para o dimensionamento e projeto através de uma aplicação real, bem como também critérios quantitativos para análise de viabilidade financeira.

O artigo será organizado da seguinte maneira: a seção 2 caracterizará o local do estudo de caso; na seção 3 será apresentado o método para resolver o problema; os resultados e discussões estarão contidos na seção 4; por fim, na seção 5 estarão as considerações finais.

## 2 | DESCRITIVO DO LOCAL DE ESTUDO

O estudo de caso baseia-se nas informações técnicas do trabalho realizado por (KLEIN, 2013), onde foi avaliada a qualidade da irrigação e fertirrigação por gotejamento na mesma área de cultivo de uva.

A propriedade rural analisada está situada no sudeste do município paranaense de Salto do Lontra, aproximadamente a 6,5 km da zona urbana como mostra a Figura 1, nas coordenadas geográficas  $25^{\circ}49'24,70''\text{S}$  e  $54^{\circ}15'34,12''\text{O}$ .

O local possui uma área total de 5.300 m<sup>2</sup> dedicada à atividade vitícola da espécie bordô por meio da cultura latada. O cultivo é irrigado por gotejamento de lâmina fixa de água através de um sistema de bombeamento que percorre a trajetória mostrada na Figura 2

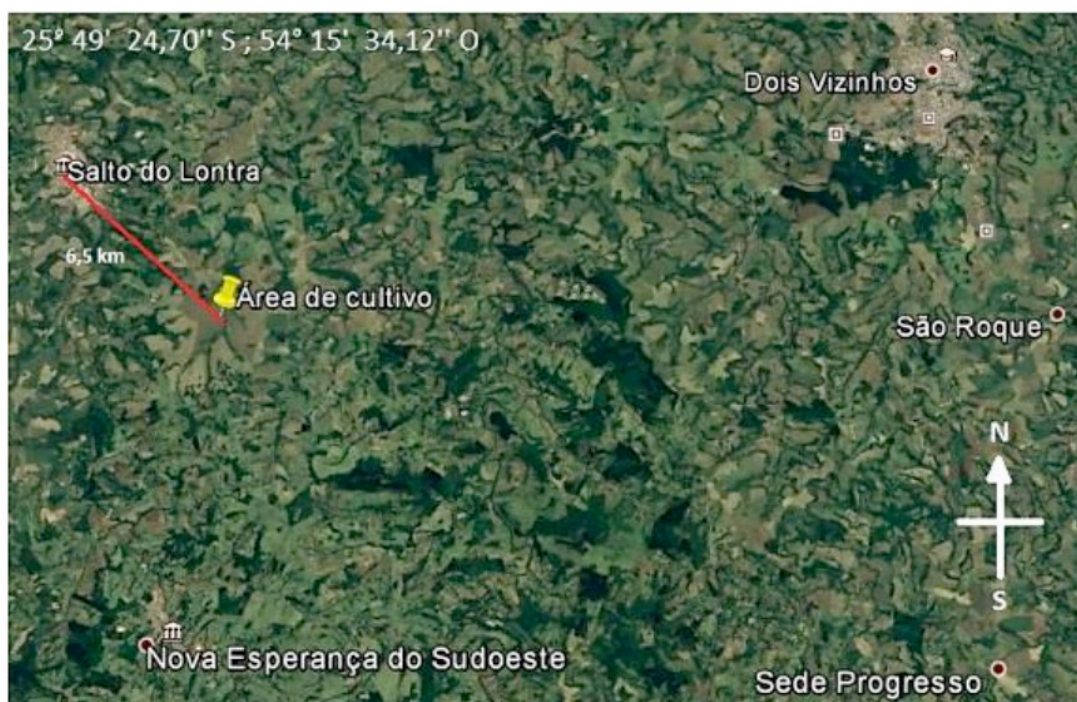


Figura 1 – Localização geográfica da fazenda vitícola objeto de estudo.

Na Figura 2 é possível identificar que a superfície destinada à instalação do sistema fotovoltaico está livre de obstáculos que possam bloquear a incidência solar, evitando perdas por sombreamento.



Figura 2 – Fazenda vitícola objeto de estudo.

Destaca-se que para fins de dimensionamento do sistema necessita-se de um conjunto de dados importantes para este projeto como a distância entre as videiras, o diâmetro e longitude de cada tubulação, e a altura geográfica de cada dispositivo e acessório que integra o sistema de irrigação. Tais dados são apresentados na Tabela II.

Descrição	Valor
Quantidade de fileiras de uva	17,00
Quant. de gotejadores por linha	210,00
Vazão do gotejador [L/h]	1,60
Nível geográfico superior [m]	588,73
Densidade da água* [Kg/m³]	998,83
Vazão do tubo gotejador [L/h]	1,30
Viscosidade dinâmica da água* [Kg/m. s]	0,00144
Pressão(max.) de serviço do tubo gotejador [bar]	3,00
Válvula pé com crivo de PVC *	1,00
Tubo de PVC de 75 mm [m]	96,00
Registro de esfera de PVC de 50 mm	2,00
T de PVC de 75 mm para 50 mm saída bilateral	2,00
Distância entre as fileiras [m]	2,5,0
Distância entre gotejador [m]	0,60
Área irrigada [m²]	5300,00
Nível geográfico inferior [m]	565,173
gravidade [m/s²]	9,81
Curvas de 90° de PVC de 50 mm	4,00

Tubo gotejador Uniram RC 16009 por fileira [m]	125,00
Pressão de serviço do tubo gotejador [bar]	0,50 – 4,00
Registro de Gaveta de PVC de 50 mm	2,00
Tubo de PVC de 50 mm [m]	102,00
Tubo de Polietileno de 75 mm [m]	40,00
Filtro de disco de 120 mesh de Propileno reforçado com fibra de vidro	1,00

Tabela II - Dados iniciais sobre o sistema de irrigação  
Na mínima temperatura registrada na cidade (6,8 °C).

Na Figura 3 é apresentado um esquema detalhado da configuração do sistema de irrigação por gotejamento empregado no vinhedo.

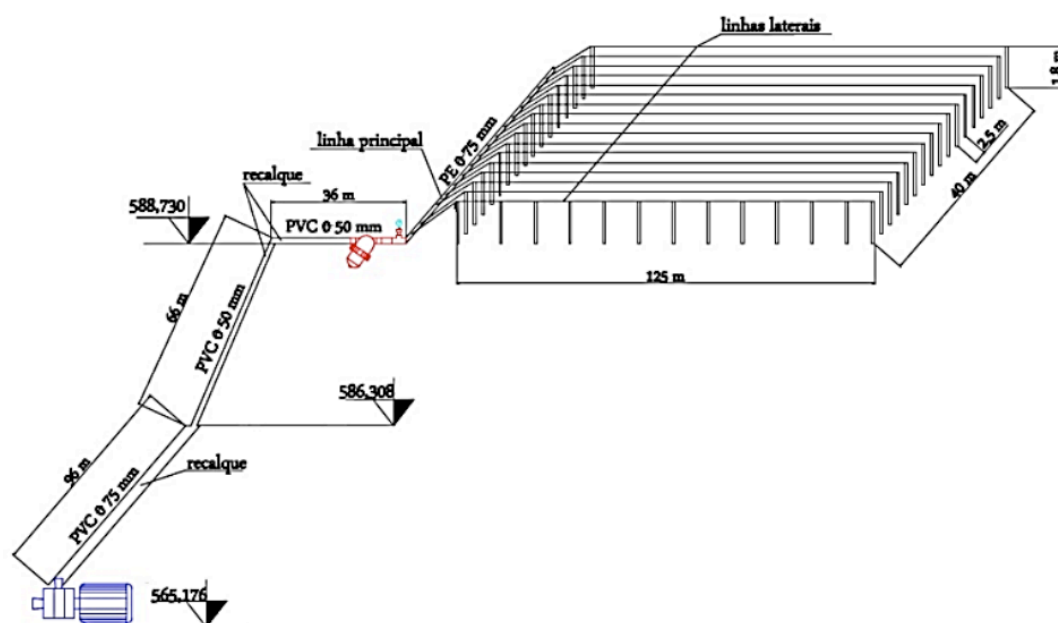


Figura 3 – Configuração do sistema de irrigação por gotejamento.

Fonte: (KLEIN, 2013)

### 3 I METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia utilizada para realização do estudo de caso foi dividida em quatro etapas. São elas: I) verificar se o sistema de bombeamento atual foi corretamente dimensionado, e caso contrário, dimensionar corretamente; II) estimar a curva de carga do sistema; III) dimensionar o sistema fotovoltaico (SFV), incluindo o cabeamento e proteções necessárias; e IV) analisar economicamente e ambientalmente cada proposta.

#### 3.1 Análise e Verificação do Sistema Atual

Para se dimensionar o sistema de bombeamento é necessário conhecer a altura

manométrica total do sistema, o consumo diário de água no cultivo de uva para cada mês e as características técnicas do equipamento a ser utilizado.

A altura manométrica necessária para que a motobomba possa atender a demanda de irrigação pode ser encontrada através da Equação 1. Essa equação parte da equação da energia para o fluxo unidimensional incompressível e estacionário em termos de carga isolando-se  $h_{\text{bomba}}$  (YUNUS, 2010).

$$h_{\text{bomba}} = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g} + (z_2 - z_1) + h_L \quad (1)$$

Onde P é a pressão, V é a velocidade média do fluxo, z é o nível geográfico,  $h_L$  é a perda de carga total do sistema,  $\rho$  a massa específica do fluido e g a gravidade.

O consumo de água é determinado através de uma estimativa da quantidade de água que uma cultura demanda. Para esse caso foi utilizada a metodologia “via clima”, onde é considerada a evapotranspiração da atmosfera em determinado local de referência ( $ET_o$ ), e os coeficientes de cultura da videira na região de produção (EMBRAPA, 2017). As equações necessárias para determinar o consumo de água são dadas por 2 a 5.

$$ET_C = ET_o \cdot K_c \quad (2)$$

$$I_a = \frac{Q}{SE \cdot SL} \quad (3)$$

$$T_a = \frac{ET_o \cdot A_{\text{cult}}}{I_a \cdot N_{\text{emissores}}} \quad (4)$$

$$Q_d = \frac{ET_o \cdot A_{\text{cult}}}{1000} \quad (5)$$

Onde ETC (mm) é a evapotranspiração da cultura, KC é o coeficiente da cultura, Q (L/h) é a vazão disponível em cada gotejador, SE (m) é o espaçamento entre gotejadores na linha, SL (m) é o espaçamento entre linhas,  $I_a$  (mm/h) é a intensidade de aplicação,  $T_a$  (h) é o tempo de aplicação,  $A_{\text{cult}}$  ( $m^2$ ) é a área cultivada,  $N_{\text{emissores}}$  é o número de gotejadores e  $Q_d$  ( $m^3/\text{dia}$ ) é o volume médio mensal de água demandada por dia.

A partir dos dados obtidos é possível verificar se o sistema utilizado foi dimensionado corretamente ou se será necessário um novo sistema que esteja dentro das especificações encontradas, evitando assim superdimensionamento.

### 3.2 Estimativa da Curva de Carga

Com o sistema de bombeamento corretamente dimensionado é possível



realizar o levantamento da curva de carga. Para isso é necessária a potência elétrica consumida pela motobomba em kW e seu tempo de operação diário ( $T_a$ ). Essas variáveis dependem diretamente da altura manométrica total do sistema e do consumo de água em cada período.

Com as duas variáveis encontradas, bastas multiplicar a potência da moto bomba pelo seu tempo de operação e pela quantidade de dias no mês. Dessa forma é possível encontrar o consumo médio de cada mês para se levantar a curva de carga do sistema.

### 3.3 Dimensionamento dos SFVs

Com a curva de carga do sistema levantada, o próximo passo é o dimensionamento do sistema fotovoltaico para alimentar o sistema de irrigação. Para isso foi utilizado o software System Advisor Model (SAM). Esse software é de livre acesso e foi criado, pela National Renewable Energy Laboratory (NREL) dos Estados Unidos, para facilitar a tomada de decisões com base na otimização financeira e de desempenho de empreendimentos relacionados com a indústria de energias renováveis. Comparando a otimização via SAM com métodos analíticos de dimensionamento, o software possui os seguintes pontos positivos:

- I. Múltiplas alternativas podem ser avaliadas de forma simultânea para chegar rapidamente aos resultados desejados;
- II. O projeto pode ser alterado de forma rápida e fácil para estudar outras variantes e adequar a restrições;
- III. As perdas são especificadas e avaliadas de forma separada para cada parte do sistema, o que torna os resultados do desempenho da instalação mais realistas; e
- IV. Permite avaliar a geração e perdas do sistema, por hora, mês, ano e ao longo de toda a vida útil do projeto.

Diante do exposto, o SAM foi o software escolhido para dimensionar o sistema fotovoltaico. Na Figura 4 é apresentada a forma como o programa desenvolve o dimensionamento do SFV, considerando o SFCR e SFI. Em síntese, o método de dimensionamento via software SAM é realizado em 6 etapas: (A) Definir a localização do projeto para que o software possa acessar ao arquivo climatológico do local. (B) Selecionar o módulo fotovoltaico e o inversor, definir a configuração e especificar as perdas de cada parte do sistema. A opção parametrizar permite que várias configurações de sistema com diferentes componentes possam ser avaliadas de forma simultânea. Neste ponto configura-se a otimização que o software pode fornecer, avaliação de diferentes configurações de sistemas através de indicadores de desempenho. (C) Avaliar se o sistema proposto é isolado ou conectado à rede.

Se for isolado, a próxima etapa realizada será a D, caso contrário (SFCR), passa-se diretamente a etapa E. (D) Especificar o banco de baterias de acordo com o tempo de autonomia desejado. (E) Especificar a curva de carga do sistema ou o consumo do sistema para que a curva de carga possa ser construída. e (F) Verificar se o sistema dimensionado satisfaz as necessidades do projeto. Caso o dimensionamento caso não seja satisfatório as novas alternativas devem ser avaliadas.

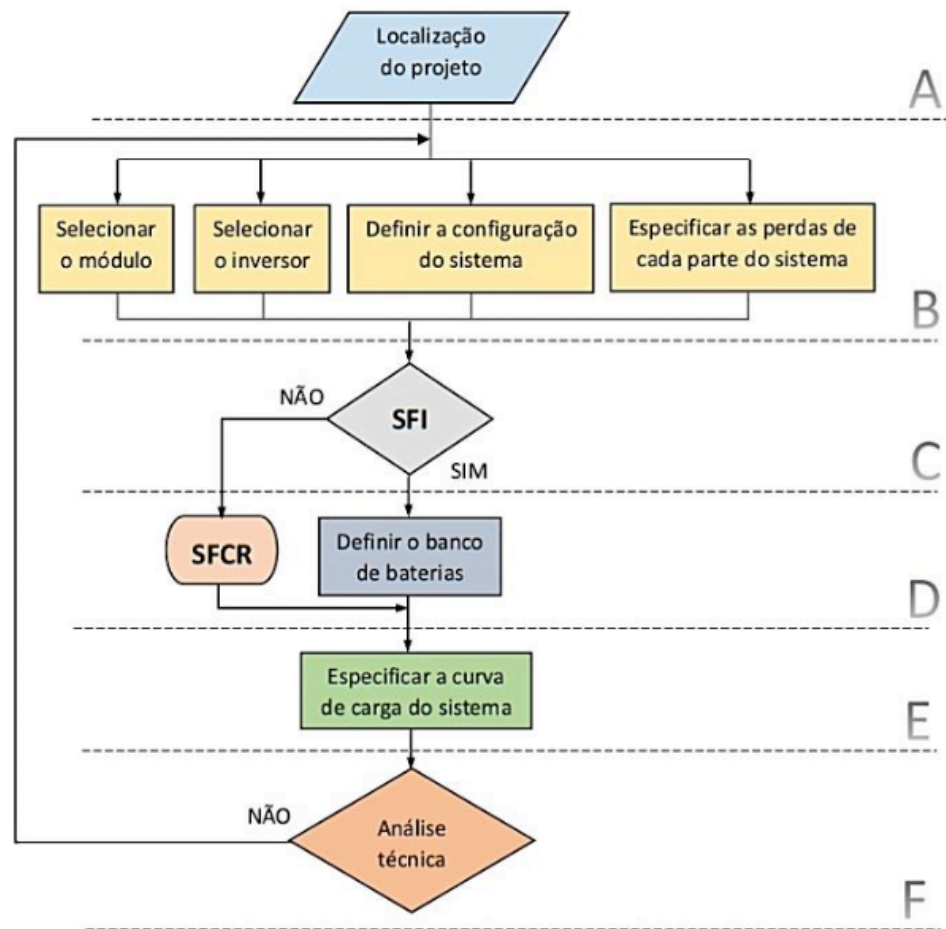


Figura 4 – Metodologia para dimensionamento do SFV no SAM.

### 3.4 Dimensionamento do Cabeamento e das Proteções

O dimensionamento técnico da seção dos condutores deve ser especificado de acordo com a NBR 5410, porém quando são dimensionados seguindo apenas essa norma a bitola obtida corresponde à menor seção que garanta segurança na operação do sistema. Entretanto, quanto menor a seção do condutor, maior é a resistência do cabo e por consequência as perdas de energia por efeito Joule. Estas perdas são perpetuadas ao longo da vida útil do sistema e se traduzem em perdas econômicas e geração de CO<sub>2</sub>, uma vez que mais energia deve ser gerada para que as perdas sejam compensadas (PROCOBRE, 2017). Portanto será utilizado o dimensionamento econômico e ambiental de condutores elétricos, que incrementa a bitola do condutor e reduz as perdas considerando a viabilidade financeira. O procedimento para o cálculo da seção econômica do condutor é estabelecido na

NBR 15920 e pode ser obtido através da Equação 6. As equações 7, 8, 9 e 10 são utilizadas para calcular variáveis necessárias para determinar a seção do fio (PROCOBRE, 2017).

$$S_{ec} = 1000 \cdot \left[ \frac{I_{max}^2 \cdot F \cdot \rho_{20} \cdot B \cdot [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{A} \right]^{0,5} \quad (6)$$

$$F = N_p \cdot N_c \cdot ((T \cdot P) + D) \cdot \frac{Q}{1+i/100} \quad (7)$$

$$B = (1 + y_p + y_p) \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \quad (8)$$

$$Q = \frac{1-r^N}{1-r} \quad (9)$$

$$r = \frac{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^2 \cdot \left(1 + \frac{b}{100}\right)}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)} \quad (10)$$

Onde: Sec é a seção econômica do condutor [mm<sup>2</sup>]; I<sub>max</sub> é a corrente de projeto máxima prevista para o circuito no primeiro ano, [A]; F é quantidade auxiliar; ρ<sub>20</sub> é a resistividade elétrica do condutor a 20 °C [Ω.m]; B é uma quantidade auxiliar; α<sub>20</sub> é o coeficiente de temperatura para a resistência do condutor a 20 °C [K-1]; θ<sub>m</sub> é temperatura média de operação do condutor [°C]; A é a componente variável do custo por unidade de comprimento conforme seção do condutor [\$/m.mm<sup>2</sup>]; N<sub>p</sub> é o número de condutores de fase por circuito; N<sub>c</sub> é o número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga; T é o tempo de operação com perda joule máxima [h/ano]; P é o custo de um watt-hora no nível da tensão pertinente [\$/W.h]; D é a variação anual da demanda [\$/W.ano]; Q é a quantidade auxiliar; i é a taxa de capitalização para cálculo do VP [%]; y<sub>p</sub> é o fator de proximidade, IEC 60287-1-1 [49]; r é uma quantidade auxiliar; N é o período coberto pelo cálculo financeiro, também referido como “vida econômica” [ano]; a é o aumento anual da carga (I<sub>max</sub>) [%]; b é o aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação [%].

Dimensionado os cabos do sistema, deve-se então dimensionar os dispositivos de proteção. Os principais dispositivos utilizados para proteção de um SFV são diodo de bloqueio, fusível, disjuntor e o DPS. A proteção para o sistema de corrente alternada deve ser dimensionada de acordo com a NBR 5410. Já para o sistema de corrente contínua o dimensionamento das proteções será realizado de acordo com (VILLALVA, 2015).

O diodo de bloqueio (ou de fileira) tem por função impedir que a corrente elétrica circule no sentido inverso, ou seja, impede que o módulo fotovoltaico funcione como

uma carga quando ele não estiver gerando, o que poderia danificar o equipamento (VILLALVA, 2015). Dessa forma, mesmo ocorrendo o curto-circuito ou sombreamento de uma fileira, as outras continuam operando normalmente. Seu dimensionamento deve obedecer a relação descrita na Equação 11.

$$V_{D,fil} \geq 2 \cdot V_{OC,STC} \quad (11)$$

Onde  $V_{D,fil}$  é a tensão reversa suportada pelo diodo em série com uma fileira e  $V_{OC,STC}$  é a tensão de circuito aberto da fileira nas condições padrão de teste (STC).

O fusível e o disjuntor, por sua vez, devem proteger os equipamentos dos danos causados por curto-circuito e sobrecargas. Para que atuem de maneira correta devem seguir a relação descrita nas equações 12 e 13, respectivamente.

$$1,1 \cdot I_{SC,STC} \leq I_N \leq I_R \quad (12)$$

Sendo  $I_{SC,STC}$  a corrente de curto-circuito da fileira nas condições padrão de teste [A],  $I_N$  a corrente nominal do dispositivo [A] e  $I_R$  é a corrente reversa suportada pelo módulo fotovoltaico, que deve estar especificada na folha de dados do fabricante [A]. O escalar 1,1 é um fator de segurança que garante que o dispositivo não atuará durante a operação normal do sistema.

$$1,35 \cdot I_{RM} \leq (N_{par} - 1) \cdot I_{SC,STC} \quad (13)$$

Sendo que  $I_{SC, STC}$  a corrente de curto-circuito da fileira nas condições padrão de teste [A],  $I_{RM}$  é a corrente reversa máxima presente no circuito [A] e  $N_{par}$  é o número de fileiras ligadas em paralelo. Este critério deve ser satisfeito apenas quando o sistema tiver mais de duas fileiras em paralelo.

Também deve ser dimensionado o DPS, que protege as instalações elétricas contra sobretensões ocasionadas por descargas atmosféricas. Esse dispositivo deve estar instalado em ambos os lados do sistema fotovoltaico (CC e CA). O DPS deve ser dimensionado obedecendo a relação dada na Equação 14.

$$V_{DPS} \geq 1,2 \cdot N \cdot V_{OC,STC} \quad (14)$$

Onde  $V_{DPS}$  é a tensão mínima que deve suportar o DPS,  $N$  é o número de módulos em cada fileira e  $V_{OC,STC}$  é a tensão de circuito aberto do módulo nas condições padrão de teste (STC).

### 3.5 Análise Econômica e Ambiental

Com todo o dimensionamento do sistema realizado, a última etapa do trabalho consiste na análise econômica e ambiental da proposta para a verificação da viabilidade do sistema.

O maior custo referente ao SFV corresponde aos equipamentos necessários para o sistema (módulos e inversores). Portanto equipamentos que apresentem um ótimo custo-benefício são essenciais para a viabilidade econômica do sistema. Dessa maneira o primeiro passo é realizar o orçamento garantindo qualidade e baixo custo. Para analisar quantitativamente os sistemas propostos (SFCR e SFI), são utilizados indicadores econômicos de investimentos, onde os mais conhecidos são o Payback descontado (tempo de retorno), o VPL (valor presente líquido) e a TIR (taxa interna de retorno). Para expandir a análise das propostas, dois cenários serão estabelecidos considerando previsões para o crescimento do preço da eletricidade. O primeiro supõe o comportamento característico da evolução média da tarifa de energia nos últimos anos, e o segundo considera a evolução do índice de preços ao consumidor (IPCA). Essa análise será feita considerando investimento do proprietário e financiamento externo.

A análise ambiental é realizada com base nas diretrizes do Instituto Ambiental do Paraná (IAP). De acordo com a portaria nº 8/2017, a geração de eletricidade através de energia solar fotovoltaica tem um baixo impacto ambiental e empreendimentos de até 1 MW não necessitam de estudos nem de licenciamento ambiental (podem ser considerados livres de emissões de gases de efeito estufa). Sendo assim será aplicado o fator de emissão da matriz elétrica brasileira para definir a quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> evitada e determinar qual tipo de sistema, isolado ou conectado à rede, tem menor impacto ambiental.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Partindo das informações contidas na Tabela II, da configuração do sistema de irrigação (Figura 3) e considerando a pressão máxima que o tubo gotejador pode suportar (3 bar), foi possível determinar a altura manométrica total máxima do sistema como sendo de 60,47 m. Porém, o sistema de auto-compensação do tubo gotejador permite que a mesma vazão (1,3 L/h) seja mantida, mas com uma pressão mínima de 0,5 bar, o que permite reduzir a altura manométrica total do sistema para 34,96 m.

Visando diminuir o consumo de energia elétrica, e ao mesmo tempo garantir uma pressão de segurança devido a possíveis variações na instalação (motivado pela realização de fertirrigação da cultura) a pressão no tubo gotejador será estabelecida em 1 bar, o dobro da pressão mínima. Desta forma, a altura manométrica total foi de 40,06 m. Os valores de comprimento equivalente usados no cálculo da perda de carga total do sistema estão de acordo com a NBR 5626/98, NB 92/80, e com tabela de perda de carga da Tigre para PVC rígido e cobre. Particularmente, a perda de carga do filtro de disco de 120 mesh foi estimada a partir

de (TESTEZLAF & SILVA RAMOS, 1995).

A Tabela III apresenta a quantidade diária média mensal de água que a cultura precisa em cada etapa do ano e o tempo necessário para irrigar essa quantia. A fenologia da cultura é determinada com base em [54] e  $K_c$  é definido para cada etapa segundo (EMBRAPA, 2017a). Para garantir o fornecimento durante os procedimentos de manutenção das plantas, adota-se  $K_c$  como sendo 0,2 no repouso. A evapotranspiração de referência é calculada conforme o método aproximado da Embrapa Uva e Vinho (EMBRAPA, 2017b).

O sistema de irrigação atual emprega uma motobomba do tipo centrífuga monoestágio de 7,5 CV; no entanto de acordo com a pressão manométrica total calculada anteriormente e o consumo de água requerido, a motobomba capaz de satisfazer essa demanda é uma centrífuga monoestágio com potência de 2 CV. Para a escolha de um novo dispositivo foram consideradas a credibilidade do fabricante, as características do produto em termos dos parâmetros elétricos e mecânicos, e o custo. Desta forma, foi selecionado o modelo BC-92 S 1 C da Schneider, cujas características técnicas encontram-se disponíveis em (SCHNEIDER, 2017).

MÊS	$ET_o$ [mm] *	ETAPA DA UVA	$K_c$	$ET_c$ [mm]*	$I_a$ [mm/h]	$T_a$ [h]	$Q_d$ [m <sup>3</sup> /dia]
Jan.	4,91	Frutificação	0,80	3,92	0,87	6,72	20,80
Fev.	4,57	Maturação	0,60	2,74	0,87	4,70	14,54
Mar.	4,18	Maturação	0,60	2,51	0,87	4,30	13,30
Abr.	3,50	Maturação	0,60	2,10	0,87	3,60	11,15
Mai.	3,09	Repouso	0,20	0,62	0,87	1,06	3,28
Jun.	2,97	Repouso	0,20	0,59	0,87	1,02	3,15
Jul.	3,34	Repouso	0,20	0,67	0,87	1,14	3,54
Ago.	4,03	Repouso	0,20	0,81	0,87	1,38	4,27
Set.	4,32	Brotação	0,40	1,73	0,87	2,96	9,17
Out.	4,63	Brotação	0,40	1,85	0,87	3,17	9,81
Nov.	5,11	Floração	0,40	2,04	0,87	3,50	10,83
Dez.	5,24	Frutificação	0,80	4,19	0,87	7,18	22,20

Tabela III - Consumo de água e tempo de irrigação.

\* 1mm equivale a 10.000 L por hectare por dia.

#### 4.1 Curva de Carga

Tendo definido todas as variáveis, multiplicou-se o consumo elétrico da motobomba e do soft starter (1,75 kW e 27 W, respetivamente) pelo tempo de uso diário ( $T_a$ ) e pela quantidade de dias no mês, obtendo assim o consumo de energia mensal. A partir do consumo mensal foi montada a curva de carga de duração anual

do sistema de irrigação (Figura 5), ficando em evidência a economia obtida após a substituição da motobomba. De acordo com os resultados obtidos, a substituição proposta possibilita uma redução no consumo de energia de 29,4 % com relação à situação atual.

## 4.2 Sistemas Fotovoltaicos

Primeiramente foi determinada a irradiação solar média mensal disponível na cidade Salto do Lontra – PR, por meio do software RETScreen. Este programa conta com uma base de dados oriundas de estações meteorológicas ou de estimativas realizadas pela NASA. Embora esta cidade não conste na base de dados do programa, existem dados disponíveis para uma estação a cerca de 21 km do local de instalação. Dentro do software, foi variado o ângulo de inclinação (mantendo o ângulo azimutal em 0°) entre 0°N e 50°N a fim de verificar a influência deste parâmetro na captação de energia.

De acordo com a análise de inclinações, a Figura 6 mostra as melhores inclinações obtidas para as situações típicas em um SFV: maximizar a produção no inverno (40°N), maximizar a produção no verão (0°N) e maximizar a produção anual (18°N). Ao comparar a disponibilidade de irradiação solar ao longo do ano (Figura 6) com a curva de carga de duração anual (Figura 5), observa-se que a demanda coincide com curva de 18°N. Isto porque o ciclo de cultivo da uva demanda maiores quantidades de água justamente nos meses com maior irradiação. Assim, a inclinação utilizada foi de 18°N, tanto para o SFI como para o SFCR.

Para realizar a otimização computacional utilizou-se do recurso de parametrização do SAM. Foram variadas diversas configurações do sistema, considerando diferentes potências de módulos fotovoltaicos, a fim de satisfazer a demanda do estudo de caso. Cabe destacar os seguintes pontos assumidos: (i) O modelo escolhido para avaliar o desempenho do sistema foi o Fotovoltaico Detalhado (ou Fotovoltaic Detailed); (ii) A base de dados do SAM não contém informação da estação meteorológica da cidade de Dois Vizinhos; em vista disso foi utilizado o arquivo climático tipo TMY (Typical Meteorological Year), proveniente da biblioteca do programa EnergyPlus (DOE, 2019) e compatível com o SAM. Os dados deste arquivo provêm da estação meteorológica número 869270 do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e foram registrados durante o período de 2001 a 2010; (iii) O critério para dimensionar o gerador fotovoltaico do SFCR foi o consumo médio anual do sistema de irrigação (2.205 kWh) e para o SFI o consumo médio diário no mês crítico (12,78 kWh). Ambos critérios devem ser garantidos até o final da vida econômica do sistema (20 anos); (iv) Foram selecionados o inversor, tipo de bateria e controlador de carga, que apresentam as melhores características do ponto de

vista técnico e econômico; os mesmos dispositivos foram empregados em todos os sistemas e soluções avaliadas. Os equipamentos que não constam na base de dados do programa foram ingressados manualmente com base nos catálogos dos fabricantes; (v) A seleção dos módulos levou em consideração as características técnicas do dispositivo e a confiabilidade do fabricante, priorizando os módulos mais comercializados no Brasil (aqueles certificados pelo INMETRO); (vi) Sendo que o caso estudo é uma propriedade rural, a área de instalação do sistema não possui interferências de sombreamento e a sombra provocada entre os módulos pode ser negligenciada desde que exista apenas uma única fileira; (vii) Foi adotada uma perda mensal por sujeira igual a 5% como sugerido em (COSTA, 2016); (viii) Para não ultrapassar o limite de 3% estabelecido na NBR 5410, as perdas CA e CC empregadas nos cabos foram 2% e 1%, respectivamente; (ix) A degradação dos módulos foi considerada em 0,732%/ano, sendo esta a garantia de desempenho padrão do mercado. Para as perdas nos diodos e conexões, por seguimento e por incompatibilidade dos módulos, foram adotados os valores default do programa; (x) As perdas de eficiência nos módulos por efeito da temperatura foram avaliadas pelo método da NOCT, utilizando os coeficientes de perda da folha de dados do módulo dentro do próprio SAM; (xi) O tamanho do banco de baterias para os SFI foi ajustado conforme o déficit máximo de energia diária que cada sistema apresenta ao longo do ano 20; e (xii) A demanda de energia foi estabelecida levando em conta o tempo de uso diário do sistema e a potência requerida.

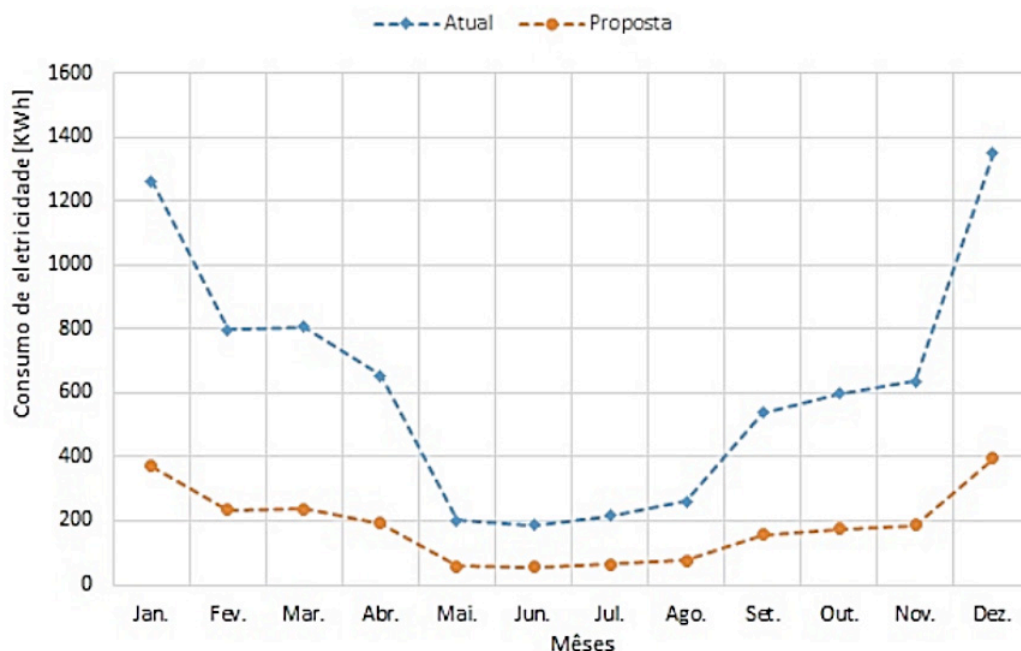


Figura 5 – Curva de carga estimada de duração anual.



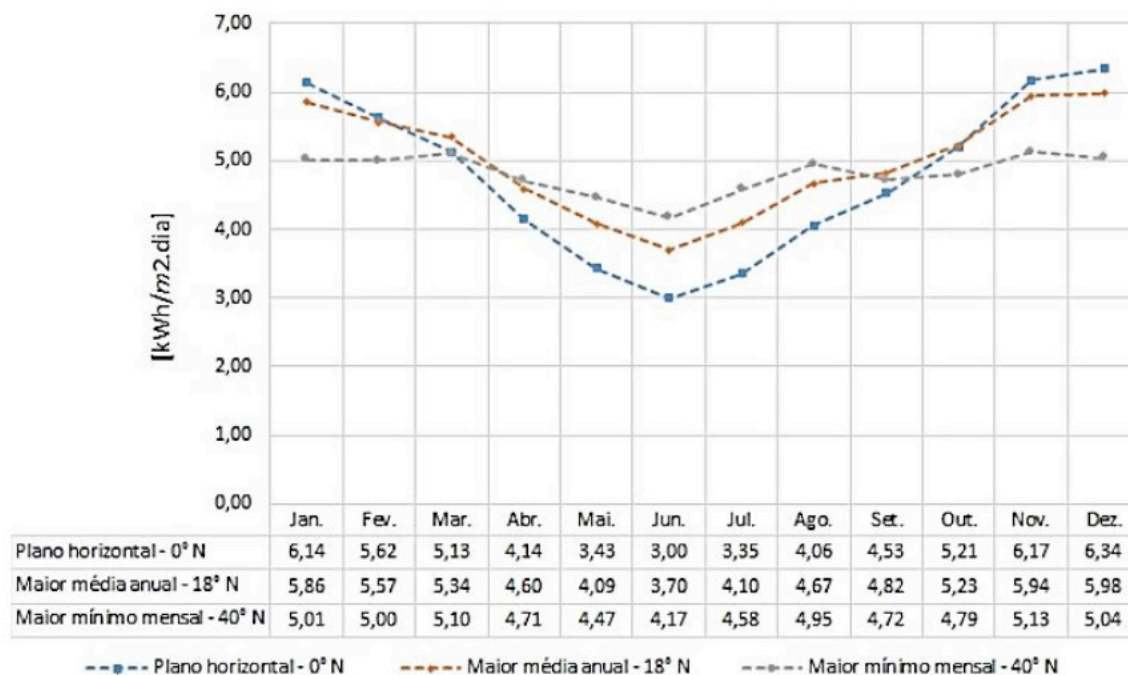


Figura 6 – Irradiação solar diária média mensal em Salto do Lontra - PR.

Respeitando as considerações estabelecidas nesta seção, as tabelas IV e V apresentam os dados de entrada e resultados para as 4 melhores configurações dos SFCR e SFI, respectivamente.

<b>Alternativa</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Cons. anual de energia [kWh]	2204,95			
<b>Inversor</b>				
Marca	SMA			
Modelo	SB 1.5-1 VL-40			
Potência CA máxima [W]	1500			
Corrente CC máxima [A]	10			
Tensão CC máxima [V]	600			
Tens. CC máx. do SPPM [V]	500			
Tens. CC mín. do SPPM [V]	160			
Tensão CA nominal [V]	240			
Tensão CC nominal [V]	260			
Cons. de potência à noite [W]	2			
Efic. Europeia/medida [%]	96,1			
<b>Módulos</b>				
Marca	Canadian Solar	Canadian Solar	Yingli Energy	Yingli Energy
Modelo	CS6U-315P	CS6P-265P	YL260P-29b	YL140P-17b
Módulos por fileira	6	7	7	13
Fileiras em paralelo	1	1	1	1

Azimut (graus)	0
Inclinação (graus)	18

### Perdas

Taxa de degradação do PV [%/ano]	0,732
Perda nos cabos CA [%]	1
Perda nos cabos CC [%]	2
Perdas pelos diodos e conexões [%]	0,5
Perda por incompatibilidade do PV [%]	2
Perda mensal por sujeira [%]	5

### Resultados

Potência do painel FV [W]	1890	1855	1820	1820
FDI	0,794	0,809	0,824	0,824
Prod. energia ano 1 [kWh]	2721,41	2642,16	2614,61	2585,45
Prod. energia ano 6 [kWh]	2623,26	2546,86	2520,31	2492,2
Prod. energia ano 11 [kWh]	2528,64	2455	2429,41	2402,31
Prod. energia ano 16 [kWh]	2437,44	2366,46	2341,78	2315,66
Prod. energia ano 20 [kWh]	2366,85	2297,92	2273,96	2248,60
FC do sistema [%]	16,43	16,26	16,40	16,21
TD do sistema	0,7912	0,7829	0,7895	0,7803

Tabela IV - Dados e resultados das quatro melhores configurações para o SFCR.

Alternativa	A	B	C	D
Consumo diário médio de energia mês crítico [kWh]	12,78			
Consumo mensal de energia mês crítico [kWh]	396,21			
<b>Inversor</b>				
Potência CA máxima [W]	2000			
Potência CA de surto [W]	4600			
Tensão entrada [V]	21.6 – 32			
Tensão saída [V]	220			
Frequência [Hz]	60			
Eficiência Europeia/medida [%]	93,8			
<b>Módulo</b>				
Marca	Canadian	Canadian	Canadian	Yingli
Modelo	CS6P-260P	CS6P-260P	CS6U-320P	YL260P-29b
Mód. por fil. – Contr. 1 SPPM 1	2	2	3	2

Fil. em paral. – Contr. 1 SPPM 1	2	2	1	2
Mód. por fil. – Contr. 1 SPPM 2	2	2	3	2
Fil. em paral. – Contr. 1 SPPM 2	2	2	1	2
Mód. por fil. – Contr. 2 SPPM 1	2	3	3	3
Fil. em paral. – Contr. 2 SPPM 1	2	1	1	1
Mód. por fil. – Contr. 2 SPPM 2	2	3	2	3
Fil. em paral. – Contr. 2 SPPM 2	2	1	1	1
Distância entre fielas (m)	3,2	3,2	3,2	3,2
Azimut (graus)	0			
Inclinação (graus)	18			

### Perdas

Tax. degradação mód. [%/ano]	0,732
Perda nos cabos CA [%]	1
Perda nos cabos CC [%]	2
Perdas diodos e conexões [%]	0,5
Perda incompat. mód. [%]	2
Perda mensal por sujeira [%]	5
Perda do otimizador de potência CC - controlador [%]	2

### Baterias

Marca	Moura Clean			
Modelo	12MF220			
Tipo	Chumbo-ácido			
Tensão nominal [V]	12			
C20 [Ah]	220			
Profundidade de descarga [%]	20			
Baterias em série	2	2	2	2
Baterias em paralelo	28	9	10	9

### Resultados

Potência do painel FV [W]	4160	3640	3520	3640
Tens. Nom. banco de baterias [V]			24	
Capac. nom. banco de bat. [kWh]	147,84	47,52	52,8	47,52
Produção média diária de energia no mês crítico, ano 1 [kWh]	17,73	15,25	14,72	15,30
Produção média diária de energia no mês crítico, ano 6 [kWh]	17,05	14,65	14,14	14,71
Produção média diária de energia no mês crítico, ano 11 [kWh]	16,44	14,16	13,68	14,22
Produção média diária de energia no mês crítico, ano 16 [kWh]	15,84	13,80	13,31	13,85

Produção média diária de energia no mês crítico, ano 20 [kWh]	15,38	13,40	12,92	13,45
FC do sistema [%]	15,52	15,52	15,49	15,61
TD do sistema	0,7474	0,7473	0,7459	0,7516

Tabela V - Dados e resultados das quatro melhores configurações para o SFI.

Nas tabelas, FDI corresponde ao fator de dimensionamento do inversor, FC ao fator de capacidade do sistema e TD à taxa de desempenho. Os resultados permitem concluir que a melhor configuração para o sistema SFCR é a alternativa A. No SFI a proposta D apresenta melhores resultados técnicos, entretanto a alternativa B possui a mesma configuração com uma diferença no desempenho menor que 0,5% e R\$ 75,34 menos por módulo. Desta forma, a melhor configuração para o SFI fica definida como sendo a opção B.

ACOPEL (Companhia Paranaense de Energia) conforme às regras estabelecidas pelas Resoluções Normativas ANEEL nº 687/2015 e nº 786/2017, permite utilizar um sistema de compensação que consiste em injetar na sua rede o excedente da eletricidade gerado e converte-lo em créditos de energia válidos por até 60 meses.

Na Figura 7 apresentam-se as curvas de geração média de cada sistema e a curva de carga do sistema de irrigação montadas com base nas simulações realizadas no SAM. Através destas curvas é possível estimar a quantidade de energia que será instantaneamente consumida pela carga, sem ser injetada na rede, no caso do SFCR, ou armazenada no banco de baterias, no caso do SFI. A este consumo diretamente endereçado a carga denomina-se autoconsumo. Aplicando a integração via regra do ponto médio nas curvas geradas, o autoconsumo foi determinado como sendo 66,75% no SFCR e 43,82% no SFI.

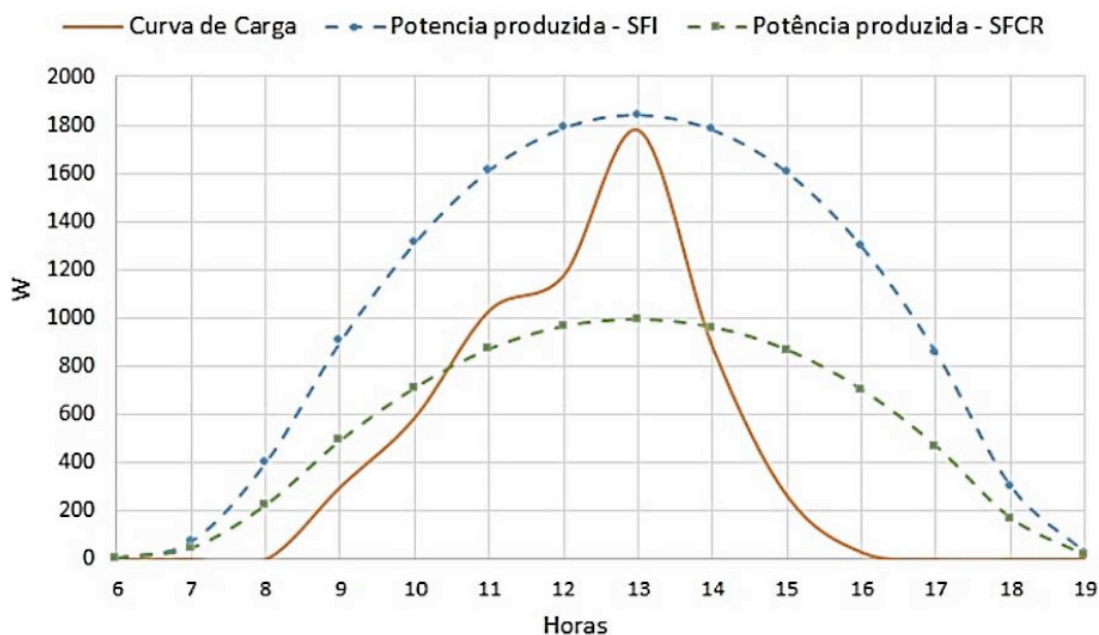


Figura 7 – Demanda versus estimativa da potência horária média anual gerada no 1º ano.

Na Figura 8 – observa-se o comportamento da geração de energia ao longo do último ano de vida econômica dos sistemas (ano 20) em contraste com a demanda de energia para irrigação. Pela figura observa-se que a demanda de energia de ambos os sistemas será garantida até o fim da vida econômica estipulada. Adicionalmente, evidencia-se a vantagem de utilizar o sistema de compensação da Copel para evitar o sobredimensionamento; nos meses de maio a novembro será gerada energia em excesso, a qual será injetada na rede da COPEL, produzido assim créditos que poderão ser abatidos nos meses de dezembro a abril nos quais o consumo supera a geração. Cabe salientar que a potência instalada do SFCR é cerca de 48% menor do que a do SFI.

Apesar da vida econômica dos sistemas ter sido estimada em 20 anos, a Figura 9 – mostra como a produção de energia vai decrescendo conforme o passar do tempo até o limite da vida útil dos módulos fotovoltaicos (25 anos). Ao final do ano 25 a geração será 15,5% menor do que foi no primeiro. Cabe frisar que a demanda anual de energia para ambos os sistemas não apenas será garantida durante a vida econômica do projeto, mas até o fim da vida útil dos módulos.

Com relação ao excedente gerado nos meses de menor demanda, principalmente nos anos iniciais de vida dos sistemas nos quais é mais significativo, o mesmo pode ser utilizado para diminuir a conta de energia referente ao consumo da residência dos proprietários, fornecendo energia para atividades com complementaridade sazonal ao cultivo da uva de modo a diminuir o consumo de energia alternativa (rede ou combustível).

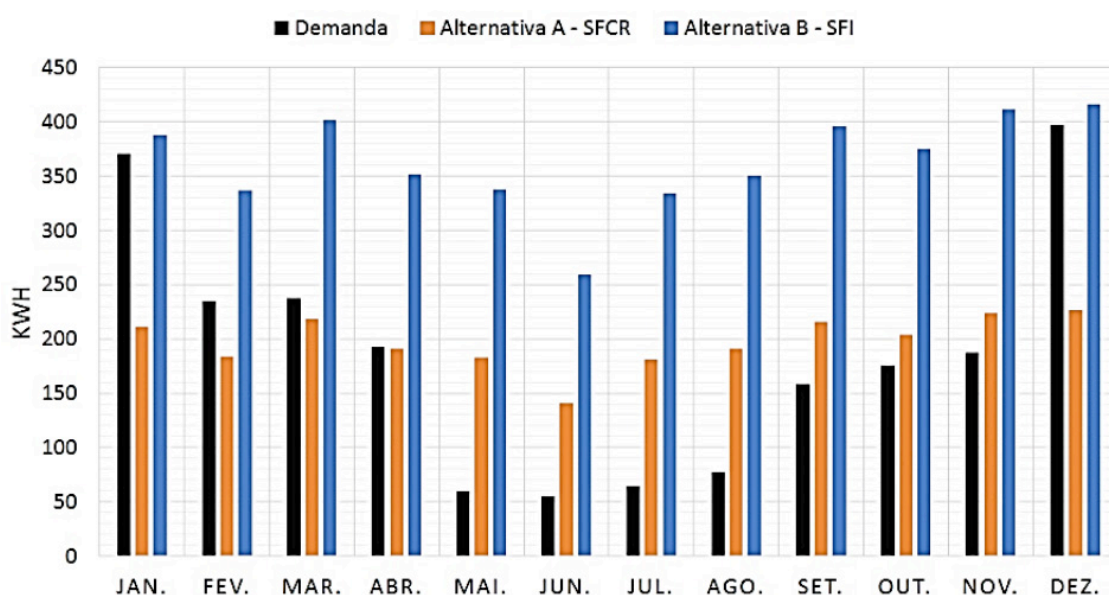


Figura 8 – Demanda versus estimativa da energia mensal produzida no 2º ano.

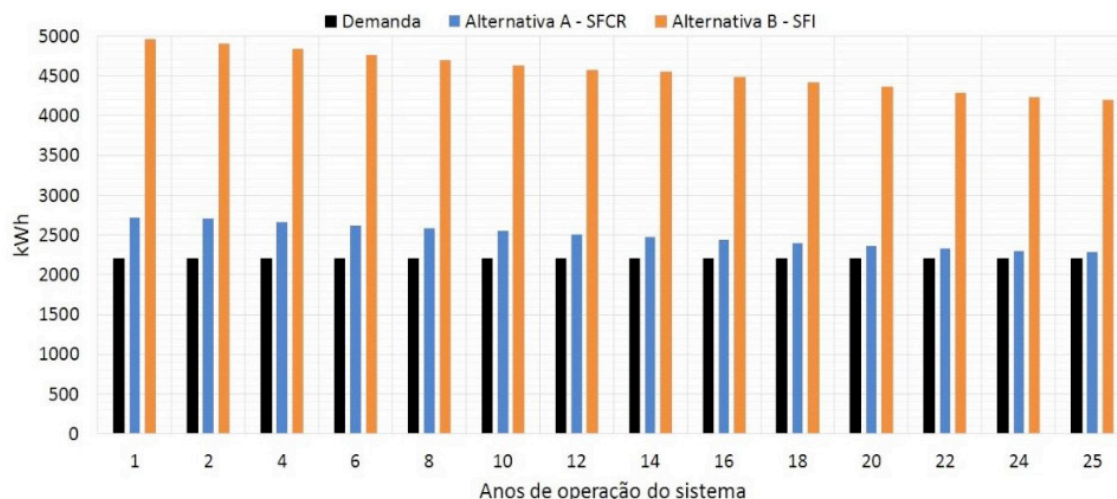


Figura 9 – Demanda vs estimativa da energia anual produzida para 25 anos.

Para finalizar o dimensionamento dos SFVs, deve ser analisada a necessidade de construção de estruturas. Para garantir a melhor disposição de cada equipamento foram levados em consideração os seguintes pontos:

Para evitar que pessoas sem qualificação manipulem os sistemas, deve ser instalada uma cerca com postes de 1,38 m de altura. Para evitar que os postes causem sombreamento nos módulos, as estruturas ficaram distantes 1,5 m em três laterais e em 2,3 m no lado direcionado ao norte.

A estrutura de suporte dos módulos deverá estar dividida em trechos onde cada um aloja duas placas FV e está fixo no solo mediante pilares de cimento que nivelam o sistema e o protegem contra os fortes ventos.

Como a motobomba possui uma proteção apenas contra objetos sólidos de 12,5 mm de diâmetro ou mais e contra gotas que caem na vertical (IP 21), faz-se necessário criar uma estrutura que brinde proteção adicional. Foi proposta uma estrutura de cimento, com aberturas para facilitar a manutenção e ventilação do equipo, que será instalada sob a estrutura dos módulos para incrementar a proteção contra o meio ambiente.

Tanto os inversores como os controladores de carga precisam proteção contra intempéries, portanto, são elaboradas caixas com placas de metal, abertas na face frontal e inferior para facilitar a ventilação dos dispositivos, que são instaladas sob os módulos FV para aumentar o nível de proteção e facilitar as conexões dos módulos.

No SFI, o banco de baterias deve ser resguardado da intempérie, logo, é proposto um depósito de madeira com telhado de zinco; sempre procurando deixar aberturas para facilitar a ventilação das baterias.

Para exemplificar os critérios supracitados, a Fig. 10. Apresenta a vista geral do croqui de instalação situacional do SFCR. Enquanto que a Fig. 11 apresenta o detalhamento das conexões SFCR.

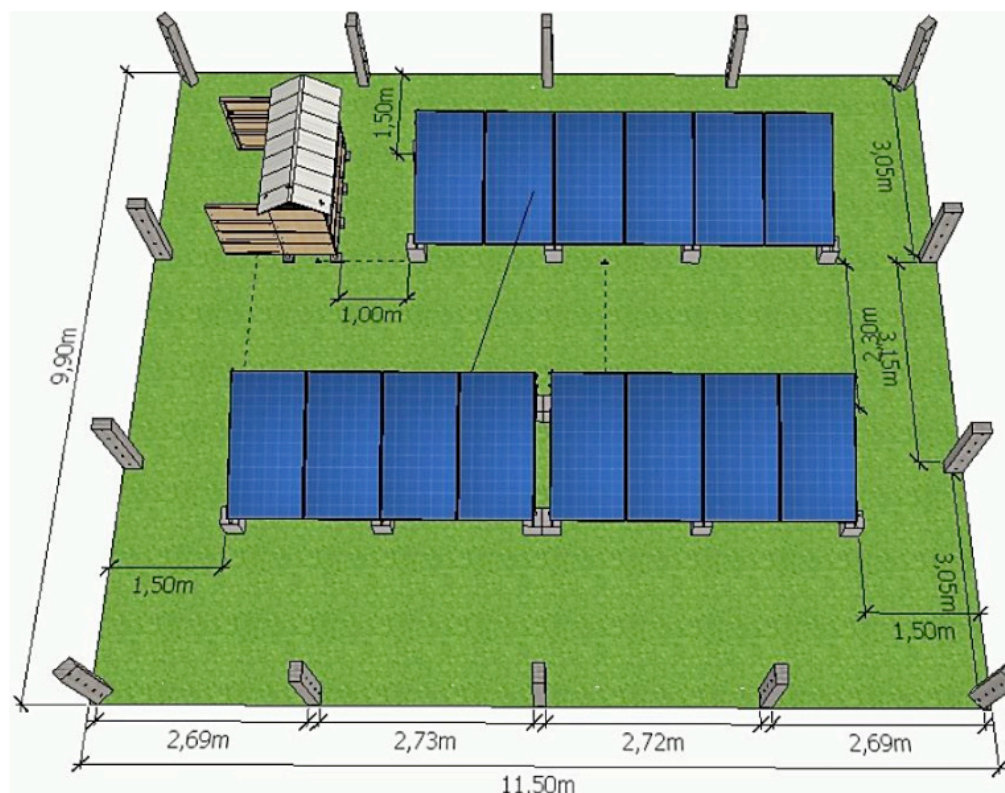


Figura 10 – Demonstrativo do croqui de instalação do SFCR.

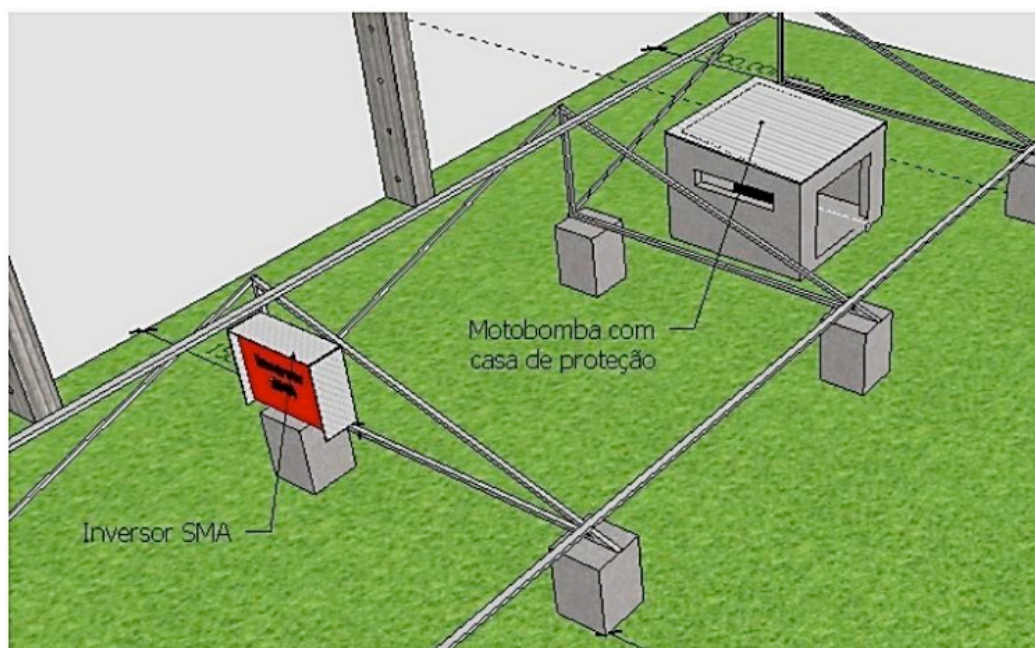


Figura11 – Demonstrativo do detalhamento das conexões elétricas do SFCR.

### 4.3 Cabeamento e Proteções

Para realizar o dimensionamento econômico da seção dos condutores foram feitas as seguintes considerações:

- I. A corrente de projeto máxima prevista para o cabo de fileira do SFCR, o cabo de fileira do SFI, o cabo das baterias do SFI, o cabo CA do SFCR e o cabo CA do SFI é 12,60 A, 25,05 A, 389,19 A, 9,80 A e 13,06 A, respectivamente. Estes valores levam em conta a margem de segurança de

- 1,25 e as correções por efeito da temperatura estabelecidas na NBR 5410;
- II. Conforme a NBR 15920, a resistividade elétrica do cobre a 20 °C é  $18,35 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$  e o coeficiente de temperatura para a resistência do condutor a 20 °C é 0,0068 K<sup>-1</sup>;
- III. Como o sistema é de baixa tensão, os efeitos de proximidade e pelicular, assim como as perdas na cobertura e armação serão desprezados. Logo, o valor de B é aproximado a 1;
- IV. Para o cabo de fileira do SFCR, o cabo de fileira do SFI, o cabo das baterias do SFI e o cabo CA de ambos os sistemas, o valor do custo por unidade de comprimento conforme seção do condutor é 0,7521 \$/m.mm<sup>2</sup>, 0,6541 \$/m.mm<sup>2</sup>, 0,5525 \$/m.mm<sup>2</sup> e 0,4826 \$/m.mm<sup>2</sup>; considerando condutores Prysmian de 6 mm<sup>2</sup>, 240 mm<sup>2</sup> e 10 mm<sup>2</sup>, respectivamente (PRYSMIAN, 2017);
- V. Cada seção do sistema possui apenas 1 circuito elétrico e apenas o circuito CA de ambos os sistemas tem 2 condutores de fase;
- VI. O tempo de operação com perda joule máxima para o trecho CA é 1.238 h/ano e representa o tempo que a motobomba está ligada anualmente; enquanto que para o lado CC este valor é 1.460 h/ano e considera uma média de 4 horas por dia onde a irradiação solar é máxima;
- VII. A demanda não experimenta variações ao longo do ano e o custo é 0,0006402 \$/Wh;
- VIII. A vida econômica da instalação elétrica será a mesma que a do SFV (20 anos). Além disso, como o sistema foi dimensionado para satisfazer a carga até o fim da vida econômica; haverá uma diminuição anual da carga de 0,732% resultante da degradação dos módulos; (ix) O aumento anual do custo da energia e a taxa de capitalização são 6,1 % ao ano, conforme exposto posteriormente na análise econômica; e (x) A temperatura máxima nominal do condutor é 90°C, condizente com (PRYSMIAN, 2017) e a temperatura ambiente média é 40°C.

Dada estas considerações e seguindo o método de cálculo da NBR 15920, cujas equações foram apontadas previamente na metodologia (equações 6 a 10); obteve-se por resultado que para o cabo de fileira do SFCR, o cabo de fileira do SFI, o cabo de bateria do SFI e o cabo CA de ambos os sistemas, a seção do condutor adequada são de 10 mm<sup>2</sup>, 25 mm<sup>2</sup>, 240 mm<sup>2</sup> e 16 mm<sup>2</sup>, respectivamente. Para ambos os sistemas no ramo CC são usados cabos AFUMEX SOLAR da Prysmian e no lado CA são usados cabos Gsette Easy da Prysmian.

Em relação às proteções elétricas, o manual técnico dos inversores e do controlador de carga indicam que todos os aparelhos possuem um dispositivo de desconexão para sobrecarga, curtos-circuitos e proteção de correntes reversas.



Além disso, somente uma fileira está conectada diretamente ao inversor do SFCR e duas fileiras estão conectadas a cada SPPM do SFI, portanto o uso de fusível de fileira e diodo de bloqueio é desnecessário para ambos sistemas.

Cabe ressaltar que o inversor do SFCR possui DPS do tipo I e III, coerente com as normas IEC 62103 e IEC 60664-1; ao passo que o inversor do SFI possui DPS de acordo à norma IEC 62109. Para a proteção dos módulos dos SFVs são recomendados DPSs Classe II. Aplicou-se a Equação 14 obtendo como resultado que o condutor de fileira do SFCR requer um DPS que suporte um nível de tensão de 324,72 Vcc. O condutor das baterias e do controlador de carga/inversor do SFI requerem DPS de tensão 28,8 Vcc. O lado CA de ambos os sistemas demanda um DPS de 264 Vca. Note-se que nas fileiras do SFI não foram colocados DPSs porque cada SPPM agrupa poucos módulos e os controladores de carga já incorporam proteção contra surtos. Dessa forma para o lado CA de ambos sistemas são utilizados DPSs modelo 7P.22.8.275.x020, monofásico, classe II da Finder, com tensão nominal de 230 Vca e tensão máxima de 275 Vca. Enquanto que para o lado CC foi escolhido o modelo 7P.26.9.420.1020 para aplicações FVs, com máxima tensão de operação contínua de 420 Vcc e classe II da Finder.

Embora o inversor e o controlador de carga possuem capacidade de interrupção interna, por redundância são incorporados disjuntores CC e CA de modo a garantir a proteção contra curto-circuito e sobrecorrentes, permitindo ainda o seccionamento do arranjo FV para futura manutenção, inspeção ou troca de equipamentos. Aplicando as equações 11 a 13, tem-se que para o SFCR o limite inferior é 10,10 A ( $1,10 \cdot 9,18$  A) e a corrente máxima permitida é 18,36 A (para a proteção contra curto-circuito, recomenda-se que o disjuntor atue para uma corrente duas vezes a corrente de curto-circuito do arranjo). Em vista disto, para o lado CC do SFCR selecionou-se o disjuntor da Schneider Electric, modelo NSX 100F DC LV438562, monopolar, de 16 A.

No SFI IN é igual a 311,67 A ( $1,10 \cdot (6800/24)$  A) e  $I_{m\acute{a}x}$  é 679 A (capacidade de condução do cabo de 240 mm<sup>2</sup>). Tanto para o trecho da bateria ao controlador, como da bateria ao inversor, o disjuntor CC selecionado foi o modelo Easy Pack CVS400F3400 TM400D de 400 A da Schneider Eletric. Não será necessário o uso de disjuntores para o painel FV devido a que cada SPPM pode ser desligado individualmente.

No lado CA também será colocado um disjuntor de modo a facilitar a manutenção. Com o limite inferior sendo igual a 7,5A (fator de correção de 1,1 para o inversor do SFCR) e 10 A (fator de correção de 1,1 para o inversor do SFI), e corrente máxima de 95A (máxima corrente permitida pelo cabo de 16 mm<sup>2</sup>), o disjuntor utilizado no lado CA de ambos os sistemas será o modelo VBF02GE bipolar de 10 A da Schneider Eletric.

Para facilitar a compreensão da conexão dos dispositivos de proteção, as Figura 12 e Figura13 – mostram o diagrama elétrico do SFCR e do SFI, respectivamente.

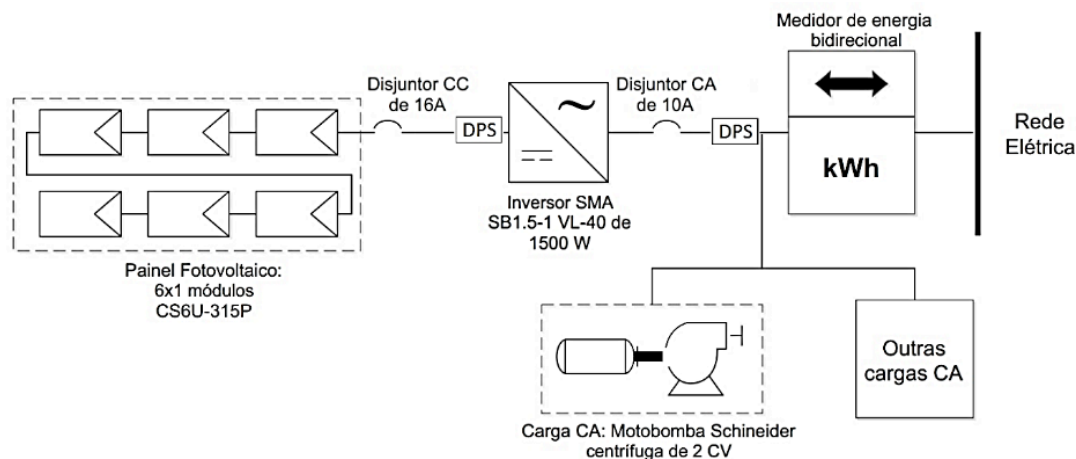


Figura12 – Diagrama elétrico da alternativa A do SFCR.

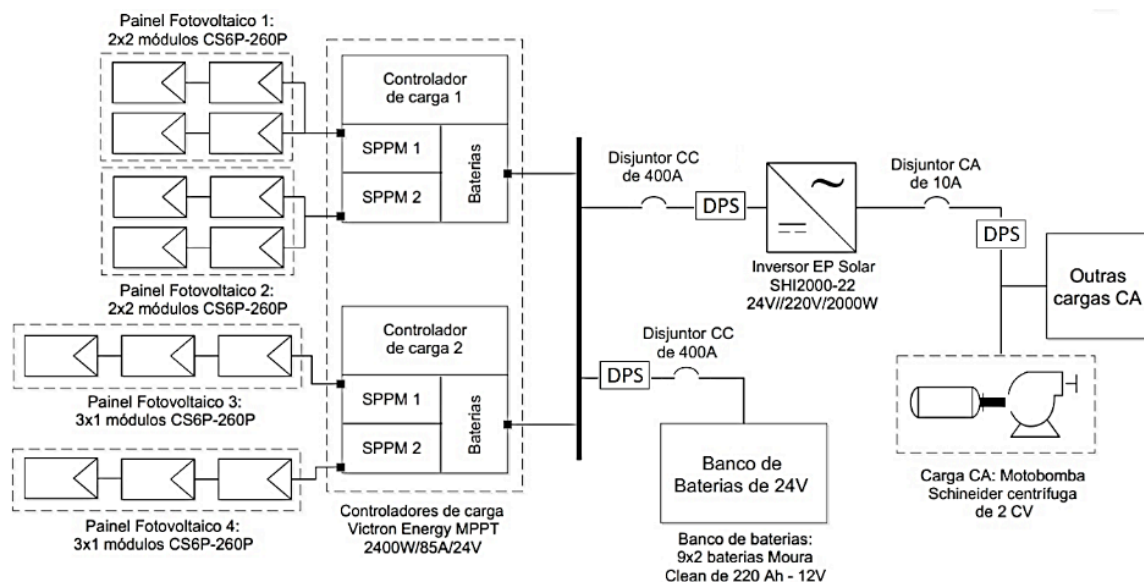


Figura13 – Diagrama elétrico da alternativa B do SFI.

#### 4.4 Análise econômica e ambiental

O orçamento foi levantado com base no serviço de compras online de empresas especializadas na venda de equipamentos para sistemas fotovoltaicos dentro do território brasileiro: Minha Casa Solar, NeoSolar, Rayma Solar, Bravo Energia, entre outras. Assim, as tabelas VI e VII apresentam os orçamentos para o SFCR e o SFI, respectivamente. O custo de instalação e projeto do sistema foi estimado como sendo 1,25 R\$/Wp instalado, seguindo análise apresentada em (NAKABAYASHI, 2014) para sistemas menores a 5kW. Como resultado final, o custo total do Wp instalado resultou 8,68 R\$ e 17,22 R\$ para o SFCR e SFI, respectivamente. A análise apresentada em (NAKABAYASHI, 2014) indica que para sistemas menores a 5kW o valor médio do Wp instalado é igual a 7,19 R\$/Wp, portanto as alternativas dimensionadas encontram-se bastante acima do valor médio, principalmente no

caso do SFI. No entanto, esta divergência quanto aos preços do Wp instalado pode ser justificada devido às grandes integradoras de energia solar conseguirem preços muito competitivos para compra de componentes em grandes quantidades.

Os valores dos indicadores econômicos VPL, TIR e do Payback dependem profundamente de variáveis que fogem do controle do investidor: o preço da energia elétrica, a produção de energia do sistema e as condições dos financiamentos disponíveis. Portanto, estes parâmetros devem ser definidos previamente à análise econômica do projeto.

O local de instalação do projeto se enquadra dentro da tarifa convencional no subgrupo B2–Rural, onde o custo da energia é 0,30839 R\$/kWh (sem impostos) e 0,48382 R\$/kWh (com impostos PIS, COFINS e ICMS) com vigência a partir do 24/06/2017 pelo estabelecido na Resolução ANEEL N° 2.255. Em (NAKABAYASHI, 2014) mostra que o aumento das tarifas de energia é diretamente influenciado pela situação econômica do país e varia tipicamente a uma taxa maior que a inflação (IPCA). Em vista disso, adotaram-se dois cenários: cenário 1 (padrão) com uma taxa de aumento do preço da eletricidade de 8,30% a.a., equivalente à média do histórico dos reajustes no preço da energia elétrica no período 2000-2017; e cenário 2 (contraproducente) com uma taxa de crescimento de 6,1 % a.a., reflexo do valor médio do histórico e previsão de crescimento do IPCA no período de 2001-2021 (de acordo com dados do IBGE).

Como uma das variáveis que impacta nos indicadores econômicos do projeto são as condições de crédito/financiamento, foi levantado que caso o proprietário do local não possua o recurso para custear o sistema, existem possibilidades de financiamento de algumas entidades bancárias.

Para agricultores familiares, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) na sua linha ECO dedica-se especificamente a financiar projetos de eficiência energética, incluindo a utilização de energia solar. A linha de crédito pode financiar até 100% do investimento (máximo R\$ 165 mil), com juro efetivo de 2,5% a.a. (juro nominal de 8,6% a.a. – inflação média de 6,1% a.a.) e prazo máximo de financiamento de 10 anos. A partir do valor do investimento, seja para o SFCR ou para o SFI, e os dados apontados anteriormente, é possível calcular as prestações que deverão ser pagas anualmente usando o método SAC.

Item	Alternativa A - SFCR		
	Qtd.	P.U. [R/\$]	P.T. [R/\$]
Mototobomba Schneider BC-92S 1C (2 CV)	1	1355,19	1355,19
Softstarter WEG SSW07 24 <sup>a</sup>	1	1100,00	1100,00
Inversor SMA SB 1.5-1 VL-40	1	3953,53	3953,53
Modulo Canadian Solar CS6U-315P	6	679,30	4075,80

Suporte SolarGroup para 6 módulos	1	2165,59	2165,59
Disjuntor CC LV438562 de 16 A da Schneider Eletric	1	466,21	466,21
Disjuntor CA VBF02GE de 10A da Schneider Eletric	1	223,21	223,21
DPS Classe II para SFVs 7P.26.9.420.1020 de 420 Vcc da Finder	1	115,24	115,24
DPS Classe II monofásico 7P.26.9.420.1020 de 230 Vca da Finder	1	45,29	45,29
1 m de Cabo de 10 mm2	21	6,83	143,39
1 m de Cabo de 16 mm2	45	7,49	336,83
Par de conectores MC4 de 4 mm2	6	10,82	64,92
Par de conectores MC4 Y de 4 mm2			
Custos de conexão e projeto por Wp	1890	1,25	2362,50
<b>Custo total do sistema</b>			<b>16407,69</b>
<b>Custo do Wp instalado</b>			<b>8,68</b>

Tabela VI - Composição do investimento inicial do SFCR.

\* P.U. = Preço Unitário e P.T. = Preço Total

\*\* Todos os preços incluem o frete até Salto do Lontra.

Tendo definido todas as variáveis, para começar a análise financeira basta considerar os seguintes pontos:

No SFCR é analisada uma situação incorporando os benefícios da troca da motobomba, e outra onde apenas são avaliadas as receitas obtidas pelo SFV. No caso do SFI isto não será necessário, pois nem o lucro do sistema todo consegue pagar o investimento inicial;

Cada alternativa é avaliada sob o critério do investimento próprio e financiado;

Na coluna de investimento por reposição de equipamentos (IRE), no SFCR somente é considerada a troca do inversor cuja vida útil é adotada como sendo 10 anos; enquanto que para o SFI considera-se o inversor e os controladores de carga com vida útil de 10 anos e as baterias com vida útil de 5 anos; e (iv) A TMA é estabelecida como sendo igual à taxa SELIC (10,25% a.a. da 207a publicação do histórico nº 31/05/2017).

Item	Alternativa B – SFI		
	Qtd.	P.U. [R/\$]	P.T. [R/\$]
Motobomba Schneider BC-92S 1C monofásica 2 CV	1	1355,19	1355,19
Softstarter WEG SSW07 24 <sup>a</sup>	1	1100,00	1100,00
Inversor EP Solar SHI2000-22	1	2916,82	2916,82
Modulo Canadian Solar CS6P-260P	14	625,48	8756,72
Bateria Moura Clean 12MF220	18	1144,29	20597,22
Victron energy MPPT 85A - MC4	2	3449,6	6899,20

Suporte SolarGroup para 6 módulos	1	2165,59	2165,59
Suporte SolarGroup para 4 módulos	2	1589,59	3179,18
Disjuntor CC CVS400F3400 de 400 A da Schneider Eletric	2	3687,76	7375,52
Disjuntor CA VBF02GE de 10 A da Schneider Eletric	1	223,21	223,21
DPS Classe II para SFVs 7P.26.9.420.1020 de 420 Vcc da Finder	2	115,24	230,48
DPS Classe II monofásico 7P.26.9.420.1020 de 230 Vca da Finder	1	45,29	45,29
1 m de Cabo de 25 mm <sup>2</sup>	48	15,686	752,93
1 m de Cabo de 240 mm <sup>2</sup>	15	132,608	1989,12
1 m Cabo Prysmian Gsette Easy 16 mm <sup>2</sup>	45	7,485	336,83
Par de conectores MC4 de 4 mm <sup>2</sup>	14	9,21	128,94
Par de conectores MC4 Y de 4 mm <sup>2</sup>	2	38,85	77,70
Custos de conexão e projeto por Wp	3640	1,25	4550,00
Custo total do sistema			62679,93
Custo do Wp instalado			17,22

Tabela VII - Composição do investimento inicial do SFI.

\* P.U. = Preço Unitário e P.T. = Preço Total

\*\* Todos os preços incluem o frete até Salto do Lontra.

A Figura 14 apresenta a modo de exemplo os resultados da análise financeira para o SFCR no cenário 1; com financiamento - CF e sem financiamento – SF; e para as duas alternativas estabelecidas, A1 - na qual são incorporados os benefícios da troca da motobomba e A2 - na qual é avaliado apenas o SFV. Note que o financiamento aumenta os lucros do proprietário devido a que sua taxa de juros nominal é menor que a TMA. Os benefícios gerados pela troca da motobomba superam amplamente aos lucros obtidos com o SFV, de modo que se considerarmos apenas as receitas do SFV o investimento não é recuperado mesmo ao final da vida econômica.

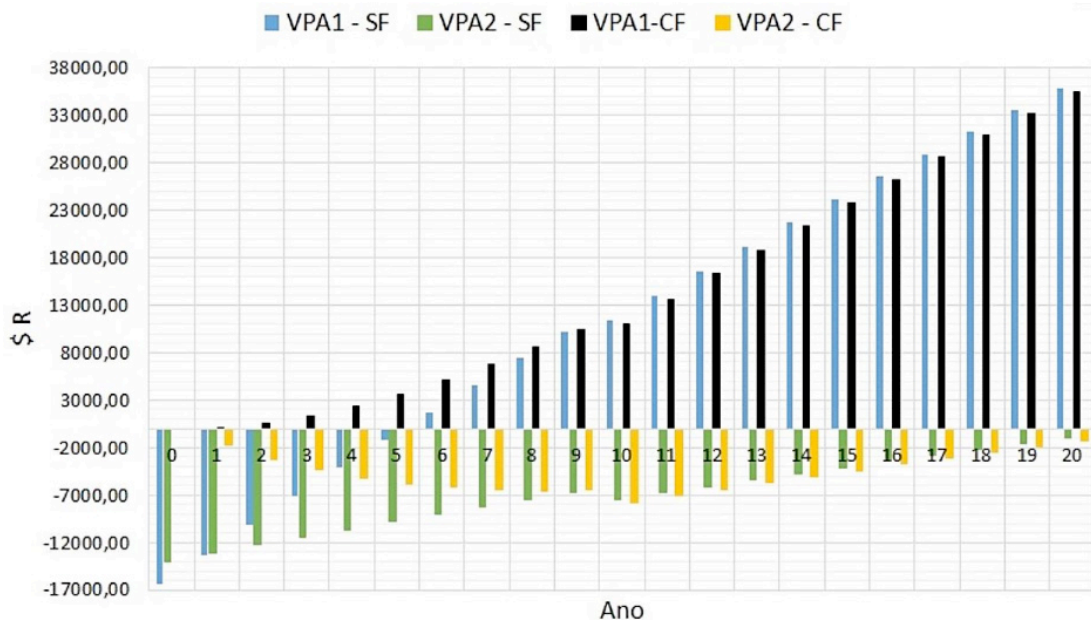


Figura14 – Valor presente acumulado da alternativa A do SFCR com e sem financiamento (CF e SF), cenário 1.

De forma semelhante, a Figura 15 apresenta os resultados da análise financeira para o SFI, no cenário 1, com e sem financiamento. Nesta ocasião repete-se novamente a tendência de o financiamento incrementar os lucros. Observa-se também como nenhuma das alternativas atinge a viabilidade econômica, inclusive com os importantes ganhos advindos da troca da motobomba. Isto demonstra que nos casos em que a rede elétrica está presente no local do projeto, a instalação de um SFI é ainda economicamente inviável.

Finalmente, conclui-se que para ambos os sistemas a opção de financiamento no cenário 1 é a que traz maiores lucros ao proprietário. Conclui-se ainda que o único sistema economicamente viável é o SFCR com troca da motobomba, o que indica que seria interessante realizar apenas essa substituição.

Na Tabela VIII encontra-se o resumo da análise financeira realizada para ambos os sistemas, com cada alternativa incluindo a substituição da bomba, com financiamento e sem financiamento, e para ambos os cenários propostos. Cabe destacar aqui a importância da taxa de projeção do preço da energia elétrica, sendo que uma projeção 2,5% superior à inflação (cenário 1) resultou em uma TIR 25,5% (SFCR – A2) e 31,16% (SFI – A2) maiores que se a eletricidade e o IPCA crescerem ao mesmo ritmo (cenário 2).

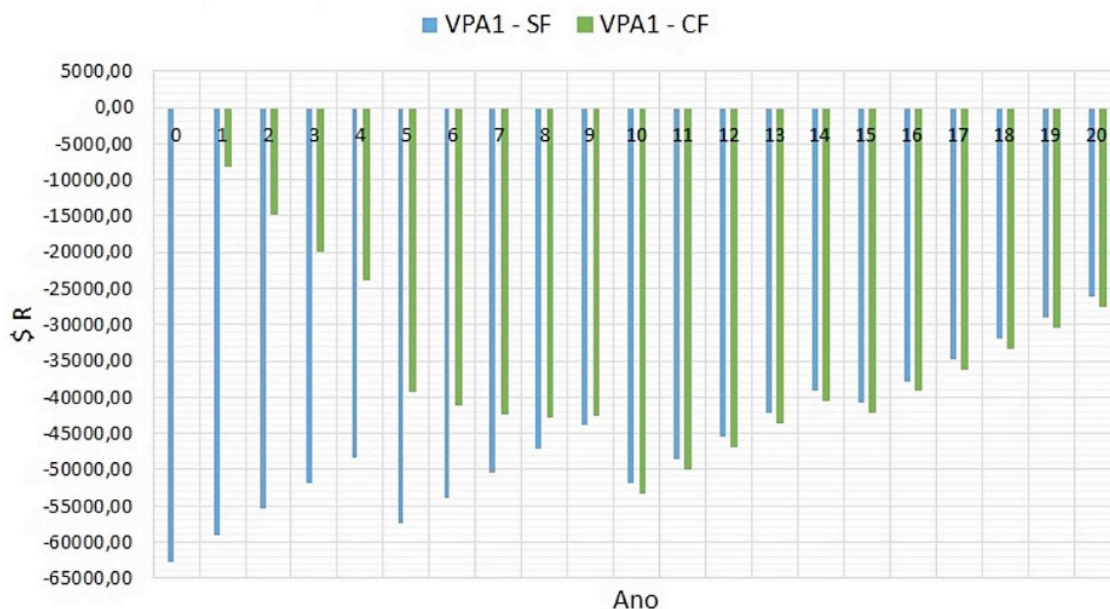


Figura15 – Valor presente acumulado da alternativa B do SFI com e sem financiamento (CF e SF), cenário 1.

Do ponto de vista ambiental, a proposta de geração fotovoltaica se enquadra como não poluente de acordo com a portaria nº 8/2017 do IAP. Para quantificar as emissões evitadas pela adoção do SFV aplica-se o fator de emissões da matriz elétrica brasileira correspondente a 0,0651 tCO<sub>2</sub>/MWh, valor médio anual obtido a partir do histórico fornecido pelo Ministério da Ciência Tecnologia (MCT) – Tabela IX

Na Tabela X é apresentado o resumo das emissões de CO<sub>2</sub> evitadas ao longo da vida útil de cada projeto, incluído o CO<sub>2</sub> evitado pela troca da motobomba. Desta forma, o SFI é o projeto que evita a maior quantia de emissões de CO<sub>2</sub>, e de forma isolada a TM é o que mais reduz as emissões.

	VPL1 [\$R]	TIR1 [%]	Payback1 [anos]	VPL2 [\$R]	TIR2 [%]	Payback2 [anos]
<b>Cenário1</b>						
SFCR A – SF	35742,74	28,45	6	-1023,20	9,41	>20
SFCR A – CF	35397,54	*	1*	-1316,74	8,44	>20
SFI B – SF	-26129,72	5,46	>20	-	-	-
SFI B – CF	-27448,43	2,96	>20	-	-	-
<b>Cenário2</b>						
SFCR A – SF	26929,92	26,15	6	-3474,03	7,01	>20
SFCR A – CF	27966,11	*	1*	-2592,88	5,81	>20
SFI B – SF	-37479,28	2,25	>20	-	-	-

SFI	-33520,85	-0,73	>20	-	-	-
B - CF						

Tabela VIII - Resumo da análise financeira das propostas.

\*Como o lucro obtido pelo sistema completo é tão grande, na opção de financiamento todas as parcelas do empréstimo são pagas com os lucros do sistema e não há necessidade de investimento por parte do proprietário; portanto, não é possível determinar a TIR nem o PAYBACK.

\*\* SF - Sem Financiamento e CF - Com Financiamento.

2006	2007	2008	2009	2010	2011
0,0323	0,0293	0,0484	0,0246	0,0512	0,0292
2012	2013	2014	2015	2016	Média
0,0653	0,096	0,1355	0,1244	0,0817	0,0653

Tabela IX - Fator anual de emissões de CO2 da matriz elétrica brasileira.

Alternativa	Produção *[MWh]	Emissão *[t CO2]
SFCR - A	50,80	3,32
SFI - B	83,71	5,46
TM	105,88	6,91

Tabela X - Emissões de CO2 evitadas por cada proposta.

\* Os valores obtidos são o somatório da operação do sistema ao longo dos 20 anos de vida econômica.

\*\* TM corresponde à energia evitada pela troca da motobomba.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das análises de desempenho de produção de energia e viabilidade financeira, conclui-se que a melhor opção para o SFCR é a alternativa A (avaliada no cenário 1) que consta de 6 placas de 315Wp cada (1.890 W de potência total instalada), incorporando a troca da motobomba e com o financiamento do PRONAF ECO, requerendo um investimento de R\$ 16.407,69.

Esta alternativa gera cerca de 8.015 kWh por ano, dos quais 2.721 kWh são originados pela implantação do gerador FV e 5.294 kWh pela energia economizada na substituição da motobomba. Esta alternativa produz um saldo positivo de R\$ 35.397,54 ao final do investimento, com uma TIR imediata (a partir do financiamento, o proprietário não deverá pôr capital extra), payback de 1 ano e redução de emissões de CO2 em 10,23 toneladas após operar 20 anos.

Porém, analisando apenas os lucros obtidos pelo SFV, o VPL foi de R\$ 1.023,20 com uma TIR de 9,41 %, o que torna o investimento inviável e evidencia que devido as condições do estudo de caso, é interessante apenas trocar a motobomba e seguir utilizando a rede de energia da distribuidora para alimentação.



No SFI nenhuma proposta apresentou-se viável, porém, a alternativa B no cenário 1, composta por 14 placas de 260Wp cada uma (3640 W de potência total instalada) e um banco de baterias com 18 baterias chumbo-ácido com capacidade nominal de 47,52 kWh em 24 V (para dois dias de autonomia), com um investimento inicial de R\$ 62.679,93, considerando o financiamento e a substituição da motobomba, foi a alternativa com menor prejuízo.

Por fim, destaca-se que os resultados demonstram de que em zonas atendidas pela rede elétrica a melhor opção é o SFCR com uso do sistema de compensação das concessionárias. No entanto, o baixo custo da eletricidade em zonas rurais conectadas à rede faz com que os SFVs ainda não sejam economicamente atraentes, porém, ainda assim apresentam uma alternativa promissora para irrigação quando o objetivo é aumentar a segurança do abastecimento de água e contribuir na mitigação de emissão de poluentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a Fundação Araucária e a Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) pelo apoio e fomento à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABAYOMI-ALLI, O. et. al., “Smart-Solar Irrigation System (SMIS) for Sustainable Agriculture,” 1st International Conference on Applied Informatics, ICAI 2018, vol. 942. Springer Verlag, Department of Electrical and Information Engineering, Covenant University, Ota, Nigeria, pp. 198–212, 2018.

ABNT, “NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão,” 2004.

ABNT, “NBR 15920:2011 Cabos elétricos - Cálculo da corrente nominal - Condições de operação - Otimização econômica das seções dos cabos de potência.” 2011.

ABNT, “NBR 5626:1998 Instalação predial de água fria.” 1998.

AKRAM, M. W. et. al., “Solar-powered drip irrigation system,” Green Energy and Technology. Springer Verlag, Department of Precision Machinery and Precision Instrumentation, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, China, pp. 545–558, 2018.

AL-BADI, A. et. al., “Sizing and modelling of photovoltaic water pumping system,” Int. J. Sustain. Energy, vol. 37, no. 5, pp. 415–427, 2018.

ALI, B. “Comparative assessment of the feasibility for solar irrigation pumps in Sudan,” Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 81, pp. 413–420, 2018.

ALLOUHI, A. et. al., Kousksou, and A. Jamil, “PV water pumping systems for domestic uses in remote areas: Sizing process, simulation and economic evaluation,” Renew. Energy, vol. 132, pp. 798–812, 2019.

ANA - Agência Nacional das Águas, “Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil 2018,” 2018. [Online]. Available: <http://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>. [Accessed: 12-Jun-2019].

ANEEL, “Resolução Normativa No 687/2015.” 2015.

ANEEL, “Resolução Normativa N° 786/2017.” 2017.

ANSI, “IEC 60287-1-1 ed2. 0; Electric cables–Calculation of the current rating–Part 1–1: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses–General. Copyright© International Electrotechnical Commission (IEC) Geneva, Switzerland.” .

AYODELE, T. R. et. al., “Evaluation of solar powered water pumping system: the case study of three selected Abattoirs in Ibadan, Nigeria,” *Int. J. Sustain. Eng.*, vol. 12, no. 1, pp. 58–69, 2019.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, “Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB do Agronegócio- Dados de 1995 a 2018,” 2018. [Online]. Available: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. [Accessed: 12-Jun-2019].

CHIAROTTI, F. et. al., “Caracterização fenológica, exigência térmica e maturação da uva ‘Bordô’ em Bocaiuva do Sul, PR,” *Rev. Bras. Ciências Agrárias*, vol. 9, no. 3, 2014.

CHILUNDO, R. J. et. al., “Photovoltaic water pumping systems for horticultural crops irrigation: Advancements and opportunities towards a green energy strategy for Mozambique,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 33, pp. 61–68, 2019.

COSTA, S. C. S. et. al., “Dust and soiling issues and impacts relating to solar energy systems: Literature review update for 2012–2015,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 63, pp. 33–61, 2016.

DOE (U.S. Department of Energy’s), “Weather Data EnergyPlus.” [Online]. Available: <https://energyplus.net/weather-search/DOIS%2520VIZINHOS>. [Accessed: 09-Jun-2019].

EMBRAPA, “Irrigação na Produção Integrada de Uvas Finas de Mesa,” 2017.

EMBRAPA, “Necessidade de água da cultura da videira na região norte do Paraná,” 2017a. [Online]. Available: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113431/1/Necessidade-Agua-Videira-Norte-Parana.pdf>. [Accessed: 15-Sep-2017].

EMBRAPA, “Planilha para cálculo diário da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO.” 2017b. [Online]. Available: <http://www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias/>. [Accessed: 15-Sep-2017].

ENSSLIN, L. et. al., “Processo de investigação e análise bibliométrica: avaliação da qualidade dos serviços bancários,” *Rev. Adm. Contemp.*, vol. 17, no. 3, pp. 325–349, Jun. 2013.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética, “Balanço Energético Nacional 2019,” 2019. [Online]. Available: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. [Accessed: 12-Jun-2019].

FAO, “Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura,” 2017. [Online]. Available: <http://www.fao.org/brasil/pt>. [Accessed: 27-Mar-2017].

GUZMÁN, A. B. et. al., “A cost-effective methodology for sizing solar pv systems for existing irrigation facilities in chile,” *Energies*, vol. 11, no. 7, 2018.

HASSAN, W. and KAMRAN, F., “A hybrid PV/utility powered irrigation water pumping system for rural agricultural areas,” *Cogent Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–15, 2018.

HERRERA, L. et. al., “A photovoltaic renewable energy as an alternative to the conventional diesel system to pump water in shrimp farms of Ecuador,” in *3rd International Conference on Information Systems and Computer Science, INCISCOS 2018*, 2018, vol. 2018–December, pp. 143–149.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, “Censo Agropecuário.” [Online]. Available: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>. [Accessed: 17-Mar-2017].

IDACIR, A., et. al., “Metodologia PROKNOW-C para construir o conhecimento acerca de previsão de demanda utilizando séries temporais PROKNOW-C methodology to build knowledge about demand forecast using time series,” 2017.

KLEIN, M. R., “Controle estatístico de qualidade de irrigação e fertirrigação por gotejamento na cultura da uva,” Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2013.

KOSE, F. et. al., “Experimental investigation of solar/wind hybrid system for irrigation in Konya, Turkey,” *Therm. Sci.*, vol. 2018, 2018.

KSENTINI, A. et. al., “Sizing and optimisation of a photovoltaic pumping system,” *Int. J. Energy Technol. Policy*, vol. 15, no. 1, pp. 71–85, 2019.

LEI Nº 12.787, Presidência da República Federativa do Brasil Casa Civil, “de 11 de janeiro DE 2013,” 2013. [Online]. Available: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm). [Accessed: 17-Mar-2017].

MACIEL FERREIRA FILHO, J. R. et. al., “Photovoltaic Panel Based Pumping System: A Solution Without Batteries,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 16, no. 2, pp. 514–520, 2018.

MANSOURI, F. et. al., “Solar Pumping for Green Campus,” in 2018 International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies, ISAECT 2018, 2019.

MÉRIDA GARCÍA, A. et. al., “Comparing the environmental and economic impacts of on- or off-grid solar photovoltaics with traditional energy sources for rural irrigation systems,” *Renew. Energy*, pp. 895–904, 2019.

MÉRIDA GARCÍA, A. et. al., “Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system,” *J. Clean. Prod.*, vol. 175, pp. 670–682, 2018.

MEUNIER, S. et. al., “A validated model of a photovoltaic water pumping system for off-grid rural communities,” *Appl. Energy*, pp. 580–591, 2019.

MOSTEFAOUI, Z. and AMARA, S., “Optimization of Irrigation with Photovoltaic System in the Agricultural Farms - Greenhouse: Case Study in Sahara (Adrar),” *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 35. Springer, Unité de Recherche Matériaux et Energies Renouvelables (URMER), University of Tlemcen, Tlemcen, Algeria, pp. 401–408, 2018.

MOLINA-GARCÍA, A. et. al., “An Approach to Multidimensional Analysis for PV Solar Energy Integration into Groundwater Pumping Solutions,” in 5th International Renewable and Sustainable Energy Conference, IRSEC 2017, 2018.

MOHAMMED WAZED, S. et. al., “A review of sustainable solar irrigation systems for Sub-Saharan Africa,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, pp. 1206–1225, 2018.

MUDLIAR, R. R. et. al., “An Approach of Reviving Papaya Production in Fiji using Renewable Energy Powered Optimised Smart Irrigation,” in 4th Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering, APWC on CSE 2017, 2018, pp. 232–238.

MUHSEN, D. H. et. al., “Techno-economic study and optimal sizing of a stand-alone photovoltaic water pumping system,” *Int. Trans. Electr. Energy Syst.*, vol. 27, no. 9, 2017.

NAKABAYASHI, R. K., "Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras," Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, 2010LIVEIRA, G. S. et. al., "Theoretical calculation of a photovoltaic pumping system and production application simulation in family farming," IRRIGA, vol. 1, no. 2Irriga-SpecialEditionWinotec, pp. 47–52, 2018.

PARDO, M. Á. et. al., "Standalone direct pumping photovoltaic system or energy storage in batteries for supplying irrigation networks. Cost analysis," Sci. Total Environ., vol. 673, pp. 821–830, 2019.

POWELL, J. W. et. al., "Investment analysis of solar energy in a hybrid diesel irrigation pumping system in New South Wales, Australia," J. Clean. Prod., vol. 224, pp. 444–454, 2019.

PROCOBRE, "Dimensionamento econômico e ambiental de condutores elétricos.," 2017. [Online]. Available: <http://procobre.org/media-center/pt-br/component/jdownloads/send/2-publicacoes/54-dimensionamento-ec-onomico-e-ambiental-de-condutores-eletricos.html>. [Accessed: 10-Feb-2017].

PRYSMIAN, "Tabela de preços dos cabos Prysmian," 2017. [Online]. Available: [http://br.prysmiangroup.com/br/files/TABELA-PREÇOS-PRYSMIAN\\_CABOS\\_SET17.pdf](http://br.prysmiangroup.com/br/files/TABELA-PREÇOS-PRYSMIAN_CABOS_SET17.pdf). [Accessed: 05-Oct-2017].

PUSHPRAJ, N. et. al., "Solar energy harvesting for irrigation water pumping system," in 2017 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering, ICPSI 2017, 2018, pp. 1398–1402.

ROY, V. et. al., "A renewable solution approach for center pivot irrigation system," in 2018 IEEE Rural Electric Power Conference, REPC 2018, 2018, vol. 2018–May, pp. 61–66.

RUBIO-ALIAGA, Á. et. al., "Multidimensional analysis of groundwater pumping for irrigation purposes: Economic, energy and environmental characterization for PV power plant integration," Renew. Energy, pp. 174–186, 2019.

SCHNEIDER, "Motobombas Centrífugas Monoestágio BC-92." [Online]. Available: <http://www.schneider.ind.br/produtos/motobombas-de-superfície/light/%0Acentrífugas-monoestágio/bc-92/#TabeladeSeleo%0A>. [Accessed: 05-Oct-2017].

SHIRINABADI, M. and AZAMI, A., "The feasibility of photovoltaic and grid-hybrid power plant for water pumping station in tabriz-Iran," in 2018 International Conference on Photovoltaic Science and Technologies, PVCon 2018, 2018.

SHOUMAN, E. R. et. al., "Economic analysis of the using of traditional fuel and solar energy to power irrigation pumps in Egypt," Int. J. Eng. Res. Africa, vol. 38, pp. 87–99, 2018.

TESTEZLAF, R. and SILVA RAMOS, J. P. "Sistema automatizado para determinação de perda de carga em filtros de tela e disco usados na irrigação localizada," Pesqui. Agropecuária Bras., vol. 30, no. 8, pp. 1079–1088, 1995.

TODDE, G. et. al., "Energy and environmental performances of hybrid photovoltaic irrigation systems in Mediterranean intensive and super-intensive olive orchards," Sci. Total Environ., vol. 651, pp. 2514–2523, 2019.

VENKATACHALAM, S. P. K. et. al., "Feasibility and Economic Analysis of Solar Energy Systems for Rural Area Applications," in 2018 Asian Conference on Energy, Power and Transportation Electrification, ACEPT 2018, 2019.

VILLALVA, M. G., Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. São Paulo: Érica, 2015.

YAHYA OUI, I. et. al., "Sensitivity analysis for photovoltaic water pumping systems: Energetic and economic studies," Energy Convers. Manag., vol. 135, pp. 402–415, 2017.

YUNUS, A. C., Fluid Mechanics: Fundamentals And Applications. Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2010.

ZHANG, C. et. al., "Economic assessment of photovoltaic water pumping integration with dairy milk production," Energy Convers. Manag., vol. 177, pp. 750–764, 2018.

## ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO EM MODO AUTÔNOMO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL POR AEROFOTOGRAMETRIA: UM ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 18/05/2020

### Gabryel S. Ramos

Laboratório de Sistemas Inteligentes,  
Coordenadoria de Engenharia Elétrica, Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do  
Espírito Santo – Campus Vitória.  
E-mails: gabryelsr@gmail.com,

**RESUMO:** Este trabalho aborda o processo de calibração e configuração de um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), bem como o planejamento e execução de rotas de voo em modo autônomo, visando coletar imagens para monitoramento ambiental. O método de planejamento de trajetórias, tipicamente usado em aviação, é baseado em *waypoints*, que consistem em coordenadas geográficas de localização fornecidas por satélites de posicionamento, como os da rede GPS (Global Positioning System). Assim, a trajetória é definida por uma série de *waypoints* consecutivos que devem ser percorridos de forma sequencial pelo VANT. Também são configurados outros parâmetros como, altura de voo, velocidade de cruzeiro, número de fotos, ângulo de captura das fotos, métodos de falha segura, entre outros. Os voos planejados

foram executados e a performance do veículo foi avaliada, gerando dados que permitem constatar a viabilidade da utilização desta aeronave na aplicação designada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento de Rotas, Sistemas Embarcados, VANT, Navegação.

**ABSTRACT:** This work approaches the process of calibration and configuration of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), as well as the planning and execution of flight routes in an autonomous mode, aiming to collect images for environmental surveying. The method of trajectory planning, typically used in aviation, is based on waypoints, which consist of geographical location coordinates provided by positioning satellites, such as the GPS (Global Positioning System) network. Thus, the trajectory is defined by a series of consecutive waypoints that must be traveled in an ordered way by the UAV. Other parameters such as flight height, cruise speed, number of photos, angle of capture of photos, safe failure methods, etc. are also set. The planned flights were executed and the performance of the vehicle was evaluated, generating data that allow to verify the feasibility of the use of this aircraft in the designated application.

**KEYWORDS:** Route Planning, Embedded Systems, UAVs, Navigation.

## 1 | INTRODUÇÃO

A utilização dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) pode suprir uma lacuna entre o processo de aquisição de dados espaciais por meio de levantamentos de campo e por imagens de satélites orbitais, provendo uma alternativa para a obtenção de imagens em resolução espacial e temporal mais adequada à finalidade de monitoramento contínuo (Remondino et. al., 2011).

Atualmente, muitas empresas e órgãos públicos utilizam imagens aéreas obtidas a partir de aerolevanteamento convencional ou por meio de imagens de satélites. Essas imagens são de grande importância, pois, fornecem dados que auxiliam no planejamento e gerenciamento dos elementos distribuídos no território, em ações de monitoramento ambiental entre outras atividades (Rock et. al., 2011).

Um dos problemas em relação à aquisição dessas imagens está relacionado ao alto custo, quando se refere às fotografias aéreas obtidas por meio de aerolevanteamento convencional e imagens de satélite com alta resolução espacial. Outro problema é inerente ao intervalo de tempo entre a aquisição das imagens, pois, as fotografias aéreas obtidas por aerolevanteamento convencional demandam um tempo considerável para a realização das etapas de planejamento e execução do voo (dependendo de boas condições atmosféricas) e processamento das imagens (Rock et. al., 2011).

Em relação às imagens de satélite, a resolução temporal é um fator desfavorável para o usuário que necessita de monitoramento contínuo, pois os satélites podem demorar muito para visitar o local imageado. Sendo assim, o uso do VANT a obtenção dessas imagens apresenta-se como uma alternativa de interesse, do baixo custo da aquisição das imagens, permite a obtenção de um elemento de resolução no terreno na ordem de centímetros, e são obtidas por um processo de aquisição mais simples, devido a maior facilidade e a agilidade para a realização das etapas de planejamento e execução do voo, permitindo que o tempo de visita (intervalo de tempo entre as capturas de imagem de um mesmo local) seja estabelecido de acordo com a necessidade do usuário (Eisenbeiß, 2009).

A contribuição do presente trabalho consiste em demonstrar o procedimento de preparação, planejamento e execução de um voo de monitoramento ambiental realizado em um ambiente costeiro (mangue em Areia Branca, Cariacica-ES) por um VANT hexarotor, com análise do comportamento do veículo através dos registros de leitura dos sensores embarcados, telemetria e instrumentos aviônicos fornecidos pela controladora de voo, objetivando concluir sobre a viabilidade de utilização deste veículo, e conseqüentemente veículos semelhantes, nesta aplicação.

A configuração do sistema de controle consiste na instalação do *firmware* da placa controladora *PixHawk*, seguido pelas definições mais básicas de suas entradas e saídas. Nas entradas físicas da controladora, são conectados o rádio, módulo antena *GPS* externo, sensor de tensão e corrente da bateria e o *datalink* de telemetria. Já nas saídas estão presentes os controles eletrônicos de velocidade dos motores, controle do gimbal (estabilizador da câmera) e circuito disparador da câmera.

Na calibração, são definidos em campo os *offsets* dos acelerômetros, da *bússola* e do módulo antena *GPS*. O planejamento da trajetória é feito a partir da definição de parâmetros da câmera, altura de voo, velocidade de voo, índice de sobreposição horizontal e vertical das imagens e área da região que se deseja mapear. Todos esses procedimentos são realizados no software próprio da *PixHawk*, o *Mission Planner*.

Na seção 2 é apresentada a descrição do problema, seguido pela seção 3 onde são apresentados os métodos utilizados no estudo, e na seção 4 são demonstrados os resultados obtidos.

## 2 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Para fins de estudo do monitoramento ambiental de regiões de mangue no Espírito Santo, foi criado no Ifes *campus* Vitória o projeto de extensão “Programa Mapeamento com VANT”, composto por uma equipe interdisciplinar de professores pesquisadores, colaboradores técnicos e estudantes das áreas de engenharia elétrica, geoprocessamento e oceanografia. O desafio nessa pesquisa foi, aplicar conceitos de aerolevanteamento e aerofotogrametria, de modo a executar essas tarefas por VANTs de asa rotativa (hélices), de pequeno porte e baixo custo, substituindo assim o uso de aviões em altitudes mais elevadas e em velocidades muito maiores (o que define deterioração na resolução da imagem capturada), com significativa redução de custo.

Na aerofotogrametria, uma aeronave percorre uma determinada área em faixas, fotografando o terreno verticalmente, obtendo uma série de imagens que se sobrepõem e formam um mosaico da região que se deseja mapear (Figura 1). Para tal, é imprescindível a elaboração de um plano de voo contendo o traçado de rotas para atingir o local da missão, informações meteorológicas sobre a área de interesse, superposição longitudinal e lateral das fotos, número de faixas de voo, intervalo de tempo entre capturas consecutivas, altura e velocidade de voo (Disperati, 1991).



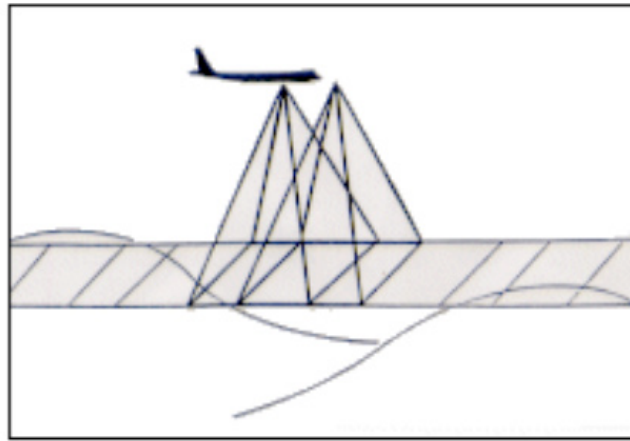


Figura 1. Voo fotogramétrico (Fonte: IBGE, 2017)

No dia 25 de abril de 2016, foi planejada uma missão de mapeamento no mangue em Areia Branca, na cidade de Cariacica, região metropolitana da Grande Vitória no Espírito Santo. Os dados meteorológicos fornecidos pelo INPE/CPTEC (INPE/CPTEC, 2016) e pelo INMET (INMET, 2016) na ocasião da missão são apresentados na Tabela 1 a seguir.

Dados	Medidas
Estação INMET	83648
Coordenadas (Lat/Long)	-20.31°/ -40.31°
Data (dd/mm/aaaa)	25/04/2016
Hora (h)	10
Precipitação (mm)	0
Temp. Max. (°C)	33,3
Temp. Min. (°C)	24,4
Umidade Relativa (%)	67,25
Vel. Méd. Vento (m/s)	27,28 (a 100m do solo)
Direção do Vento	WNW

Tabela 1. Dados meteorológicos do voo

Na Tabela 2, são listados os parâmetros da câmera utilizada.

Canon SX260	
Tamanho do sensor	6,2mm x 4,6mm
Resolução	4000 x 3000
Tamanho da Imagem	6,17 x 4,55
Cobertura Angular	Normal
Distância Focal	4,5mm

Tabela 2. Dados da câmera utilizada

O primeiro elemento a ser avaliado é a altura de voo (H), calculada em função da distância focal da câmera (f) e da escala da fotografia (E).

$$H = \frac{f}{E} \quad (1)$$

Aerobase (B) é um importante parâmetro a ser calculado, pois, indica a distância entre duas fotos consecutivas em uma faixa de voo em função da superposição longitudinal ( $s_{lo}$ ) planejada (Disperati, 1991). Para o cálculo da aerobase é necessário conhecer a medida do lado da foto em metros (g) e a escala da fotografia.

$$B = (1 - s_{lo}) \frac{g}{E} \quad (2)$$

O cálculo da distância entre eixos das faixas (I) é dado em função da superposição lateral ( $s_{la}$ ), do lado da foto e da escala da fotografia (Disperati, 1991).

$$I = (1 - s_{la}) \frac{g}{E} \quad (3)$$

Finalmente, o intervalo de tempo (T) entre dois disparos consecutivos da câmera é dado em função da velocidade (V) do veículo, da superposição longitudinal, do lado da foto e da escala da fotografia (Disperati, 1991).

$$T = \frac{(1 - s_{la}) \cdot g}{V \cdot E} \quad (4)$$

Com os parâmetros listados, o planejamento do voo foi executado pelo software *Mission Planner*. Todo o procedimento de planejamento e execução do voo será apresentado na seção seguinte.

### 3 | METODOLOGIA

#### 3.1 Planejamento de voo

Os dados de entrada relevantes ao planejamento são apresentados na Tabela 3 e subsequentemente, são apresentados na Tabela 4 os resultados das equações fotogramétricas.

Dados de entrada	Medidas
Tamanho no pixel	0,002mm ou 1,5m
GSD	3,09cm
Hipotenusa (d)	7,666
Distância focal	4,5mm
Ângulo de abertura	81°

Escala da fotografia (E)	20000
Lado da foto (g)	123,4
Superposição long. ( $s_o$ )	70%
Superposição lat. ( $s_{ia}$ )	40%
Largura média da área	200m
Comp. Méd. da área	400m
Alt. Média do terreno	0m
Velocidade da aeronave	6m/s
Área total de cobertura	80000m <sup>2</sup>

Tabela 3. Dados de entrada do planejamento

Cálculo	Resultado
Altura de voo	90m
Altitude de voo	90m
Área útil do modelo estereoscópico	2021,20m <sup>2</sup>
Dist. Entre faixas (I)	74m
Num. De faixas (N)	4
Aerobase (B)	27,3m
Intervalo entre fotos (T)	4,91s
Núm, de fotos por faixa	5
Total de fotos	40

Tabela 4. Resultados dos cálculos fotogramétricos

A trajetória planejada no *Mission Planner* (Figura 2) apresenta em destaque os *waypoints*. Tais marcações são coordenadas geográficas pelos quais o VANT deve se orientar. No voo, o VANT é orientado pelo módulo *GPS* conectado a controladora, que realimenta o sistema de posicionamento em tempo real. A orientação do veículo é obtida através do magnetômetro, dos acelerômetros e giroscópios em cada eixo.

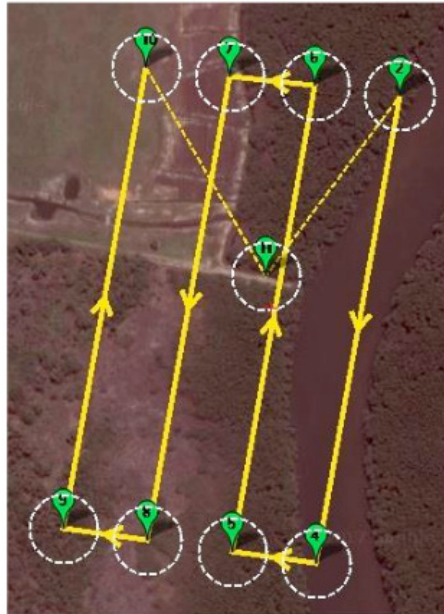


Figura 2. Trajetória planejada no *Mission Planner*

### 3.2 Calibração dos sistemas de voo

O diagrama do sistema eletrônico do VANT utilizado é apresentado abaixo (Figura 3).

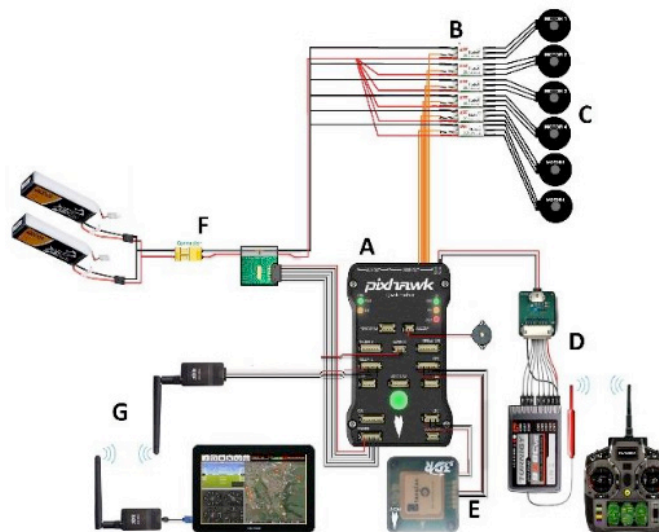


Figura 3. *Layout* básico da parte eletrônica do VANT utilizado

As partes componentes desse sistema são:

- A. Controladora de voo *PixHawk*;
- B. Controles eletrônicos de velocidade 45A (*ESCs*);
- C. Motores *brushless* 750kv e hélices 13”;
- D. Sistema de rádio controle, composto por emissor e receptor de rádio controle *Turnigy 9XR* 2,4GHz e um decodificador para a controladora;
- E. Módulo *GPS/compass uBlox NEO/LEA-M8T*;

- F. Sistema de alimentação, composto por duas baterias LiPo *Tattu* 6000mAh ligadas em paralelo e sensor de corrente e tensão;
- G. Sistema de telemetria, composto por dois módulos de rádio e notebook (base em terra).

A comunicação da controladora com o computador é feita pelo sistema de telemetria. Através desse sistema, a rota programada no *Mission Planner* é carregada na controladora, além disso pode-se visualizar em tempo real a posição geográfica do VANT, os ângulos de inclinação (rolagem, mergulho e guinada – *roll, pitch e yaw*), a velocidade e altura do veículo, além de ser possível enviar comandos externos, como o de disparar a câmera, iniciar ou abortar uma missão.

Para a segurança do voo, foi necessário realizar a calibração do módulo GPS/ bússola e dos acelerômetros. Os dois procedimentos são feitos pela interface gráfica do *Mission Planner*, que se comunica com o VANT através da telemetria. A calibração dos acelerômetros é mostrada na Figura 4.

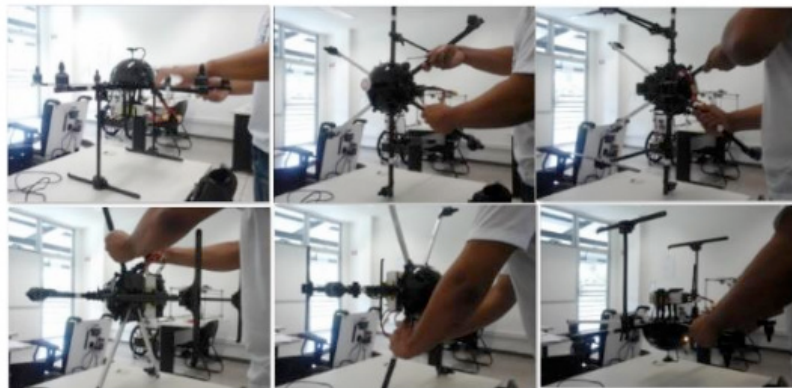


Figura 4. Calibração dos acelerômetros

Neste procedimento, posiciona-se o VANT em nível, esquerda para baixo, direita para baixo, frente para baixo, frente para cima e topo para baixo. A controladora faz a leitura dos dados do acelerômetro e os envia, através da telemetria para o *Mission Planner*, que ajusta o valor das leituras, adotando-as como os valores de referência das inclinações do VANT.

O processo de calibração então segue para a calibração do módulo GPS/ bússola, importante componente de orientação. Neste processo, o *Mission Planner* exibe uma nuvem de pontos em um eixo cartesiano tridimensional que simboliza o eixo cartesiano imaginário com origem no centro de massa do VANT. O veículo é girado em várias posições, enquanto o *software* adquire os dados em tempo real e calcula o erro de referência na leitura da bússola (Figura 5), visando compensar efeitos da influência do campo magnético de elementos ao redor da magnetômetro.

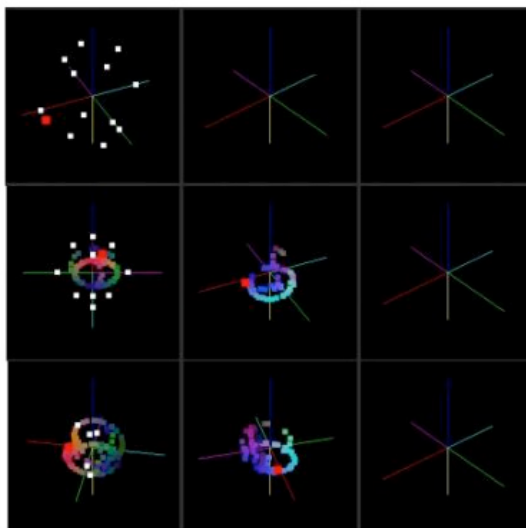


Figura 5. Calibração do módulo GPS/bússola.

Com os instrumentos calibrados, a trajetória foi carregada na controladora e a equipe dirigiu-se ao campo para execução da missão.

### 3.3 Preparação do voo

Antes do início do voo alguns parâmetros de segurança são verificados. Verifica-se a tensão da bateria são configurados os procedimentos de falha segura. Estes procedimentos são acionados se a tensão da bateria chegar em nível crítico (queda de 12% da tensão em plena carga), se o VANT ultrapassar os limites configurados da *GeoFence* (afastar-se do ponto de decolagem num raio maior que 1000m ou numa altura maior que 150m), ou ainda se perder a comunicação total via rádio ou telemetria. Nos dois primeiros casos, o VANT cancela automaticamente a missão, retorna automaticamente e pousa no ponto de decolagem, no caso de perda de comunicação, o VANT termina a missão e depois retorna e pousa no ponto de decolagem.

O processo de voo é composto basicamente por três etapas: decolagem, voo autônomo e pouso. Tanto a decolagem quanto o pouso são realizados manualmente pelo piloto por segurança, procedimento normatizado pela ANAC – Agência Nacional de Aviação (ANAC, 2015). Na decolagem o voo é de controle manual até que o VANT atinja a altura de 20m, o a partir dessa altura o piloto aciona o voo autônomo. O VANT então voa para a coordenada inicial (primeiro *waypoint*) e inicia a navegação, fotografando o terreno. Ao atingir o último *waypoint*, o veículo retorna automaticamente ao ponto de decolagem e inicia o pouso em modo automático, até que atinja a altura de 20m, sendo o controle do restante do pouso realizado manualmente. O resultado do voo, bem como a análise do comportamento do veículo serão apresentados adiante.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Resultado do voo autônomo

Na Figura 6 abaixo é apresentada a trajetória percorrida pelo veículo no processo de voo autônomo.

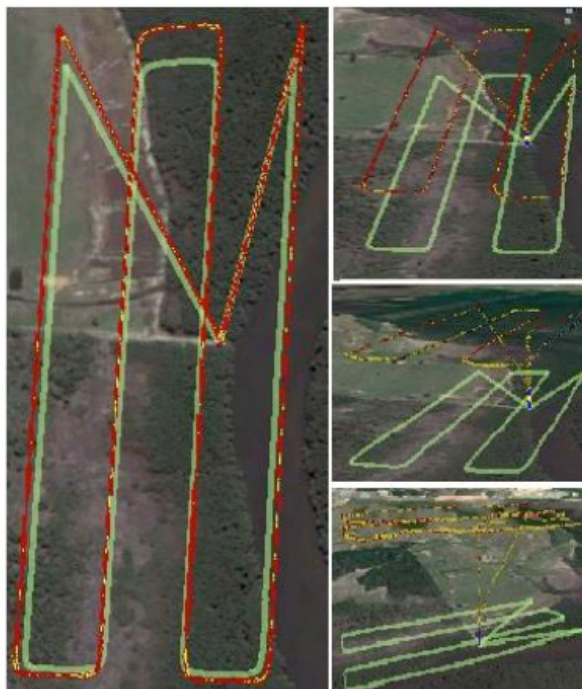


Figura 6. Trajetória planejada (verde) e trajetória percorrida (vermelho e amarelo)

Os trajetos em vermelho e amarelo são definidos em coordenadas geográficas fornecidas pelo GPS embarcado no veículo, e representam sua posição durante todo o tempo do voo. Observa-se que o veículo cumpre muito bem a trajetória planejada. Mesmo em um ambiente costeiro, onde a presença de fortes ventos é uma constante, não foram observados grandes desvios.

### 4.2 Análise dos instrumentos

Além da latitude e da longitude, a altura de voo é um importante fator geométrico para as imagens capturadas. Na Figura 7 é apresentado o gráfico da altura (medida pelo barômetro) no decorrer do voo.

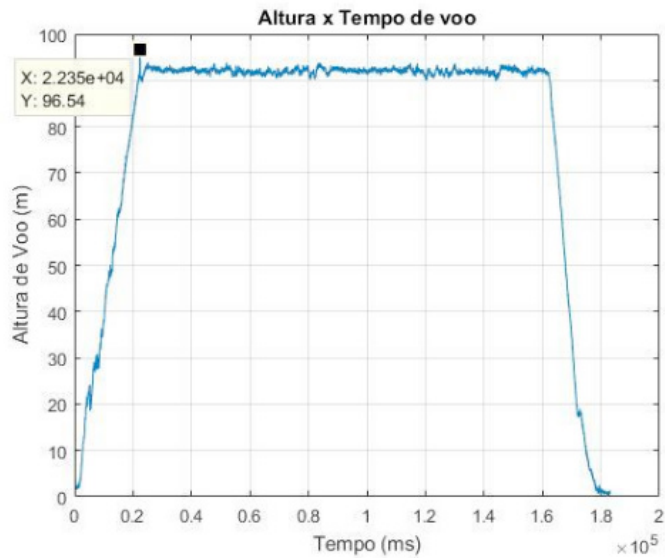


Figura 7. Altura (m) x Tempo de Voo (ms)

Logo, no período de voo autônomo entre a decolagem e o pouso, observa-se que o veículo manteve a altura de voo programada de 90m, tendo sido atingida a altura máxima de 96.54m no momento em que o VANT atinge a coordenada de início da trajetória, e logo depois retoma para a altura programada. O correto posicionamento geográfico justifica-se pela grande quantidade de satélites *GPS* fornecendo informações durante o voo. Esta quantidade de satélites é apresentada no gráfico da Figura 8.

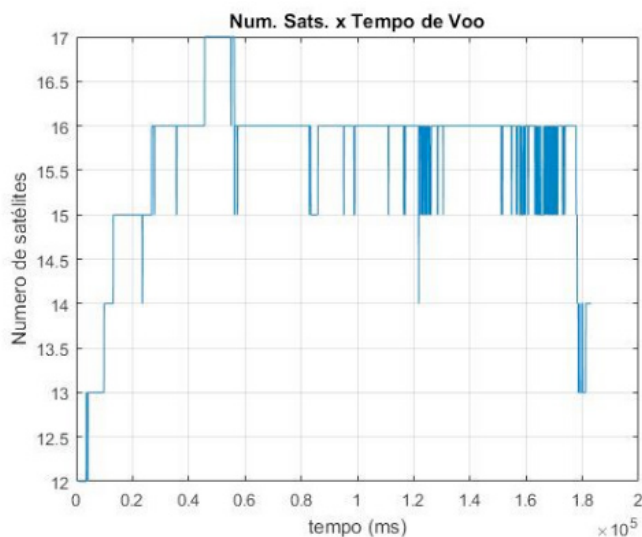


Figura 8. Número de Satélites x Tempo de Voo (ms)

Com o mínimo de 12 satélites, quantidade considerada alta uma vez que são necessários apenas 4 para a obtenção correta de uma coordenada, razão pela qual as informações de posicionamento apresentaram-se muito precisas. Durante o voo também é muito importante o controle da orientação e as inclinações nos eixos, por isso os acelerômetros e o magnetômetro são importantes sensores do sistema de



controle para obtenção de precisão adequada de voo. A análise do magnetômetro é apresentada na Figura 9 abaixo.

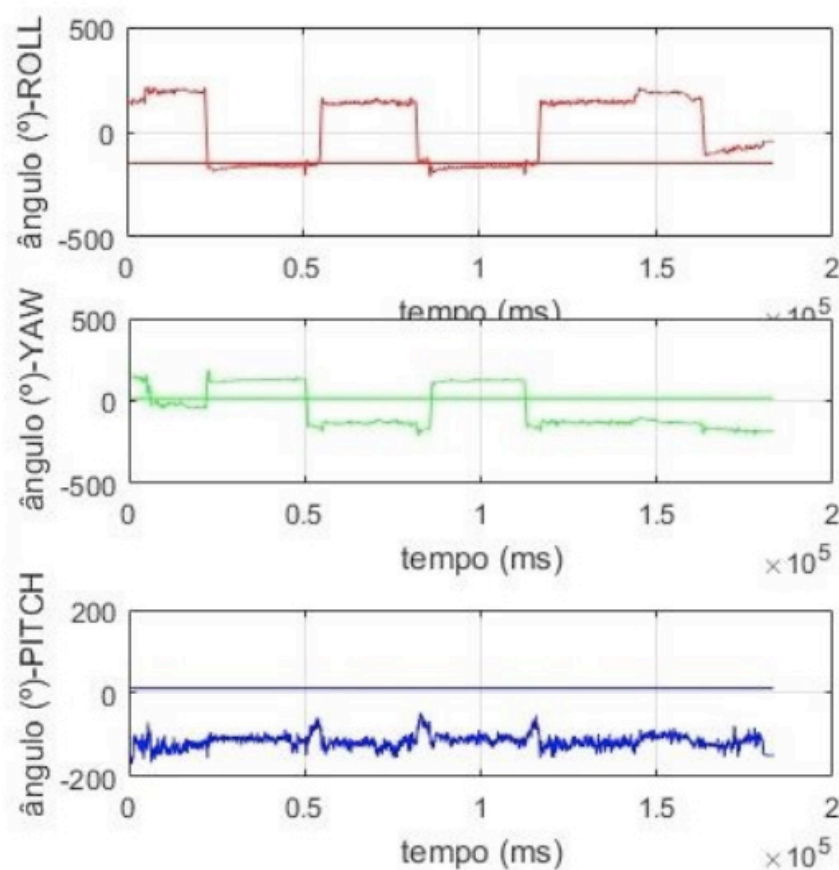


Figura 9. Ângulos do magnetômetro (°) x Tempo de Voo (ms)

Nos gráficos, pode-se observar que os ângulos de guinada (*yaw*) estão em oposição de fase em relação aos ângulos de rolagem (*roll*), resultado esperado devido às curvas feitas pelo VANT durante a troca de faixas. Observa-se também que o ângulo de guinada varia a orientação do VANT periodicamente em torno de seu *offset* calibrado, resultado de acordo com o esperado uma vez que o VANT faz voos em sentidos opostos dentro da trajetória. O ângulo de rolagem varia na realização das curvas e retorna à referência do percurso das retas de maior comprimento do percurso, bem como o ângulo de mergulho (*pitch*), num valor sempre abaixo do *offset*, garantindo boa estabilidade ao veículo e ortogonalidade das fotos.

Os acelerômetros fornecem o valor de aceleração nos eixos de rolagem, mergulho e guinada. Assim, são indicadores de vibração, fator influenciado pelo vento ou por problemas mecânicos no VANT, como o desalinhamento dos braços e fraturas nas hélices. Para o voo num ambiente costeiro, a uma altura de 90m, o vento estabelece um distúrbio preocupante, pois, causa forças de arrasto intensas que podem comprometer o equilíbrio, interferindo na qualidade das fotos e podendo até causar a queda. A Figura 10 apresenta a leitura dos acelerômetros durante o voo.

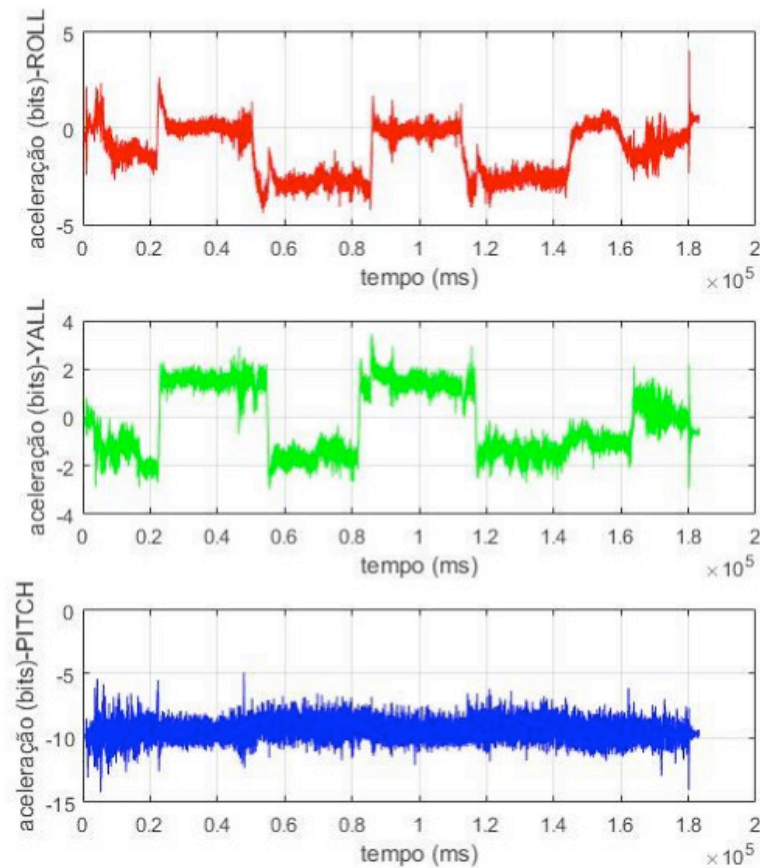


Figura 10. Leitura dos Acelerômetros x Tempo de Voo (ms)

As ações de rolagem e mergulho impõem as maiores variações de aceleração durante as curvas, resultado esperado. Verifica-se, no entanto, bastante vibração nos três eixos nos instantes de “voo pleno”, indicando que houveram perturbações causadas pelo vento que o sistema de controle compensou continuamente. Pode-se afirmar que, o voo apresentou resultado satisfatório, não sofrendo influências que impedissem sua execução e a obtenção das imagens.

## 5 | CONCLUSÃO

O voo no mangue em Areia Branca, no município de Cariacica, Espírito Santo, foi executado com êxito no dia 25/04/2016. O VANT comportou-se corretamente, mesmo em um ambiente com fortes rajadas de vento e muita interferência no sinal de telemetria devido à densa vegetação na área de mapeamento. A análise dos instrumentos de voo revela pequenas vibrações, causadas pelo vento forte na ocasião do voo. Pode-se concluir que, com as devidas adaptações da teoria fotogramétrica para aviões, investigação de fatores ambientais e cuidados especiais de calibração e planejamento, os VANTs de asa rotativa podem ser utilizados neste tipo de atividade, apresentando-se como uma solução de favorável relação custo/benefício e eficaz controle.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à toda equipe do “Programa Mapeamento com VANT” pelo trabalho realizado, pelo apoio e empenho na realização das tarefas propostas pelo projeto. Agradecemos também o apoio financeiro proporcionado pelo programa RECEPAC (Rede de Cooperação em Estudos, Extensão e Pesquisa sobre Ambientes Costeiros e Marinhos Capixabas), viabilizado pela FACTO (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia), e a disponibilidade de infraestrutura para desenvolvimento das atividades de laboratório proporcionada pelo Ifes – Instituto Federal do ES.

## REFERÊNCIAS

**BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do INMET.** Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <[www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/](http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/)>. Acesso em 05 de abril de 2017.

Disperati, A. A. (1991). **Obtenção e Uso de fotografias Aéreas de Pequeno Formato.** Universidade Federal do Paraná, Vol. 1, 290p.

Eisenbeiß, H. **UAV Photogrammetry.** 2009, 203 f. Dissertação de Doutorado – ETH Zurich, Zurique, 2009.

**Noções Básicas de Cartografia.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoos/processo\\_cartografico.html](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/processo_cartografico.html)>. Acesso em 05 de abril de 2017.

**PROTIM – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial.** Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/downloadBDM/>>. Acesso em 05 de abril de 2017.

Remondino, F.; Barazzetti, L.; Nex, F.; Scaioni, M.; Sarazzi, D (2011). **UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling – Current Status and Future Perspectives.** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 38, 7 p.

Rock, G.; Ries, J.B.; Udelhoven, T (2011). **Sensitivity Analysis of UAV-Photogrammetry for Creating Digital Elevation Models (DEM).** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 38, 5 p.

**RPAS – Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas.** Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Disponível em: <[www2.anac.gov.br/rpas/](http://www2.anac.gov.br/rpas/)>. Acesso em 20 de abril de 2017.

## UMA APLICAÇÃO DE MINERAÇÃO DE DADOS COM MEE E MAPAS DE KOHONEN NO MERCADO DE SERVIÇOS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS

Data de aceite: 18/05/2020

Data de Submissão: 04/02/2020

### **Gutemberg Soares da Silva**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Departamento de Engenharia de Comunicações  
Natal, RN  
<http://lattes.cnpq.br/1214925346969928>

### **Teófilo Camara Mattozo**

Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Norte  
Departamento de Turismo  
<http://lattes.cnpq.br/1859655297732667>

### **André Pedro Fernandes Neto**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais,  
<http://lattes.cnpq.br/6481909544754185>

### **Fred Sizenando Rossiter Pinheiro Silva**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Departamento de Engenharia de Comunicações  
Natal, RN  
<http://lattes.cnpq.br/4302663615185369>

### **Antonio Sálvio de Abreu**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Departamento de Engenharia de Comunicações  
Natal, RN  
<http://lattes.cnpq.br/4368761407955063>

**RESUMO:** Este estudo utiliza uma abordagem de mineração de dados que integra Mapas Auto-Organizáveis de Kohonen (SOM) com a técnica de Modelagem de Equações Estruturais (MEE) na aplicação de um problema de segmentação no mercado brasileiro de comunicações móveis. Um modelo de satisfação na área de comunicações móveis é utilizado com MEE, para validar a segmentação e examinar os efeitos de moderação dos segmentos de clientes, tendo sido também investigadas as várias características demográficas, fatores socioeconômicos e comportamentais dos clientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Serviços de Comunicações Móveis, Segmentação de Mercado, Mapas Auto-organizáveis (SOM), Modelagem de Equações Estruturais.

### A DATA MINING APPLICATION WITH SEM AND KOHONEN MAPS IN THE MOBILE SERVICES MARKET

**ABSTRACT:** This study uses an approach that combines the Self-Organizing Maps of Kohonen (SOM) with the technique of Structural Equation Modeling (SEM) in the application of a segmentation issue in the Brazilian mobile

marketing. A model of satisfaction in mobile communications is used with the SEM to validate the segmentation obtained and examine the moderation effects on customer segments, having also been investigated various demographic, socioeconomic and behavioral factors of the customers.

**KEYWORDS:** Mobile Communications Services, Market Segmentation, Self-Organizing Map (SOM), Structural Equation Modeling.

## 1 | INTRODUÇÃO

No Brasil há pouca informação sobre segmentação de mercado na área de comunicações móveis, existindo dimensões inexploradas relacionadas aos fatores que influenciam a segmentação e praticamente nada sobre sua validação com modelos estruturais e de medida. Junto com a evolução das técnicas de mineração de dados, mapas auto organizáveis (SOM) têm sido utilizados para determinar agrupamentos, sendo um método alternativo as técnicas estatísticas de segmentação (KUO, *et al.*, 2002). Embora um determinado número de métodos de agrupamento tenha sido apresentado para resolver o problema da segmentação de mercado, a importância de testar a validade dos mesmos é frequentemente ignorada por pesquisadores de marketing (PILLING *et al.*, 1991). A principal contribuição desta pesquisa é a integração do algoritmo SOM com a técnica MEE na aplicação do problema de segmentação de mercado. O SOM é utilizado para visualizar os segmentos de mercado e MEE é aplicada no teste de equivalência de uma mesma estrutura teórica (SILVA *et al.*, 2013). Na seção II são apresentados o modelo conceitual e sua representação em equações estruturais Na seção III, estão descritos a integração dos procedimentos de modelamento, o planejamento amostral e os procedimentos para segmentação dos clientes com o SOM e sua validação com MEE (KLINE, 2011). Na seção IV, são apresentados os testes de validação com análise multigrupos com o modelo proposto e avaliados os efeitos moderadores da segmentação de clientes no modelo estrutural. Por fim, nas conclusões são realizadas discussões sobre os resultados e recomendações pertinentes na seção V.

## 2 | MODELO PROPOSTO DE SATISFAÇÃO DO CLIENTE E SUA REPRESENTAÇÃO EM MEE

O modelo teórico explicativo do relacionamento da variável latente satisfação com suas variáveis antecedentes e consequentes foi desenvolvido com base na revisão bibliográfica tendo as fundamentações e hipóteses correlatas apresentadas em Silva (2015). A representação gráfica deste modelo de satisfação do cliente de comunicações móveis envolvendo as variáveis latentes (BOLLEN, 1989) que

influenciam ou são influenciadas pela satisfação, está apresentada na Figura1.

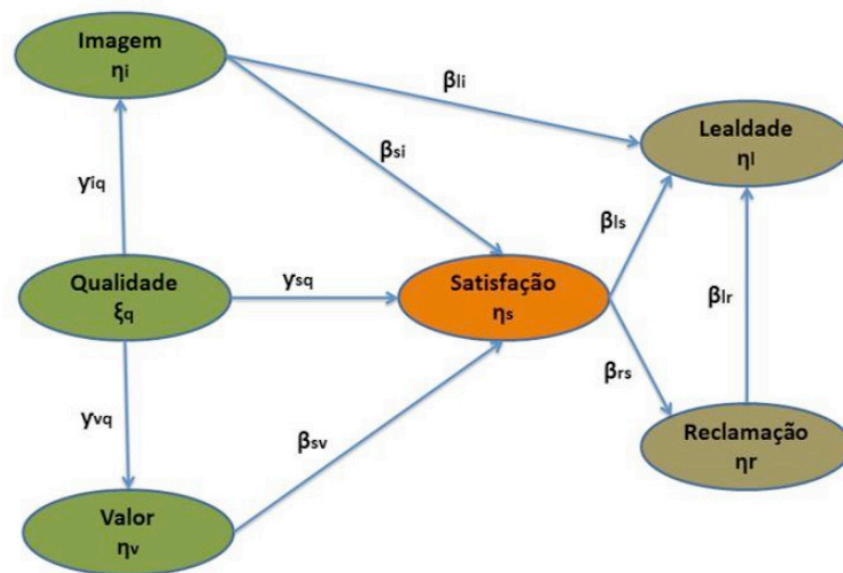


Figura 1. - Diagrama estrutural do modelo conceitual

Fonte: Silva (2015)

O conjunto de variáveis latentes para representação em MEE para modelo estrutural proposto na Fig.1, contempla a qualidade como variável exógena ( $\xi_q$ ), além das variáveis endógenas imagem ( $\eta_i$ ), valor ( $\eta_v$ ), a satisfação ( $\eta_s$ ), lealdade ( $\eta_l$ ) e reclamação ( $\eta_r$ ). Os elementos da matriz B representam os efeitos causais diretos de  $\eta$  em outras variáveis  $\eta$  e os elementos  $\gamma$  da matriz representam o efeito direto da variável qualidade  $\xi_{iq}$  nas variáveis endógenas  $\eta$ . As matrizes  $\Phi(n \times n)$  e  $\Psi(m \times m)$ , não representadas na equação, são as matrizes de  $\xi$  e  $\zeta$  respectivamente. A função utilizada nesta pesquisa e mais frequentemente empregada, segundo Hair *et al.*, (2009), é a de máxima verossimilhança (ML), que procura estimar o modelo por meio de uma função de máxima verossimilhança com os parâmetros teóricos, para os quais a amostra coletada identifica a probabilidade máxima de ocorrência (JORESKOG e SORBON, 1996).

### 3 | MÉTODO

#### 3.1 Integração dos procedimentos de modelamento

O método proposto nesta pesquisa para o modelamento estrutural é recorrente à exploração dos conceitos e características preconizadas por Kline (2011), Bollen (1989), Hair *et al.*, (2009), Schumacker e Lomax (2004). A sistematização desses componentes, integradas numa perspectiva do cliente de comunicações móveis, permite definir uma estratégia para aplicação de MEE compreendendo três fases: Estudo Teórico, Modelagem Estrutural e Análise dos Dados. Como principais

componentes em segmentação de mercado foram considerados: a formação dos segmentos, as diferenças entre os segmentos com respeito às demandas dos clientes, e a identificação dos segmentos utilizando características demográficas dos clientes. O algoritmo SOM foi aplicado para determinar a segmentação do mercado de serviços de comunicações móveis objeto da pesquisa.

A população alvo do estudo foi constituída de clientes que utilizaram os serviços oferecidos pelas quatro maiores operadoras de comunicações móveis na região metropolitana da grande Natal e de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte-Brasil. O processo utilizado para a obtenção das amostras necessárias foi estruturado por meio de um plano amostral com intervalo de confiança de 95% e margem de erro máxima de 5% (MALHOTRA, (2011)). O cálculo do tamanho das amostras foi efetuado com base na estimação de proporções. Para atingir o nível de confiança e a margem de erro tolerável escolhidos, a amostra foi calculada com base na equação descrita em Larsson e Faber (2010), sendo obtidos 476 questionários, dos quais 450 considerados válidos (em decorrência do atendimento aos pressupostos de normalidade, linearidade e multicolinearidade da MEE). Foram realizadas entrevistas pessoais, cujo questionário utilizou dois tipos de variáveis: as relativas ao conteúdo e as de caracterização. Uma lista de 30 itens de medição foi desenvolvida utilizando o recolhimento de informação de entrada, formulados a partir da revisão da literatura relacionada ao estudo apresentado em (SILVA, 2015). Os construtos do modelo foram medidos utilizando um questionário de itens de múltiplas escalas. As medidas utilizaram um formato de resposta de 10 pontos do tipo Likert.

### 3.2 Procedimentos de Segmentação de Mercado com SOM

O algoritmo básico de treinamento do SOM consiste de três fases (KOHONEN, 2001). Na primeira fase, competitiva, seleciona-se os parâmetros do mapa tais como as dimensões e os pesos do vetor de inicialização correspondentes a cada neurônio. Na segunda fase, cooperativa, é definida a vizinhança deste neurônio. Cada registro  $X$ , inclui valores quantitativos de  $n$  atributos, sendo definido o vetor de pesos do neurônio de ordem  $i$ . Então em correspondência a cada registro de entrada, a melhor unidade associada, ou seja o neurônio vencedor é identificado, utilizando a distância Euclidiana entre o registro e o vetor de pesos do  $i$ -ésimo neurônio. Na terceira fase, denominada adaptativa, atualiza-se o vetor de peso correspondente a cada neurônio utilizando taxa de aprendizagem e taxa de vizinhança do  $i$ -ésimo neurônio, com o neurônio vencedor (KOHONEN, 2001). Por meio de uma adaptação de uma análise de SOM, feita por Simula *et al.* (1999) em um processo de experiência de serviço, nossa aplicação foi realizada em quatro fases, nomeadamente: o processamento de dados (aquisição, pré-processamento, extração de características e normalização),

mapa de treinamento, validação e interpretação, além da visualização de dados.

Após a realização de testes empíricos, dentre as diversas configurações da rede SOM utilizadas, escolheu-se a topologia plana com grade hexagonal, escolhida devido ao menor tempo de processamento e tamanho da grade de 40 x 40 neurônios. O algoritmo foi configurado para durar 10.000 épocas e possuir raio final de crescimento nulo. Na segunda etapa, o algoritmo K-means foi empregado para vários valores de k, utilizando o mapa da matriz U (ULTSCH, 1993). Cada resultado é avaliado mediante o índice Davies-Bouldin, escolhida a melhor segmentação, pelo o menor índice (DAVIES e BOULDIN, 1979). Seguindo orientações referenciadas por Kuo *et al.*, (2006), foram utilizados para avaliação do modelo de segmentação: 70% da população para treinamento e 30% para teste. Nas 450 observações do mercado potencial, uma amostra de 315 foi utilizada para o treinamento e as 135 observações restantes, para teste.

### 3.3 Procedimentos de Tese para Validação da Segmentação de Mercado

Para avaliar se o modelo fatorial proposto é invariante entre grupos sob teste, os conjuntos de parâmetros correlatos aos pesos fatoriais e as covariâncias entre fatores, são avaliados de maneira ordenada e sequencialmente restritiva, realizando-se uma comparação do ajustamento dos diferentes grupos simultaneamente, considerando as recomendações de Byrne (2010). A função de discrepância para análise de múltiplos grupos é dada pela função F:

$$F = \sum_{m=1}^M \left( \frac{n_m}{N} \right) f_m \left( S_m \sum_m W_m \right)$$

onde  $f_m$  é a função de discrepância definida para análise (JORESOG e SORBON, 1996). Na análise de invariância busca-se demonstrar que o modelo fatorial para cada um dos grupos, os pesos fatoriais e as covariâncias não diferem significativamente. A diferença dos Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) é a estatística de teste para avaliação da invariância fatorial de todos os grupos, entre os modelos fixos e livres, com os graus de liberdades definidos previamente (BOLLEN, 1989).

## 4 | ANÁLISE DO MODELO E RESULTADOS

### 4.1 Análise da Segmentação do Mercado

O algoritmo SOM e técnicas de visualização foram implementadas em ambiente MATLAB® V.7 para mapear um conjunto de dados de mercado, sendo o resultado da segmentação consistente entre as amostras de treinamento e de teste. O primeiro segmento ( $S_1$ ) contemplou 194 membros, o segundo ( $S_2$ ) 94 membros e o terceiro



(S<sub>3</sub>) 162 membros. Posteriormente à identificação do número de agrupamentos resultantes, procedeu-se à sua caracterização com base nas preferências reveladas. Com efeito, identificam-se (Tabela 1) as pontuações médias estabelecidas na atribuição da importância pelos três agrupamentos obtidos, por meio do algoritmo SOM.

Variáveis		Segmentos		
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Caracterização	Gênero	Homens	Homens	Mulheres
	Idade	Seniores	Adultos	Jovens
	Grau de Instrução	Média	Superior	Superior
	Classe Social	B	A	C
	Tempo de Vinculação	2 anos	> 2 anos	Até 1,5 anos
	Gasto Médio Mensal	R\$ 30,00	R\$ 200,00	R\$ 80,00
Conteúdo	Imagem	5,5	5,6	5,9
	Qualidade	5,8	5,3	5,2
	Valor	5,1	5,7	5,2
	Satisfação	5,2	5,2	5,3
	Lealdade	6,0	6,1	5,4
	Reclamação	4,2	4,5	4,4

Tabela 1 - Caracterização dos Segmentos

Fonte: Silva (20015)

Uma ilustração dos resultados está apresentada na Figura 2 , onde os agrupamentos apresentam uma correta variabilidade e que estão bem diferenciados. A matriz U mostra, em cores distintas, o mercado de comunicações móveis pesquisado, onde cada conjunto do mapa corresponde a um segmento. Por meio da aplicação da técnica de segmentação utilizada, os resultados evidenciaram a existência de três agrupamentos bem definidos, com base nas várias características demográficas, fatores socioeconômicos e na relevância que os entrevistados atribuíram a cada fator comportamental no momento de avaliar as variáveis latentes.

Os membros do segmento S<sub>1</sub> (43% da amostra) são predominantemente seniores, têm escolaridade elevada, se preocupam mais com a qualidade e são sensíveis a preço. Os membros do segmento S<sub>2</sub> (21% da amostra) têm as seguintes características predominantes: adultos, pertencentes à classe média alta, utilizam os serviços no ambiente de trabalho e tem confiança na marca. Já o segmento S<sub>3</sub> (36% da amostra) em sua maioria é composto por mulheres jovens e solteiras, sensíveis à qualidade do serviço e possuem baixa lealdade.

Algumas considerações que podem ser inferidas, a partir dos mapas variáveis,

são:

1) Renda e escolaridade são positivamente correlacionados no mercado mencionado anteriormente. Em outras palavras, em qualquer lugar do mapa, em que há uma escolaridade elevada (área laranja do mapa de escolaridade), correlacionada com o nível de renda elevada (área laranja do mapa de renda) e vice-versa.

2) A maioria dos clientes são usuários há mais de dois anos (área vermelha do mapa), com uma renda anual relativamente baixa (áreas azul escuro e azul claro do mapa). Todas as faixas etárias estão distribuídas entre os segmentos, de forma balanceada, destacando uma maior composição de faixa superior de renda no segmento  $S_1$ .

3) Clientes altamente qualificados (área laranja do mapa de escolaridade) usam predominantemente para negócios (área vermelha da finalidade de uso) e outros com escolaridade de bom nível (área amarela do mapa), fazem uso, essencialmente, na vida pessoal (área amarela do mapa).

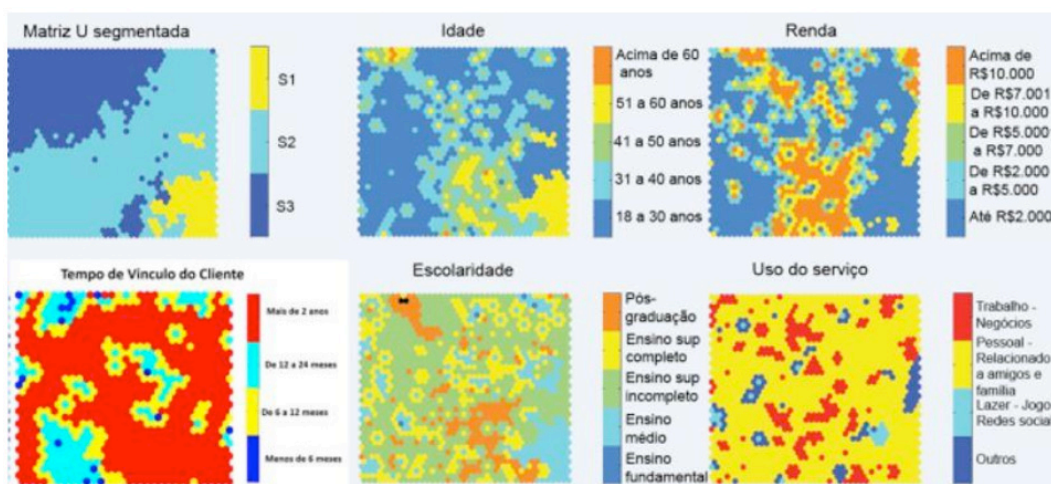


Figura 2-Segmentos do mercado identificados pelo mapa SOM

Fonte: Silva (20015)

#### 4.1 Testes de Invariância dos Modelos de Comparação de Médias do Modelo Estrutural

A validade do modelo fatorial foi testada por meio de uma Análise Fatorial Confirmatória, realizada com o software estatístico AMOS® V.19 (Arbuckle, 2009). para os grupos apresentados conjuntamente no modelo mostrado na Figura3. Os seguintes índices de ajustamento foram apurados: o Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), o índice de ajuste comparativo (CFI), o Índice de Ajuste Não Normalizado (NNFI), o Índice de Bondade de Ajuste Ajustado (AGFI), o Índice de Bondade de Ajuste (GFI) e o Erro Quadrático Médio Aproximado (RMSEA), com intervalo de confiança de 90%. Um bom ajustamento de bondade foi obtido com CFI=0,939, GFI=0,912, AGFI=0,923, NNFI=0,972, RMSEA=0.037 e AIC=895,601, simultaneamente a totalidade da

amostra.

As restrições de parâmetros entre segmentos foram criadas em consonância com a recomendação de Byrne (1996), gerando quatro modelos: Modelo  $M_0$  - Sem restrição (todos os parâmetros livres); Modelo  $M_1$  - Pesos Fatoriais (pesos fatoriais iguais); Modelo  $M_2$  - Covariâncias Estruturais (pesos e covariâncias entre fatores, iguais) e Modelo  $M_3$  - Medições dos Resíduos (pesos, covariâncias e resíduos, todos iguais).

A invariância do modelo de medida foi realizada inicialmente para comparação dos três grupos de segmentos  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ , compondo a totalidade da amostra. A comparação do modelo livre com o modelo dos pesos fatoriais fixos é dada pela primeira linha da Tabela III, que mostra os dados da saída da estatística de teste gerado pelo software AMOS®. Pode-se ver que o grau de liberdade (df) de valor 50 produziu um  $\chi^2 = 69,815$ ;  $p=0,068$ . Consultando-se a tabela de distribuição  $\chi^2$ , verifica-se para um nível de significância estatística de 0,05, uma relação entre o valor teórico com o medido de  $\chi^2_{0,95}(50) = 67,505 < 69,815$ . Assim é rejeitada a hipótese que o  $M_1$  se ajusta tão bem quanto o  $M_0$ . Portanto, fica demonstrada a variância dos pesos fatoriais nos três segmentos.

Seguindo, de forma sequencial, o mesmo procedimento de avaliação da diferença dos  $\chi^2$  para o teste para avaliação da invariância fatorial entre os modelos fixos e livre, foi possível concluir que a qualidade de ajustamento dos dois modelos, é significativamente diferente, tendo em vista as relações estatísticas obtidas, comprovando a falta de equivalência entre os segmentos testados.

Finalmente, utilizando a mesma estratégia hierárquica de análise, dos modelos mais simples para os modelos mais complexos, foram realizadas, sequencialmente, as comparações dos segmentos de clientes combinados dois a dois, conforme dados mostrados na Tabela 2.

Segmentos comparados	Modelos	df	Valor Medido		Valor Tabelado		Invariância
			$\chi^2$	P-Value	$\chi^2$	P-Value	
$S_1/S_2/S_3$	$M_1$	50	69,815	0,068	67,505	0,05	NOK
	$M_2$	92	118,752	0,125	115,390	0,05	NOK
	$M_3$	176	387,517	0,089	207,876	0,05	NOK
$S_1/S_2$	$M_1$	25	39,616	0,017	37,652	0,05	NOK
	$M_2$	46	65,705	0,012	62,898	0,05	NOK
	$M_3$	88	130,605	0,008	110,898	0,05	NOK
$S_1/S_3$	$M_1$	25	42,855	0,026	37,652	0,05	NOK
	$M_2$	46	64,186	0,040	62,898	0,05	NOK
	$M_3$	88	164,219	0,052	110,898	0,05	NOK
$S_2/S_3$	$M_1$	25	38,631	0,038	37,652	0,05	NOK
	$M_2$	46	63,657	0,022	62,898	0,05	NOK
	$M_3$	88	259,064	0,088	110,898	0,05	NOK

Tabela 2 – Estatísticas da Diferença do  $\chi^2$  para os modelos Fixo e Livres

Fonte: Silva (20015)

Os resultados obtidos ratificam uma diferença significativa entre todos os segmentos avaliados, validando plenamente a segmentação realizada. Na análise estrutural do modelo, a média de cada variável observada  $X_k$  é obtida a partir de médias das variáveis latentes de cada grupo, conforme explicitado em Dimitrov (2006).

Para esta análise foram gerados dois modelos e avaliados sequencialmente, entre os segmentos combinados a dois. Na primeira avaliação, foram considerados os segmentos  $S_1$  e  $S_2$ . Para realizar teste da diferença dos  $\chi^2$ , procedeu-se o ajuste do  $M_L$ , em ambos os segmentos, no mesmo valor. Após o ajuste do modelo, são apresentados na Tabela 3, os valores das diferenças dos  $\chi^2$  para os  $M_L$  e  $M_F$  dos três segmentos, dois a dois. A diferença dos  $\chi^2$  para os segmentos  $S_1$  e  $S_2$  foi,  $\chi^2_{Dif} = 1254,178 - 200,647 = 53,531$  com  $df$   $(872-866) = 6$  graus de liberdade, sendo observando a relação estatística de  $\chi^2_{0,95}(6) = 12,592 < 53,531$ . Verifica-se, portanto que estes segmentos são significativamente diferentes, comprovando a falta de equivalência entre os segmentos testados e conseqüentemente a validade da segmentação proposta.

Segmentos comparados	Modelos	df	Valor Medido		Valor Tabelado		Invariância
			$\chi^2$	P-Value	$\chi^2$	P-Value	
$S_1/S_2$	$M_1$	6	53,531	0,160	12,592	0,05	NOK
$S_1/S_3$	$M_1$	6	24,597	0,076	12,592	0,05	NOK
$S_2/S_3$	$M_1$	6	25,308	0,064	12,592	0,05	NOK

Tabela 3 – Estatísticas das diferenças do  $\chi^2$  para os modelos Fixos e Livres  
Fonte: Silva (20015)

De maneira análoga, estendendo a aplicação do procedimento do teste da diferença dos  $\chi^2$  aos modelos  $M_L$  e  $M_F$ , para as demais combinações dos segmentos, verifica-se que existem também diferenças significativas entre as médias dos segmentos nos construtos do modelo estrutural. Por tanto, estes resultados ratificam a confirmação da validação da segmentação realizada pelo mapa de Kohonen, apresentada na seção anterior.

#### 4.2 Análise do Efeito da Moderação dos Segmentos no Modelo Estrutural

Baron e Kenny (1986) definem uma variável moderadora, como uma variável qualitativa ou quantitativa, que afeta a direção e/ou a força da relação, entre a variável independente e a variável dependente. A fim de testar o efeito moderador dos três grupos de clientes segmentados, o modelo estrutural proposto foi testado

a partir da análise de multigrupos em equações estruturais, motivando a criação de uma nova variável no banco de dados, resultante da identificação dos segmentos  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ . Foram testadas as três relações com a satisfação (imagem, qualidade e valor) tendo como variável moderadora a segmentação dos clientes. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Na verificação da relação, Imagem → Satisfação, foi observado que o efeito da imagem na satisfação é mais forte para os clientes do segmento  $S_3$ . Tal resultado é coerente com o que foi encontrado, na avaliação do perfil dos clientes associados a este segmento, ou seja, valores predominantemente acima da média no julgamento para este construto, conforme apresentado na seção 4.1.

Na relação, Qualidade → Satisfação, pode ser visto que o impacto da qualidade sobre a satisfação foi significativamente superior, no grupo de clientes que, entre outros aspectos, foram caracterizados, por manifestarem uma avaliação fortemente positiva com a qualidade do serviço, além de possuir elevada escolaridade e idade acima de sessenta anos.

Na relação Valor → Satisfação, foi constatado que o efeito do valor sobre a satisfação, foi encontrado com maior relevância no segmento cujos clientes envolvidos manifestaram uma avaliação elevada para este construto, que juntamente com suas características diferenciais ensejaram a identificação do grupo, por possuírem renda média elevada e idade acima de 30 anos, em sua maioria.

Estes resultados estão em sintonia com várias pesquisas anteriores, onde ficou evidenciado que as características de clientes têm efeitos moderadores nos resultados da sua satisfação, como a intenção de recompra e a comunicação boca-a-boca (MITTAL *et al.*, 2001, COOIL *et al.*, 2007). Também corroboram com estes resultados, as afirmações de Bryant e Jaesung (1996), além de Mittal *et al.*, (2001), que as características de clientes, tais como o gênero, a idade e o nível educacional, entre outras, têm um grande impacto sobre o nível de satisfação do cliente. Em comunicações móveis, Lee *et. al.*, (2013), identificaram o gênero, a idade, o nível educacional e a renda, como os principais fatores de influência nas relações de qualidade de serviço, satisfação do cliente e lealdade.

Relações entre Construtos	Segmentos	$\beta$ Padronizado	$\beta$ Não Padronizado	$\rho$ Valor
Imagem→Satisfação	S <sub>1</sub>	0,26	0,30	0,013
	S <sub>2</sub>	0,13	0,15	0,463
	S <sub>3</sub>	0,40	0,47	0,014
Qualidade→Satisfação	S <sub>1</sub>	0,35	0,44	0,036
	S <sub>2</sub>	0,02	0,02	0,921
	S <sub>3</sub>	0,05	0,03	0,848
Valor→Satisfação	S <sub>1</sub>	0,36	0,25	0,003
	S <sub>2</sub>	0,52	0,44	0,039
	S <sub>3</sub>	0,40	0,28	0,001

Tabela 4 – Coeficientes entre os antecedentes da satisfação moderada pelos segmentos

Fonte: Silva (20015)

## 5 | CONCLUSÕES

Neste estudo, foi desenvolvida uma abordagem integrada do algoritmo SOM com a técnica MEE na aplicação do problema da segmentação de mercado. Os resultados mostram que a técnica SOM é um método válido para segmentação de mercado e que a MEE revelou-se adequada na validação de segmentação com modelos estruturais. Ficou caracterizado que os segmentos identificados são significativamente diferentes, comprovando estatisticamente a falta de equivalência entre os segmentos testados, sendo conseqüentemente validada a segmentação propondo também verificado que o efeito moderador de segmentos de mercado pode afetar a avaliação da satisfação geral, em especial as relações com seus antecedentes.

Uma limitação do trabalho diz respeito à sensibilidade das técnicas de estimação utilizadas em relação à suposição de normalidade e dos coeficientes de curtose e de assimetria, cujos resultados demonstraram que se tratava de uma distribuição assimétrica negativa e leptocúrtica, tornando necessária a utilização de transformações dos dados originais. Esforços em pesquisa também podem ser feitos, no sentido de estender o estudo de forma longitudinal, coletando-se dados em determinados intervalos de tempo, de forma a reduzir eventuais efeitos temporais e consolidar o inter-relacionamento das variáveis envolvidas.

## REFERÊNCIAS

ARBUCKLE, J. L. (2009). **AMOS 19 User's Guide**. Chicago: SPSS.

- BARON, R. M., & KENNY, D. A. (1986). **The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations.** *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 1173–1182.
- BOLLEN, K.A., (1989), **Structural Equations with Latent Variables**, New York: John Wiley & Sons, Inc. modeling. 3° ed., New York: The Guilford Press.
- BYRNE, B. M. (2010). **Structural Equation Modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming.** (2. ed.). (Multivariate Applications Series). New York: Taylor & Francis Group.
- BRYANT B.E., JAESUNG C. (1996). **Crossing the threshold.** *Journal Marketing Research*. 8(4): 20-28
- COOIL B, TIMOTHY L.K, LERZAN A, MICHEAL H. (2007). **A longitudinal analysis of customer satisfaction and share of wallet: Investigating the moderating effect of customer characteristics.** *Journal Marketing Research* 71: 67-83
- DAVIES D., BOULDIN D., 1979. **A Cluster Separation Measure**, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 1(2) 224-227.
- DIMITROV, D. M. (2006). **Comparing groups on latent variables: A structural equation modeling approach.** *A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 26(4), 429-436.
- HAIR, J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J. E ANDERSON, R. E. (2009). **Análise Multivariada de Dados.** 6° ed., São Paulo: Bookman.
- JÖRESKOG, K. G., & SÖRBOM, D. (1996). **LISREL 8: User's Reference Guide.** *Scientific Software International, Journal of Marketing Research*, 28(1), 142-157
- KLINE, R. B., (2011), **Principles and practice of structural equation.**
- KOHONEN, T. (2001). **Self-organizing maps** (3rd). Springer Series in Information Sciences. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- KUO, R. J., HO, L. M., e HU, C. M. (2002). **Cluster analysis in industrial segmentation through artificial neural networks.** *Computers and Industrial Engineering*, 42, 391-399.
- KUO, R. J., AN, Y. L., WANG, H. S., & CHUNG, W. J. (2006). **Integration of self-organizing feature maps neural network and genetic K-means algorithm for market segmentation.** *Expert Systems with Applications*, 30, 313–324.
- LARSSON, R., FABER, B., (2010), **Estatística Aplicada**, 4° ed., Pearson Education do Brasil, São Paulo. SP.
- LEE, HYUNG e SEOK. **Major Moderators Influencing the Relationships of Service Quality, Customer Satisfaction and Customer Loyalty.** *Asian Social Science*; 2013, Vol.9, N.2
- MALHOTRA, N. K. (2011). **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada.** 4° ed., Porto Alegre: Bookman.
- MITTAL V, WAGNER A, KAMAKURA W.A. (2001). **Satisfaction repurchase intent and repurchase behavior: Investigating the moderating effect of customer characteristics.** *Journal Marketing Research*. 38: 131-142
- PILLING, B., CROSBY, L., E ELLEN, P. (1991). **Using benefit segmentation to influence environmental legislation: A bottle bill application.** *Journal of Public Policy and Marketing*, 10(2),

SCHUMACKER, R. E. & LOMAX, R. G. **A beginner's guide to structural equation Modeling**. 2º ed., New Jersey: LEA, 2004

SILVA, G. S., FERNANDES N. A. P., MATTOZO, T.C. E COSTA, J. A. F. **Equivalence of groups with latent variables: an application of structural equation modeling in the evaluation of the influence of gender on customer satisfaction in mobile communication**. 10<sup>th</sup> International Conference on Information Systems and Technology Management – CONTECSI. June, 12 to 14, 2013 - São Paulo, Brasil.

SILVA, G. S., **Contribuições ao estudo de modelagem de equações estruturais na avaliação da satisfação do cliente de comunicações móveis**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação da UFRN, 2015.

SIMULA, O., ALHONIEMI, E., HÓLLMEN, J., & VESANTO, J. **Monitoring and modeling of complex processes using hierarchical self-organizing maps**. In Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'96), volume Supplement, 1999.737--6p.

ULTSCH A. (1993) **Self-organising neural networks for visualization and classification**. In: Opitz O, Lausen B, Klar R (eds.) Information and Classification, Springer-Verlag, Berlin: 864–867.



## TECHNIQUE: CONTRIBUTIONS OF MARTIN HEIDEGGER

*Data de aceite: 18/05/2020*

**Mauricio dos Reis Brasão**

Universidade de Uberaba - PPGE  
Uberaba – MG

**Gustavo Araújo Batista**

Universidade de Uberaba - PPGE  
Uberaba – MG

**José Carlos Souza Araújo**

Universidade de Uberaba - PPGE

**ABSTRACT:** We are bodily and mentally linked to technology, as a human perspective, of its nature. Our attachments are not defined in a model of opposition, but of adherence, that is, in constructions of thoughts and imaginary. Thus, this study aims to conduct a dialogue with the main ideas of Martin Heidegger, regarding the technique and, specifically, to understand the theoretical concepts of technique and technology according to some authors. This is a bibliographical review, which assumes the phenomenological method, understanding that phenomenology seeks to go to the same things, investigating how the phenomenon is revealed. The theoretical contribution includes, specifically, the studies of Martin Heidegger (2007, 1959). The choice for the theoretical

constructs of this philosopher is due to the reflections that include the theme of technique and the attitude of the reflective man in front of it. As part of the significant partial results of this investigation, it appears that, for Heidegger, technique cannot be conceived as a simple means, because it is also a form of discovery in the sense that it constitutes a means to achieve ends and a human activity. For the philosopher, technique is directly related to the history of being, however, only begins to problematize it by realizing its connection with the destiny of humanity in the modern age, and emphasizes that technique is a means to an end, which consists in a making of men. In this sense, the thinker understands the technique as synonymous with operational knowledge. And technology as being “the title we give to the entity when it is permeated not by technique but by its essence - and not any one, but the one in force in our time.” The benefits of this research are related, above all, to the field of knowledge that can support future studies that have as their object the construction of knowledge through technologies, specifically in the school context.

**KEYWORDS:** Martin Heidegger. Technology and Technique. Knowledge Construction.

**RESUMO:** Estamos corporal e mentalmente vinculados à tecnologia, como uma perspectiva do humano, de sua natureza. Nossas vinculações não se definem em um modelo de oposição, mas de aderência, ou seja, em construções de pensamentos e imaginários. Assim, este estudo, tem como objetivo principal realizar um diálogo com as principais ideias de Martin Heidegger, no que se refere à técnica e como específicos, compreender os conceitos teóricos de técnica e tecnologia segundo alguns autores. Trata-se de uma revisão bibliográfica, na qual assume-se o método fenomenológico, entendendo que a fenomenologia busca ir às coisas-mesmas, investigando como o fenômeno se desvela. O aporte teórico abrange, especificamente, os estudos de Martin Heidegger (2007, 1959). A opção pelos construtos teóricos desse filósofo deve-se às reflexões que incluem a temática da técnica e a atitude do homem reflexivo diante dela. Como parte dos resultados parciais significativos dessa investigação, verifica-se que, para Heidegger, a técnica não pode ser concebida como um simples meio, porque ela é, também, uma forma de desencobrimento, no sentido em que constitui um meio para atingir fins e uma atividade humana. Para o filósofo, a técnica está relacionada diretamente com a história do ser, contudo, só começa a problematizá-la ao perceber sua conexão com o destino da humanidade na era moderna, e ressalta que técnica é um meio para fins, o que consiste em um fazer do homem. Nesse sentido, o pensador entende a técnica como sinônimo de conhecimento operacional. E tecnologia como sendo “o título que conferimos ao ente quando este é perpassado não pela técnica, mas sim por sua essência – e não qualquer uma, mas a que se encontra vigente em nosso tempo.” Os benefícios desta investigação estão relacionados, sobretudo, ao campo de conhecimentos que podem subsidiar futuros estudos que tenham como objeto a construção do conhecimento por meio das tecnologias, especificamente no contexto escolar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Martin Heidegger. Tecnologia e Técnica. Construção do Conhecimento.

### 1 | INTRODUCTION

This work is part of the research line Educational Processes and its Fundamentals, of the Education Graduate Program of the University of Uberaba - UNIUBE, and seeks to integrate our thesis in construction, whose object of study - the construction of knowledge through the internet. It is an interdisciplinary scientific research on education and technology, in progress, with significant partial results.

We assume that techniques/technologies have changed the production process not only of goods, but also of services, a phenomenon that encompasses the

professionals who work in the educational process at different levels, from schools and educational institutions, as in the functions of teaching, research, management and extension, resulting from a significant presence of technology, especially the Internet, increasingly ubiquitous in the various contexts, especially educational. In this thinking, what worries us is not the fact that the world is becoming increasingly technical, but the fact that man is not prepared for this transformation of the world, in which technique/technology is established.

As pointed out by Heidegger (1959),

“[...] the revolution of technique that is taking place in the atomic age could arrest, bewitch, and dazzle man in such a way that one day the thought he calculates would be the only thought admitted and exercised” (HEIDEGGER, 1959, p. 26).

Thus, in a reflexive movement, we propose, through a literature review, to bring Heidegger’s reflection concerning the technique in this investigation. Since we opted for the phenomenological approach, we sought to understand the phenomenon in its essence. In the words of Bicudo (2011), the trajectory of the search for essence enables understandings, because, in the phenomenological view, every form of manifestation or objectivity refers to an intersubjective relationship, that is, “[...] subjectivity, intersubjectivity and objectivity are aspects of the same movement, which are not separate and hierarchical instances or spheres” (BICUDO, 2011, p. 34).

The choice of Martin Heidegger’s theoretical constructs is due to his reflections on the theme of technique and the attitude of the reflective man in front of it. The article is subdivided into four sections: after this introduction, in the first we present the concepts of technique and technology, in the conception of several authors; in the second, we bring biographical data, the relevant bibliographic production and the main points of Heidegger’s academic life; In the third, we point out some reflections on the technique from Heidegger’s perspective. Then, the final considerations are made.

## 2 | TECHNIQUE AND TECHNOLOGY: CONCEPTS

Initially, it is necessary to differentiate two terms that, although similar, refer to different situations: technique and technology.

According to the entries brought by Lalande (1999, p. 1109), the technique refers to the “[...] set of well-defined and transmissible procedures designed to produce certain results considered useful” for humanity. It would thus have a pragmatic objective of solving the problems that arose during man’s social development. According to this concept, this word refers to the methods organized in the construction of man’s scientific knowledge.

Technology, in turn, would be “[...] the theory, or philosophy, of techniques.”

Thus, technology is a more abstract and broader term than technique, because it involves the reflection of the human being about the techniques of their culture. Technology concerns the study of technical procedures, in addressing them both in general terms and in their correspondence with the progress of civilization. Also, technology, according to Lalande (1999, p. 1109-1111) can be understood as the “theory of a technique”. The definition points out that “[...] sometimes (for a common metonym in the use of terms in -logy’), the word is used in place of the technique or set of techniques” (LALANDE, 1999, p. 1111).

The concept of technique in Heidegger goes through the concept of technique neutrality as illusory, because the technique cannot be controlled by the human being. These meanings lead us to the idea that the instrumental determination of technique does not reveal its essence to us. The thinker presents an analogy that allows us to understand what he calls the essence of technique, in the example of trees, Heidegger (2007), points out that,

[...] What dominates every tree as a tree is not exactly a tree that can be seen among other trees. So the essence of technique is not something technical either, for we will never experience our relationship to its essence as long as we only represent and propagate what is technical. (HEIDEGGER, 2007, p. 375).

In this thinking, Heidegger (2007, p. 376) asserts that the conception of technique is a “means and a human doing as a means to the ends”, and man’s relationship with it is determined by the instrumental conception of technique. As highlighted by Silva (2007),

[...] In order to consider instrumental character, one must consider a way of inhabiting the world from which instrumentality derives. [...] the emphasis on human construction, needs to suppose the anteriority of man’s stay in the midst of things, so that he unveils them in the way of their profit and exploitation in scale. Thus, in this case, instrumentality derives from a certain mode of aletheia<sup>1</sup>. (SILVA, 2007, p. 371).

As Possamai (2010, p. 22), Heidegger “understands the technique as synonymous with operational knowledge”. And technology as being “the title we give to the entity when it is permeated not by technique but by its essence - and not any one, but the one in force in our time”. For this author, “[...] technology carries with it a conviction of effectiveness, because it combines with the claim of certainty of science.” In that thinking,

[...] technology would be a form of revelation of existence, a principle of the construction of the world under certain conditions - it is the shaper of a time, expresses a way of being of the world because it is the correspondence between a process of positioning reality and a way of thinking. (POSSAMAI, 2010, p. 22).

---

1 Aletheia (in classic greek: ἀλήθεια; transl.: **Aletheia**, literally, true, in the sense of unveiling: of a-, negation; and lethe, “forgetfulness”), to the ancient Greeks, designated truth and reality simultaneously. In *Sein und Zeit*, Martin Heidegger took up the term to define the attempt to understand the truth.

For Feenberg (2003, p. 2), the word “‘techne’ is at the origin of the modern words ‘technique’ and ‘technology’ in Western languages”. And adds that

[...] Techne in ancient Greece means knowledge that is associated with a form of poiesis. For example, medicine is a techne whose goal is to cure the sick; Carpentry is the techne whose purpose is to build with wood. In the Greek view of things, each techne includes a purpose and meaning for the artifacts whose production it guides. (FEENBERG, 2003, p. 2).

In accordance with Feenberg’s (2003) thinking we understand that the Greeks had various kinds of techniques and crafts that were the equivalent in their day to the way technology is to us today. They did not have technology in the modern sense, but conceived nature according to the model of artifacts produced by the technical activity itself. Thus, the idea of artifact is not “arbitrary or subjective”, which, according to Feenberg, belongs to a techne that contains the essence of the thing to be done prior to the act of doing.

### 3 | BIOGRAPHICAL DATA, PRODUCTION AND ACADEMIC LIFE POINTS

Heidegger (1889-1976), one of the greatest thinkers of the twentieth century, and one of the most respected intellectuals among phenomenologists, according to Safranski (2000, 1994). He was born on September 26, 1889, in the city of Messkirch, in German Switzerland, and died on May 27, 1976, in Brussels, Germany. He studied Theology and Philosophy at the University of Freiburg, having been a philosopher, writer, university professor, dean and successor of Edmund Husserl in the Chair of Philosophy. He received his doctorate in 1914, the year he published

[...] “The Doctrine of Judgment in Psychologism - Critical-Positive Contribution to Logic”. Two years later, he published “The Doctrine of Categories” and the “Meaning in Duns Scot” of 1914. In 1923 Heidegger took on one of the Philosophy seats of the University of Marburg and began to project himself among the specialists, using personal interpretations of pre-Socratic thinkers such as Heraclitus of Ephesus (6th century BC) and Parmenides of Elea (6th century BC). In 1927, he published what would become his magnum opus, “Sein und Zeit”, or “Being and Time”. In 1928, he returned to the University of Freiburg to succeed Master Husserl. In 1929, he published “What is Metaphysics?”, “Kant and the Problem of Metaphysics” and “About the Essence of the Foundation”. Other works include: “Hölderlin and the Essence of Poetry” (1936), “About the Essence of Truth” (1943), “The Platonic Doctrine of Truth” (1947), “The Way of the Field” (1953), “Introduction to Metaphysics” (1953), “What Does It Mean To Think” (1954), “About the Experience of Thinking” (1954), “Courses and Conferences” (1954), “What Is This - Philosophy?” (1956), “On the Matter of Being” (1956), “Identity and Difference” (1957), “The Fundamental Principle” (1957), “Sendas Perdidas” (1957), “Serenity” (1959), “The Paths of Language” (1959), “Nietzsche” (1961), “The Matter of the Thing” (1962), “Kant’s Thesis on Being” (1962), “The Matter of Thinking” (1969) and “Heraclitus” (1970, with Eugen Fink). (HEIDEGGER, 1984, p. 5-6).

Critic of the technique, sought to understand, intensely, the consequences of

technological development for society. For the philosopher, technology can divert man from his own: thinking. Starting from the distinction between a calculating thought (directed to the technique) and a thought that meditates (which reflects on it), it seeks to denude it from its mystification, motivating the subject to reflect on the indispensability of rescuing the thinking that meditates.

From this standpoint, it is not only thought that calculates that governs man's being in the world. For the German philosopher, (1959, p. 5) “[...] today's man runs away from thinking”, but he understands that the thought that meditates and calculates are indispensable, because they constitute ways that provide opportunities for man realize your existence. Both types of thinking describe the very way in which man relates to the world around him. Among his most revisited works are “Being and Time” (1927) and “The Time of the World Image” (1938).

In “Being and Time”, Heidegger spells out his ideas about the existence of the being. This work is considered one of the significant vectors that influenced the philosophy of the twentieth century, because it ponders human existence through a questioning about the being. Part of a critique of the metaphysical orientation of Western thought, it questions the very way of existing and inhabiting the world for the primary purpose of understanding the meaning of human existence.

In “The Time of the World Image”, the philosopher departs from a usual sense of technique, received by many of his contemporaries, that technique is a means to man's achievements. The problematic about technique acquires density in the philosopher's thought since the 1950s, mainly through his writings “Serenity” and later, “The Matter of Technique”.

#### **4 | REFLECTIONS ON THE TECHNIQUE FROM HEIDEGGER'S PERSPECTIVE**

In writing *Serenity* resulting from a 1955 conference, Heidegger reflects on the essence of modern technique and the recovery of meditative thinking. The ceremony took place to honor the German composer Conradin Kreutzer, his countryman, and during the solemnity, the German philosopher discussed the technical character present today.

At the conference, Heidegger (1959, p. 2) highlights the importance of thinking and even states that, “in order to celebrate, we must think”. For the philosopher, the function of the “commemorative discourse” is to “help us expressly think about the honored composer and his work”. Thus, we understand that the issue is not to deny, but to rethink the junction of man with technique, since man, when appropriating technological objects, forgets himself and becomes “poor-in-thought”. In addition to losing its roots.

According to the philosopher, modern man claims that at no time have

researches, investigations and such advanced plans been carried out. These statements, in a way, are correct, considering the existence of both types of thinking and which are so important for man to realize his existence on earth, what he calculates and what he meditates.

The calculating thought neither meditates nor reasons what exists. Calculative thinking operates on the praxis plane and always aims to inspect processes that will lead to desired results. This form of thinking is dominant in the technical world and in all kinds of reality control and challenge to reality.

Meditating thinking sometimes requires a great deal of effort and lengthy training. It also requires “that we are not unilaterally bound to a representation, that we do not continue to run one way towards a representation. Meditating thought demands that we deal with what at first sight seems irreconcilable” (HEIDEGGER, 1959, p. 12).

Thus we understand that both types of thinking, which meditates and calculates, are necessary, for it is not only the calculating thought that governs man’s being in the world. The thought that meditates and the thought that calculates are necessary because they are ways that enable man to realize their existence. Thus, in the philosopher’s view, both types of thinking describe the very way in which man relates to the world around him.

Thus, in the context of the conference, *Serenity*, Heidegger reflects on the essence of modern technique. Not to deny the technique, but to rethink man’s association with it. Throughout the text, the philosopher warns that we keep thinking awake, because what is right for man is to be a thinking being. As Heidegger points out,

We let technical objects into our everyday world and at the same time let them out, that is, let them rest in themselves as things that are not something absolute, but which themselves depend on something superior. I would like to designate this simultaneous yes and no attitude about the technical world with an old word: serenity to things (*die Gelassenheit zu den Dingen*) (HEIDEGGER, 1959, p. 30).

In this thinking, Heidegger clearly defines Serenity as the attitude of yes and no simultaneous to the technical world - serenity to things. For him, we should be concerned not with mastering the technique, but with understanding that its essence leads us to our own way of existence and, therefore, we must build a freer connection with it, allowing ourselves other ways of being and dealing with the technique.

An idea brought by Heidegger relates to the question of the essence of technique in the field of discovery. In the text *The Question of Technique*, the essence of technique is understood as openness, for “truth is conceived as uncovering, not as adequacy, since truth is not adequacy of the thing to the intellect, or representation” (HEIDEGGER, 2007, p. 21).

In this line of thought, the philosopher, when questioning the technique about

its own essence, moves it to the ontological level. And to discover it, it is necessary to transcend its mere instrumental determination, that is, to discover the essence of technique, one must determine what the instrumental is. That is, we understand instrumentality as things as means to an end. In this view, we refer to the philosophical reflection of the Greeks, who perceived the instrumentality as characterizing the technique.

Another idea brought in Heidegger (2007) is the modern technique, considering that the problem is in the distinctive way of dealing with objectivity. For Heidegger, the structure and meaning of modern technique is lost by revoking its bad side over its good side, for at the same time technique can be a means to ends and a doing of man. They are correlated conceptions because they constitute a human doing.

In thinking about technology, Heidegger considers that technology operates a social and cultural control over man, which values the thought he calculates, the manager of technology, forgetting the thought that meditates. However, according to the philosopher, ontologically, the technique is part of the human, so there is no way to separate one from the other. This alleged separation would result in the split of the contemporary human into something that could not be recognized. Following, we present the final considerations.

## 5 | FINAL CONSIDERATIONS

We address in this paper a theory of the technique. We find that, for Heidegger, technique cannot be conceived as a simple medium, because it is also a form of discovery. In this sense, for Heidegger, the technique is directly related to the history of the being, however, only begins to problematize it by realizing its connection with the destiny of humanity in the modern age.

In thinking about technology, Heidegger considers that technology operates a social and cultural control over man, who values the thinking he calculates, the manager of technology, and oblivious to the thinking he meditates. In the text “Serenity”, Heidegger reflects on the essence of modern technique and stresses the primacy of regaining meditative thinking. He underscores the fact that we keep awakening reflection, to the extent that to be thinking is precisely what man has of his own.

In the same sense, according to Heideggerian thought, serenity involves the integration of the thought that calculates with the thought that meditates, that is, the thought that makes it possible to create the technique and use it, but also the thought that makes it possible to reflect on the technique. These two dimensions constitute what Heidegger calls serenity, in which yes and no are harmoniously present. Therefore, serenity is a concept of precisely the interaction between the thinking that



calculates and the thinking that meditates.

We, hope with this study, ton contribute to future work on the technical/ technology theme, in order to continue the work in question; Thus, the relevance of the research is materialized by reflecting on the technique in the ontological scope, since technology has a totally human dimension, being a product of human intelligence. Their apparatuses and devices are eminently human, the result of a synchronic and diachronic collaboration, in a human exercise that pervades time and sews contemporary culture in a complex fabric. In this sense, conceiving an opposition between human and technology becomes inconceivable or at least indefensible.

## REFERENCES

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023, de 17.03.2018**. Informação e documentação, trabalhos acadêmicos, apresentação. Rio de Janeiro, 2018.

BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. (org.). **Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica**. São Paulo: Cortez, 2011.

FEENBERG, Andrew. **O que é Filosofia da Tecnologia?** Conferência realizada para os estudantes universitários de Komaba em junho de 2003. Disponível em [https://www.sfu.ca/~andrewf/Feenberg\\_OQueEFilosofiaDaTecnologia.pdf](https://www.sfu.ca/~andrewf/Feenberg_OQueEFilosofiaDaTecnologia.pdf). Acesso em 20. abr. 2019.

HEIDEGGER, Martin. A questão da técnica. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 375-398, set. 2007. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/ss/article/view/11117/12885>. Acesso em: 18 abr. 2018.

HEIDEGGER, Martin. **Conferências e escritos filosóficos**. Tradução, introduções e notas de Ernildo Stein. 2. ed. São Paulo: Abril Cultura, 1984.

HEIDEGGER, Martin. **Serenidade**. Tradução de Maria Madalena Andrade e Olga Santos. Lisboa: Instituto Piaget, 1959.

LALANDE, André. **Vocabulário técnico e crítico da Filosofia**. 3.ed., São Paulo: Martins Fontes, 1999.

POSSAMAI, Fábio Valenti. A técnica e a questão da técnica em Heidegger. **Intuitio**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 20-32, jun. 2010. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/intuitio/article/view/6790/5121>. Acesso em: 29 abr. 2019.

SAFRANSKI, Rudiger. Demonização da técnica e técnica demonização. *In*: SAFRANSKI, R. **Heidegger: um mestre da Alemanha entre o bem e o mal**. São Paulo: Geração Editorial, 2000. Cap. 23, p. 455-472.

SAFRANSKI, Rudiger. **Um mestre da Alemanha**: Heidegger e o seu tempo. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

SILVA, Franklin Leopoldo e. Martin Heidegger e a técnica. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 369-374, set. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ss/v5n3/a04v5n3.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2019.

## SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA PRESSÃO NO BALONETE DE TUBOS ENDOTRAQUEAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

*Data de aceite: 18/05/2020*

*Data de submissão: 29/01/2020*

### **Tássia Joany de Paiva Xavier**

Universidade Federal de São Paulo UNIFESP,  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
São José dos Campos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/3712682000862193>

### **Maria Elizete Kunkel**

Universidade Federal de São Paulo UNIFESP,  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
São José dos Campos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/8083413188703004>

**RESUMO:** A Ventilação Mecânica, utilizada em casos de indivíduos com função respiratória comprometida, consiste na aplicação de pressão positiva nas vias aéreas por meio de órteses ventilatórias, o que exige monitoramento diário por parte das equipes médicas a fim de evitar lesões no interior da traqueia. O objetivo desta pesquisa consiste em uma revisão sistemática para identificar e analisar os sistemas, métodos e técnicas existentes na literatura para efetuar o monitoramento e controle da pressão no balonete de tubos endotraqueais. Os artigos foram pesquisados em diferentes bases de dados através de strings definidas,

às quais foram aplicados critérios para seleção e extração de dados relevantes para esta revisão sistemática. Os artigos selecionados foram divididos em três grupos, de acordo com o método de controle da pressão no balonete de tubos endotraqueais: manual, automático e contínuo. A presente revisão sistemática da literatura demonstrou que os métodos mais eficazes consistem no monitoramento e controle contínuo ou automático da pressão no balonete de tubos endotraqueais.

**PALAVRAS-CHAVE:** ventilação mecânica, intubação orotraqueal, balonete, pressão no balonete, tubo endotraqueal.

### ENDOTRACHEAL TUBE CUFF PRESSURE MONITORING SYSTEMS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

**ABSTRACT:** Mechanical ventilation, used in cases of individuals with impaired respiratory function, consists of the application of positive pressure in the airways by means of ventilatory orthoses, which requires daily monitoring by medical teams in order to avoid injuries inside the trachea. The objective of this research is a systematic review to identify and analyze the systems, methods and techniques existing in

the literature to monitor and control the pressure in the cuff of endotracheal tubes. The articles were searched in different databases through defined strings, to which criteria for the selection and extraction of relevant data for this systematic review were applied. The selected articles were divided into three groups, according to the pressure control method in the cuff of endotracheal tubes: manual, automatic and continuous. The present systematic review of the literature demonstrated that the most effective methods consist of continuous and automatic monitoring and control of the pressure in the cuff of endotracheal tubes.

**KEYWORDS:** mechanical ventilation, orotracheal intubation, cuff, cuff pressure, endotracheal tube.

## 1 | INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) consiste na aplicação de pressão positiva nas vias aéreas por meio de órteses ventilatórias. A maioria dos pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) necessita de VM para receber suporte à função ventilatória comprometida. Contudo, para a aplicabilidade da VM é necessária a utilização de via aérea artificial como, por exemplo, de órteses conhecidas, como o tubo endotraqueal (TET) ou a cânula de traqueostomia (Camargo et al., 2006; Jerre et al., 2007; Weiss et al., 2010). Na porção distal das órteses endotraqueais e de traqueostomia há um balonete (também chamado de cuff) que, quando inflado, sela as vias aéreas e impede o vazamento de ar e a aspiração de conteúdo supraglótico e esofágico para dentro dos pulmões. A pressão do balonete (intracuff) acima do ideal, entre 20 mmHg e 30 mmHg, pode gerar lesões na parede da traqueia, e a pressão abaixo do ideal pode promover a microaspiração de secreções da orofaringe (Juliano et al., 2007; Godoy et al., 2008; Stanzani et al., 2009).

Desta forma, medidas de monitoramento da pressão em tubos endotraqueais são adotadas para assegurar uma ventilação mecânica eficaz e proporcionar também o adequado fluxo sanguíneo capilar para a mucosa traqueal do usuário. A importância do monitoramento da pressão intracuff está nas medidas preventivas que podem ser tomadas a fim de evitar danos ao sistema respiratório causados pela presença de TET ou pela variação da pressão (Lorente, 2014). A mucosa da árvore traqueobrônquica é muito delicada, sendo constituída de uma única camada epitelial de células ciliadas, cujo contato, mesmo que mínimo, provoca lesões em curtos períodos (Aranha et al., 2003; Stewart, 2003). A pressão gerada pelo balonete sobre a mucosa traqueal pode sofrer variação e isso ocorre devido ao tamanho, às mudanças na posição do TET e às alterações no tônus da musculatura da traqueia (Taveira et al., 2009). Diversos estudos apontam que a faixa segura de valores de pressão intracuff para evitar lesões é entre 20 cmH<sub>2</sub>O e 30 cmH<sub>2</sub>O (Taveira et al.,

2009).

## 1.1 Contextualização

Diversos estudos na literatura abordam o desenvolvimento de dispositivos para monitorar e controlar a pressão no balonete de tubos endotraqueais utilizados em pacientes submetidos à ventilação mecânica. Destacam-se algumas pesquisas cujo objetivo é realizar o monitoramento e controle manual da pressão no balonete de TET.

Atalay et al. (2009) avaliaram, por meio de estudo exploratório, a utilização de balonete de alto volume e baixa pressão como mais indicado para um monitoramento adequado contínuo da pressão; Cipolletti et al. (2009) desenvolveram um sistema de rede de sensores sem fio de baixo consumo para monitoramento da pressão no balonete de TET testado em pacientes de UTI; Howard (2011) utilizou manômetro de manguito em estudo exploratório para um controle contínuo da pressão; Chadha et al. (2011) avaliaram a eficácia da pressão do manguito de tubos endotraqueais modulada dinamicamente, durante cada ciclo ventilatório, em vez de manter um nível constante, e criaram um dispositivo de controle automático da pressão no balonete de TET cuja pressão modulada dinamicamente resultou na redução de danos laringotraqueal em testes realizados com animais; Akshaya et al. (2013) desenvolveram, em estudo experimental, um dispositivo eletrônico para monitoramento da pressão que possibilita controle manual da pressão do balonete de TET, cuja adoção foi recomendada em UTIs e centros cirúrgicos e Wang et al. (2017) desenvolveram um dispositivo eletrônico portátil e compacto para monitoramento da pressão no balonete de TET; os testes indicaram estabilidade no controle, o que o tornou recomendado para esta aplicação.

Uma revisão sistemática da literatura foi realizada com o objetivo de fornecer um levantamento de artigos relacionados ao desenvolvimento de sistemas para controle da pressão do balonete de TET com intuito de identificar novos temas de investigação para pesquisas futuras.

## 2 | METODOLOGIA

Segundo Clarke et al. (2001), a revisão sistemática da literatura (RSL) é um dos principais meios de elencar evidências de uma pesquisa e de identificar, selecionar, avaliar, interpretar e sumarizar estudos relevantes. Além disso, uma RSL pode prover conhecimentos sobre um dado tópico e apoiar na identificação de temas para pesquisas futuras.

A realização de uma pesquisa inicial não identificou uma RSL que abordasse métodos de controle da pressão do balonete de TET na literatura. Com o objetivo de

encontrar um número significativo de estudos relacionados a este tema, foi criada uma metodologia com o intuito de levantar os dados mais relevantes. Um protocolo foi criado para especificar a questão de pesquisa, a estratégia de busca a ser utilizada para conduzir a RSL, as fontes consideradas para a pesquisa, strings de busca, critérios de seleção (inclusão e exclusão) e critérios de qualidade dos estudos.

Durante a condução da RSL foi realizada a identificação dos estudos primários a partir do uso da estratégia de busca definida previamente, a seleção dos estudos primários, a partir do uso dos critérios de seleção e qualidade, além da extração e sintetização dos dados. Os critérios de qualidade foram definidos para avaliar aspectos metodológicos dos estudos. Os estudos encontrados foram avaliados e os dados relevantes para responder a questão de pesquisa foram extraídos dos estudos encontrados, sintetizados e discutidos.

A metodologia utilizada para elaboração da RSL foi dividida em sete passos (Figura 1). A pergunta de pesquisa foi: “Quais os sistemas, métodos e/ou técnicas existentes para efetuar monitoramento e/ou controle da pressão no interior do balonete do tubos endotraqueais?”.

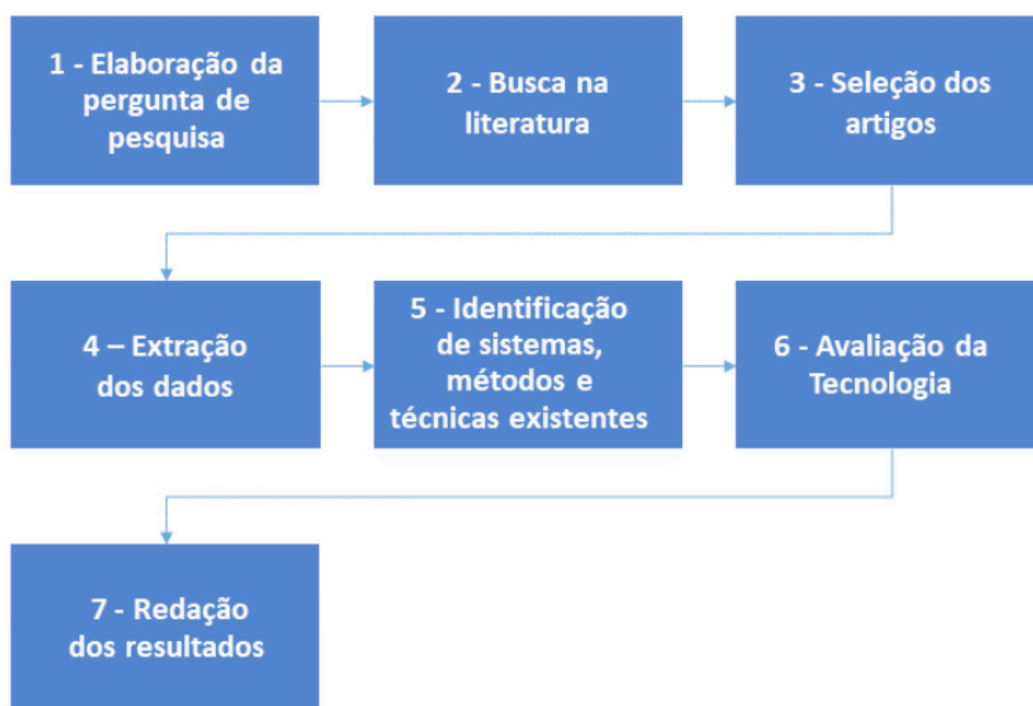


Figura 1 – Passos da metodologia utilizada para elaboração da revisão sistemática

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A seleção de estudos primários foi baseada nos seguintes critérios: os artigos selecionados foram artigos de revistas científicas e conferências (Fase 1); apenas artigos em inglês e português foram considerados (Fase 2). O critério de inclusão foi definido como qualquer estudo no qual foi apresentado o desenvolvimento ou a construção de um dispositivo, sistema ou método para realizar controle da pressão

no interior do balonete de TET (Fase 3). O critério de exclusão foi definido como: estudos que não trazem nenhuma discussão sobre desenvolvimento ou construção de dispositivos, sistemas ou métodos para mensurar, monitorar ou controlar a pressão no interior do balonete de TET. Seleções adicionais foram realizadas quando o título e o resumo do estudo em análise não ofereciam informações suficientes para decidir se atendiam ou não ao critério de inclusão determinado. O processo de seleção adicional incluiu a leitura da introdução e conclusão do estudo e seleção dos artigos publicados nos últimos 12 anos (Fase 4). As strings de pesquisa apresentadas na Tabela 1 foram utilizadas para coletar os estudos primários dos recursos selecionados, com base no protocolo de revisão estabelecido.

<b>STRINGS DE BUSCA</b>	
I	“Cuff pressure”
II	“Traqueal intubation” OR “Endotrachel intubation”
III	“Tracheal tube” OR “Endotracheal tube”
IV	Control OR Monitoring
V	Device OR Instrument
VI	“Mechanical ventilation”

Tabela 1 – *Strings* definidas para as pesquisas dos artigos

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

As bibliotecas digitais foram selecionadas considerando as principais conferências e periódicos relacionados ao tema desta pesquisa (Tabela 2).

<b>Banco de dados da literatura</b>
Lippincott Williams & Wilkins Journals
BMC Anesthesiology
Wiley Online Library
Europe PubMed Central
National Center for Biotechnology Information (NCBI)
ScienceDirect
Springer Nature
Oxford University Press (OUP)
BioMed Central Journals

Tabela 2 – Principais bancos de dados da literatura pesquisados

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

No total, 514 estudos foram selecionados conforme aplicação das strings estabelecidas. Depois de aplicar os critérios de seleção, foram selecionados 21 estudos para extração de dados. O número de artigos associados a cada string de busca definida está descrito no Quadro 1. Para cada fase foram aplicados os

critérios de seleção dos artigos primários.

<b>String</b>	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Fase 4</b>
I	29	19	4	2
II	149	111	5	3
III	193	156	10	4
IV	90	89	6	3
V	25	25	22	8
VI	28	28	1	1
<b>Total</b>	<b>514</b>	<b>428</b>	<b>48</b>	<b>21</b>

Quadro 1 – Fases e número de estudos selecionados

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O gráfico a seguir ilustra o resultado da aplicação dos critérios de inclusão estabelecidos em cada uma das quatro fases de seleção de estudos primários para cada string (Figura 2).

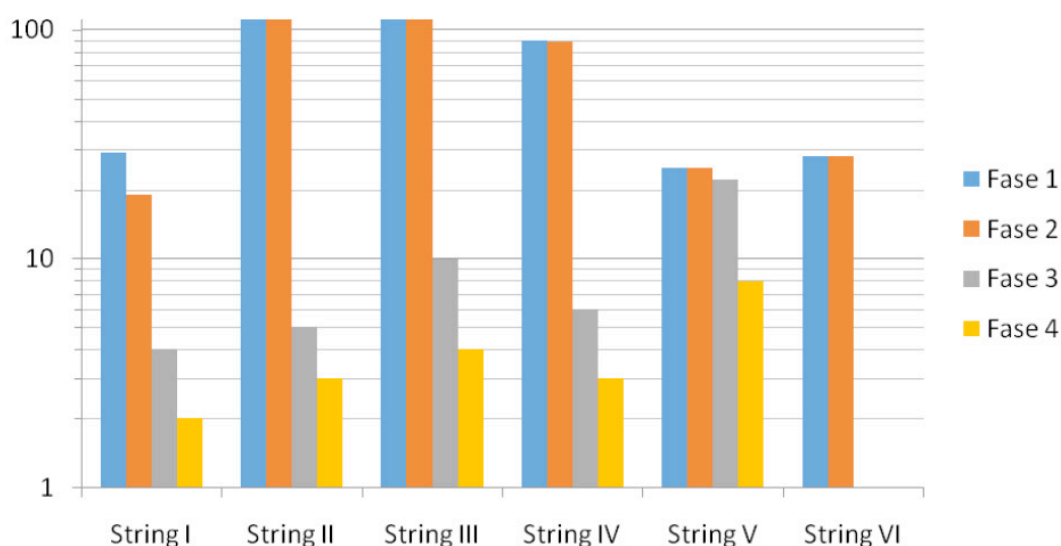


Figura 2 – Número de artigos pesquisados: quantidade de artigos pesquisados inicialmente (azul) e quantidade final após a aplicação dos critérios de inclusão (laranja) correspondente a cada string de busca estabelecida.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O número de artigos encontrados diminui conforme aplicação dos critérios de seleção definidos para as Fases 1, 2, 3 e 4 descritas. O número de artigos encontrados neste estudo é diferente para cada string estabelecida, sendo as strings 2, 3 e 4 que mais se assemelham em números de artigos encontrados.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a pesquisa dos artigos e aplicação dos critérios de inclusão, uma nova análise foi realizada com a aplicação dos critérios de exclusão, feita através de uma

leitura mais aprofundada. Os resultados dos artigos finais selecionados, organizados por tema, estão descritos a seguir nos Quadros 2, 3 e 4. Os estudos foram agrupados de acordo com o método de controle da pressão no balonete de TET avaliados: manual, contínuo ou automático.

<b>Autores</b>	<b>Tipo de estudo</b>	<b>Intervenção/ exposição</b>	<b>Resultado</b>
Atalay <i>et al.</i> , 2009	Exploratório	Desenvolvimento de balonete de alto volume e baixa pressão	Monitoramento contínuo recomendado
Zhang <i>et al.</i> , 2010	Exploratório	Avaliação de transdutor descartável na mensuração da pressão	Monitoramento por transdutor descartável recomendado
Meier <i>et al.</i> , 2011	Exploratório	Avaliação de dispositivo eletrônico de mensuração da pressão	Monitoramento por dispositivo eletrônico recomendado
Peters and Hoogerwerf, 2012	Exploratório	Manômetros de manguito	Monitoramento contínuo recomendado
Akshaya <i>et al.</i> , 2013	Experimental	Dispositivo eletrônico para monitoramento da pressão	Desenvolvimento de dispositivo
Giusti <i>et al.</i> , 2016	Exploratório	Avaliação de método de palpação digital do balonete piloto para monitoramento da pressão	Monitoramento por palpação digital não recomendado
Villa-Arango <i>et al.</i> , 2016	Experimental	Instrumento para mensuração da pressão do manguito endotraqueal	Desenvolvimento de dispositivo
Wang <i>et al.</i> , 2017	Experimental	Dispositivo eletrônico para monitoramento da pressão	Desenvolvimento de dispositivo

Quadro 2 – Estudos sobre monitoramento e controle manual da pressão no balonete do TET

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

<b>Autores</b>	<b>Tipo de estudo</b>	<b>Intervenção/ exposição</b>	<b>Resultado</b>
Valencia <i>et al.</i> , 2007	Exploratório	Avaliação de dispositivo eletrônico para controle da pressão	Monitoramento por dispositivo eletrônico recomendado
Cipolletti <i>et al.</i> , 2009	Experimental	Sistema de rede experimental de nós sem fio e de baixa potência para monitorar a pressão	Desenvolvimento de dispositivo
Chadha <i>et al.</i> , 2011	Experimental	Dispositivo de modulação automatizada da pressão do manguito	Desenvolvimento de dispositivo
Howard <i>et al.</i> , 2011	Experimental	Dispositivo eletrônico para controle da pressão	Desenvolvimento de dispositivo



Kumar <i>et al.</i> , 2011	Exploratório	Avaliação de dispositivo de controle automático e controle manual para mensuração da pressão	Monitoramento por dispositivo de controle automático recomendado
Osborn <i>et al.</i> , 2013	Experimental	Dispositivo de modulação automatizada da pressão do manguito	Desenvolvimento de dispositivo

Quadro 3 – Estudos sobre monitoramento e controle automático da pressão no balonete do TET

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

<b>Autores</b>	<b>Intervenção/ exposição</b>	<b>Resultado</b>
Duguet <i>et al.</i> , 2007	Avaliação de dispositivo pneumático para mensuração da pressão	Monitoramento por dispositivo pneumático recomendado
Jailletteet <i>et al.</i> , 2013	Avaliação de dispositivo pneumático para mensuração da pressão	Monitoramento por dispositivo pneumático recomendado
Rouzé <i>et al.</i> , 2014	Avaliação de dispositivo pneumático para mensuração da pressão	Monitoramento por dispositivo pneumático recomendado
Vottier <i>et al.</i> , 2014	Avaliação de regulador pneumático infantil para mensuração da pressão	Monitoramento por dispositivo pneumático recomendado
Nseir <i>et al.</i> , 2015	Avaliação de dispositivo mecânico para controle da pressão	Monitoramento por dispositivo mecânico recomendado
Nseir <i>et al.</i> , 2015	Avaliação de dispositivo pneumático e eletrônico para mensuração da pressão	Monitoramento por dispositivo pneumático recomendado
Rouzé <i>et al.</i> , 2016	Avaliação de dispositivo eletrônico para controle da pressão	Monitoramento por dispositivo eletrônico recomendado

Quadro 4 – Estudos sobre controle contínuo da pressão no balonete do TET de modo exploratório

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

De forma geral, os sistemas, métodos e técnicas disponíveis para efetuar monitoramento e controle da pressão no interior do balonete do TET se encaixam em três grandes grupos: a) pesquisas que mostraram monitoramento e controle manual da pressão no balonete de TET; b) pesquisas que abordaram monitoramento e controle automático da pressão no balonete de TET e c) pesquisas que mostraram o controle contínuo da pressão no balonete de TET como solução para a problemática, totalizando 21 estudos encontrados. Sendo assim, os sistemas, métodos e/ou técnicas identificadas após aplicação dos critérios de seleção e exclusão propostos se assemelham no que diz respeito à quantidade de estudos por grupo de autores pré-selecionados que chegaram a desfecho semelhante em suas pesquisas. O maior

número de estudos foi encontrado no grupo de autores que utilizaram monitoramento e controle manual da pressão no balonete de TET, totalizando oito artigos; e o menor número de estudos foi encontrado no grupo de autores que abordam o controle contínuo da pressão no balonete de TET como solução para a problemática abordada, totalizando sete artigos.

Entre os artigos encontrados, as pesquisas cujo resultado apresentavam mais eficácia no controle da pressão no balonete de TET pertenciam ao grupo que sugeria monitoramento e controle contínuo ou automático da pressão. Blakeman et al., (2016), por exemplo, em estudo experimental, avaliaram o controle automatizado da pressão do manguito do TET para três dispositivos de controle automático da pressão média do manguito. Os resultados desse estudo mostraram, após a realização de testes, que os três dispositivos estavam dentro da faixa recomendada.

Rouzé et al. (2016) realizaram um estudo com o intuito de determinar a eficiência de um dispositivo eletrônico de controle contínuo da pressão no balonete do TET. Os resultados encontrados nesse estudo mostraram que o controle contínuo realizado pelo dispositivo teve mais eficiência quando comparado à realização do controle utilizando manômetro manual. Não foi encontrado, na literatura analisada, um artigo com uma análise comparativa entre o controle automático e controle contínuo da pressão no balonete de TET.

Além dos métodos de controle por meio de dispositivos eletrônicos automáticos ou manuais, foram encontradas também outras formas de prevenção de danos associados a esta problemática. Lorennet et al. (2014), por exemplo, propõem, além de um controle contínuo da pressão, a utilização de um TET inteligente que incorpora um lúmen para drenagem de secreção subglótica como medida preventiva contra infecção respiratória. Os resultados encontrados nesse estudo mostraram que o uso combinado do tubo inteligente proposto e o monitoramento contínuo reduziu o índice de complicações e gerou redução de custos de assistência médica.

#### 4 | CONCLUSÃO

Esta pesquisa colaborou com a identificação e seleção de estudos relevantes sobre sistemas existentes para monitoramento e/ou controle da pressão no balonete de tubos endotraqueais.

Com os resultados desta pesquisa, pudemos responder a pergunta feita inicialmente: “Quais os sistemas, métodos e/ou técnicas existentes para efetuar monitoramento e/ou controle da pressão no interior do balonete de tubos endotraqueais?”. Os artigos foram identificados e selecionados, dividindo-se em três grupos de acordo com o método de controle da pressão no balonete de TET: manual, automático ou contínuo. A revisão sistemática realizada demonstrou que os métodos

mais eficazes consistem no monitoramento e controle contínuo ou automático da pressão no balonete de TET e ajudou a identificar novos temas de investigação para pesquisas futuras.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Instituto de Ciência e Tecnologia e ao Programa de Mestrado Profissional Interdisciplinar em Inovação Tecnológica da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP.

## REFERÊNCIAS

- AKSHAYA, N. S. *et al.* Indigenous airway device cuff pressure monitor: a simple device. **British Journal of Anaesthesia**, v. 111, 22 apr. 2013.
- ATALAY, C. *et al.* Tracheal Rupture due to Diffusion of Nitrous Oxide to Cuff of High-Volume, Low-Pressure Intubation Tube. **Eurasian Journal of Medicine**, v. 41, n. 2, p. 136-139, ago. 2009.
- BARBOSA, P. M. K.; SANTOS, B. M. O. Alterações morfológicas em traquéias de pacientes intubados em função do tempo de intubação. **Revista latino-americana enfermagem**, nov./dez. 2003.
- BLAKEMAN, T. *et al.* Automated control of endotracheal tube cuff pressure during simulated flight. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v. 81, n. 5, p. 116-120, nov. 2016.
- CAMARGO, M. F. *et al.* Análise das pressões intracuff em pacientes em terapia intensiva. **Revista associação médica brasileira**, v. 52, n. 6, p. 405-408, 2006.
- CHADHA, N.K.; GORDIN, A.; LUGINBUEHL, I *et al.* Automated Cuff Pressure Modulation: A Novel Device to Reduce Endotracheal Tube Injury. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg**. v. 137, n. 1, p. 30–34, 2011.
- CIPOLLETTI, M. *et al.* A wireless sensor network for endotracheal tube cuff pressure monitoring. **Latin American Applied Research**, v. 39, n. 1, p. 27-32, 2009.
- CLARKE, M.; OXMAN, A.D. 2001. Introduction. Cochrane Reviewers' Handbook 4.1 [updated March]. Section 1. *In: Review Manager* [Computer program]. Version 4.1. Oxford. England: The Cochrane Collaboration.
- DUGUET, A.; D'AMICO, L., Biondi, G. *et al.* Control of tracheal cuff pressure: a pilot study using a pneumatic device. **Intensive Care Med**, v. 33, n. 128, 2007.
- GIUSTI, G. D. *et al.* Cuff pressure monitoring by manual palpation in intubated patients: How accurate is it? A manikin simulation study. **Australian Critical Care**, v. 30, n. 4, p. 234-238, 2016.
- HOWARD, W. R. Bench Study of a New Device to Display and Maintain. **Respiratory Care**, Boston, v. 56, n. 10, p. 1506-13, oct. 2011.
- JAILLETET, E. *et al.* Efficiency of a pneumatic device in controlling cuff pressure of polyurethane-cuffed tracheal tubes: a randomized controlled study. **BMC Anesthesiology**, v. 13, n. 1, p. 50, dez. 2013.

- JULIANO, S. R. R. *et al.* Medidas dos níveis de pressão do balonete em unidade de terapia intensiva: considerações sobre os benefícios do treinamento. **Revista brasileira de terapia intensiva**, v. 19, n.3, p. 317-321, jul-set. 2007.
- KUMAR, R. D.; HIRSCH, N. P. Clinical evaluation of stethoscope-guided inflation of tracheal tube cuffs, **Anaesthesia**, v. 66, n. 11, p. 1012-1016, 2011.
- LORENTE, L. *et al.* Continuous endotracheal tube cuff pressure control system protects against ventilator-associated pneumonia. **Critical Care**, v. 18, n. 2, p. 77, 2014.
- MARTINS, H. S. **Emergências clínicas: abordagem prática**. 8a. ed. Barueri: Manole, 2013.
- MEIER, J. D.; BELAFSKY, P. C. Evaluation of a Novel Device to Determine Tracheotomy Tube Cuff Pressure. **The Laryngoscope**, v. 119, n. 3, p. 271, 11 jan. 2011.
- NORDIN, U. The trachea and cuff-induced tracheal injury. An experimental study on causative factors and prevention. **Acta oto-laryngologica**, 1977.
- NSEIR, S. *et al.* Continuous control of tracheal cuff pressure for VAP prevention: a collaborative meta-analysis of individual participant data. **Annals of Intensive Care**, v. 5, n. 1, p. 43, 2015.
- NSEIR, S.; RODRIGUEZ, A.; SALUDES, P. *et al.* Efficiency of a mechanical device in controlling tracheal cuff pressure in intubated critically ill patients: a randomized controlled study. **Ann. Intensive Care**, v. 5, n. 12, 2015.
- OSBORN, A. *et al.* A simple mechanical device reduces subglottic injury in ventilated animals. **The Laryngoscope**, v. 123, n. 11, nov. 2013.
- PETERS, J.H.; HOOGERWERF, N. Prehospital Endotracheal Intubation: Need for Routine Cuff Pressure Measurement? **Emergency Medicine Journal**, v. 30, 2012, p. 851-853.
- PONS, Y. Complications laryngo-trachéales post-intubation atypiques: à propos de 3 cas. **Revue de laryngologie - otologie - rhinologie**, v. 1 n. 2, p. 1-7, 2009.
- ROCHA, D. M. *et al.* Cuffômetro digital automático. In: **XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**, Foz do Iguaçu, 17-20 out. 2016.
- ROUZÉ, A.; DE JONCKHEERE, J.; ZERIMECH, F. *et al.* Efficiency of an electronic device in controlling tracheal cuff pressure in critically ill patients: a randomized controlled crossover stud. **Ann. Intensive Care**, v. 6, n. 93, 2016.
- SERVIN, S. O. N. Tubo endotraqueal atraumático para ventilação mecânica. **Revista brasileira de anesthesiologia**, v. 61, n.3, p. 315-318, 2011.
- SHETTI, A. N., *et al.*; Indigenous airway device cuff pressure monitor: a simple device. **BJA: British Journal of Anaesthesia**, v. 111, Issue eLetters Supplement, 22 apr. 2013.
- TALEKAR, C. R.; UDY, A. A.; BOOTS, R. J. *et al.* Anaesthesia and Intensive Care, **Edgecliff**, v. 42, n. 6, p. 761-770, nov. 2014.
- VALENCIA, M. D. *et al.* Controle automático da pressão do manguito do tubo traqueal em pacientes ventilados em posição semirecebida: um estudo randomizado. **Medicina Crítica**, v. 35, n. 6, p. 1543-1549, jun. 2007.
- VILLA-ARANGO, S. *et al.*; Pressure Monitor in Endotracheal Cuff for Effective Intubation of Patients. **VII Latin American Congress on Biomedical Engineering (CLAIB) 2016**, Colombia, 26-28 oct.,

2016.

VOTTIER, G. *et al.* Continuous control of tracheal *cuff* pressure in paediatric intensive care unit a pilot study using a pneumatic device in small infants. **Pediatric Critical Care Medicine**, v. 15, issue 4, p. 93, may 2014. Suppl.

WANG, S. *et al.* A design and study of a novel electronic device for *cuff*-pressure monitoring. **Close affiliations Zhonghua wei Zhong Bing ji jiu yi xue**, v. 29, n. 6, p. 551-555, 1 jun. 2017.

YAMANAKA, C. S. Intubação orotraqueal: avaliação do conhecimento médico e das práticas clínicas adotadas em unidades de terapia intensiva. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 22, 2010.

ZHANG, Y. *et al.* The application of disposable transducer in measuring *cuff* pressure of patients undergoing mechanical ventilation. **International Journal of Nursing**, p. 2006-16, 2010.

## DESENVOLVIMENTO DE UMA ANTENA DE MICROFITA COM POLARIZAÇÃO CIRCULAR PARA FPV EM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

Data de aceite: 18/05/2020

Data de Submissão: 04/02/2020

### Alexandre de Moraes Araújo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais,  
Mossoró, RN  
<http://lattes.cnpq.br/2067789226106473>

### André Pedro Fernandes Neto

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais,  
<http://lattes.cnpq.br/6481909544754185>

### Gutemberg Soares da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Departamento de Engenharia de Comunicações  
Natal, RN  
<http://lattes.cnpq.br/1214925346969928>

### Fred Sizenando Rossiter Pinheiro Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Departamento de Engenharia de Comunicações  
Natal, RN  
<http://lattes.cnpq.br/4302663615185369>

**RESUMO:** A necessidade em determinados sistemas de comunicação sem fio por antenas de menor porte e melhor adaptabilidade em espaços reitados, tornam as antenas de microfita

potenciais substitutas das antenas tradicionais. O trabalho apresenta uma proposta de uma antena de microfita para obtenção de ondas circularmente polarizadas com aplicação em equipamentos de transmissão de vídeos de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). A metodologia utilizada contemplou estudos das antenas de polarização circular, projeto, simulação e construção das antenas utilizando diferentes substratos. Os resultados foram comparados com antenas dipolo comerciais utilizadas em um dispositivo de First Person View (FPV) e mostraram que as Antenas Patch Triangular possuem todas as características desejáveis para operação no sistema FPV, sendo possível embarcá-las para a obtenção de imagens e análise de desempenho do sistema com as mesmas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Antenas de microfita. Polarização circular, *Patch* triangular, Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS).

### INVOLVEMENT OF A CIRCULAR POLARIZATION MICROFINE ANTENNA FOR FPV IN UNMANNED AERIAL VEHICLES

**ABSTRACT:** Demand in certain wireless communication systems for smaller antennas

and better adaptability in confined spaces, make microstrip antennas potential substitutes for traditional antennas. This work presents a proposal of microstrip antenna to obtain circularly polarized waves with application in equipment of transmission of Videos of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). The methodology used included studies of circular polarization antennas, design, simulation and antenna construction using different substrates. The results were compared with commercial dipole antennas used in a First Person View (FPV) device and showed that the Triangular Patch Antennas have all desirable features for operation in the FPV system, being possible to board them for the obtaining of images and analysis of the performance of the system with them.

**KEYWORDS:** Microstrip Antenna, Circular Polarization, Triangular Patch, Unmanned Aerial Vehicles (UAV)

## 1 | INTRODUÇÃO

As pesquisas na área de antenas se intensificaram nos últimos anos devido ao crescimento massivo de dispositivos para comunicações sem fio. A necessidade em determinados sistemas por antenas de menor porte e de melhor adaptabilidade em espaços restritos tornam as antenas de microfita em potenciais substitutos das antenas tradicionais. Esse tipo de antena se destaca na utilização em VANT's graças à possibilidade de miniaturização, e flexibilidade no ajuste de características eletromagnéticas como frequência de ressonância, polarização e largura de banda (BALANIS, 2011).

A utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados surgiu como uma alternativa militar para acesso a zonas de risco, em substituição ao envio de tropas ou aeronaves humanamente tripuladas. Em um VANT podem haver vários equipamentos para comunicação com uma estação base, como o próprio rádio controle, o sistema de telemetria e o sistema de captura de vídeo em tempo real (CERBARO, 2016). Os VANT's são conhecidos atualmente pelas suas aplicações, as quais são fundamentadas na necessidade de retirar o homem, no papel do piloto, da presença de ambientes inóspitos. Marshall et al. (2015), definem três principais meios onde um VANT pode ser aplicado sem degradar a saúde humana, contemplando: ambientes perigosos, aqueles onde o risco de pilotar uma aeronave é grande podendo causar queda da mesma, ou que a vida do piloto corra perigo devido a riscos não operacionais; ambientes insalubres, onde o homem pode ser exposto a riscos químicos e/ou biológicos e; ambientes onde a atividade do piloto requer longas horas de voo, tornando-a fadigante.

FPV, sigla para *First Personal View*, é um equipamento bastante utilizado por praticantes de aeromodelismo e profissionais que utilizam *drones* como ferramenta

de marketing multimídia. Além disto, a captura de imagens aéreas realizada por VANT's, também é utilizada em áreas agrícolas e de manutenção de equipamentos com acesso limitado, como inspeção de linhas de transmissão.

Normalmente, as antenas que são alocadas em sistemas FPV são omnidirecionais, isto é, irradiam ondas eletromagnéticas em todas as direções ao seu redor, porém, não possuem um bom ganho, o que pode dificultar a comunicação em longas distâncias. Enquanto as antenas de microfita são mais diretivas, porém podem oferecer um ganho superior ao de uma antena comum (HAYAT e BUCK, 2013). Um importante parâmetro que será analisado no desenvolvimento desse trabalho é a polarização das ondas eletromagnéticas. A polarização de uma onda é definida pela trajetória que a extremidade do vetor campo elétrico descreve em um ponto fixo no espaço, além do sentido em que ela é traçada observando-se diante da direção de propagação (HAYAT e BUCK, 2013).

As estruturas planares desenvolvidas nesse trabalho têm como proposta inicial a aplicação no sistema de comunicação de um veículo aéreo não tripulado, no seu subsistema de transmissão de imagens. As etapas de projeto e simulação foram desenvolvidas através dos métodos matemáticos de análise numérica apresentados no referencial teórico e com o auxílio de softwares como Fortran, MATLAB e Ansys HFSS. Através da simulação foi possível averiguar a eficiência do projeto e ter um bom entendimento do funcionamento do dispositivo, já que o Ansys HFSS utiliza o método dos elementos finitos, um método de onda completa, para obtenção dos resultados, enquanto que o projeto foi realizado utilizando o método da cavidade. Por fim, com as etapas de construção e medição foi possível obter uma verificação referencial para o método de projeto utilizado e dessa forma chegar às conclusões sobre as aplicações das antenas desenvolvidas.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O uso de uma estrutura planar como elemento radiador de ondas eletromagnéticas torna-se um atrativo quando o local onde a antena será instalada tem limitação de espaço e de massa embarcada, como é o caso de aplicações em satélite, vants e dispositivos móveis. Além disso, as antenas do tipo microfita possuem maior flexibilidade para ajustes nos parâmetros eletromagnéticos como frequência de ressonância, polarização, diagrama de radiação, casamento de impedância e largura de banda (BALANIS, 2011). Uma antena de microfita consiste em uma estrutura planar composta por duas camadas metálicas minimamente espessas separadas por uma camada dielétrica, chamada de substrato. A fita metálica acima do substrato é chamada de Patch, é através desta que as ondas se desprendem da antena e irradiam no espaço livre. O Patch também possui relação direta com a distribuição



de corrente e dos campos eletromagnéticos no substrato. Já o metal posto abaixo do substrato é denominado plano de terra e funciona como um aterramento para a antena, além de funcionar como um refletor, suprimindo, assim, a criação de lóbulos laterais e secundários (BALANIS, 2011).

## 2.1 Parâmetros das antenas de microfita

Entre os principais parâmetros que determinam o comportamento eletromagnético de uma antena destacam-se o diagrama de radiação, ganho, perda de retorno, largura de banda, Carta de Smith e polarização. O diagrama de radiação de uma antena é definido por Balanis (2011) como uma função matemática ou representação gráfica das propriedades de radiação de uma antena em função de coordenadas espaciais  $\phi$  (ângulo de elevação) e  $\theta$  (ângulo de azimute). A determinação do padrão de radiação de uma antena é feita a partir da força medida em campos distantes em relação à antena (POZAR, 2009).

A leitura do diagrama de radiação permite a obtenção de parâmetros importantes para caracterizar a aplicabilidade de uma antena. Por meio dele é possível conhecer a diretividade, analisando o lóbulo principal e a formação de lóbulos laterais e traseiros. A diretividade é uma medida da concentração da energia radiada pela antena numa determinada direção, sendo por definição, dada pela relação entre a intensidade de radiação numa determinada direção e a intensidade de radiação média, representando a habilidade de uma antena em concentrar a potência radiada em uma direção. A associação da diretividade com a eficiência de uma antena fornece um terceiro parâmetro de fundamental importância para aplicação em enlaces de comunicação sem fio que é o ganho. Balanis (2011) afirma que o ganho de uma antena é a relação entre a intensidade irradiada em uma direção e a intensidade obtida se toda a potência de entrada ( $P_{in}$ ) fosse irradiada por uma fonte isotrópica.

A carta de Smith é uma ferramenta gráfica de auxílio à resolução de problemas em linhas de transmissão desenvolvida por P. Smith nos laboratórios da Bell Telephone. Entre outros métodos de análise de impedância e coeficientes de reflexão, ela é a mais conhecida e utilizada. O uso da carta de Smith é de suma importância para o projeto de antenas de microfita, pois com a análise dos parâmetros fornecidos por ela, torna-se possível a otimização do casamento de impedância entre a carga e a linha de transmissão (POZAR, 2009). De acordo com Bird (2009), a perda de retorno é uma medida da eficiência na entrega de potência de uma linha de transmissão a uma carga, como uma antena. Se uma potência ( $P_{in}$ ) é entregue pela linha, e parte dessa potência é refletida ( $P_{ref}$ ), então o grau de descasamento de impedância entre a linha e a carga é dado pela relação de potências.

A polarização de uma antena é definida pela polarização das ondas radiadas por ela, sendo usualmente considerada na direção de máximo ganho quando nenhuma direção é especificada. sendo definida para uma onda, pela trajetória que a extremidade do vetor campo elétrico descreve em um ponto fixo no espaço, além do sentido em que ela é traçada observando-se diante da direção de propagação (HAYT e BUCK, 2013). Ondas eletromagnéticas podem ter polarização linear, circular ou elíptica, sendo as duas primeiras, casos particulares da polarização elíptica (SHAKEEB, 2011).

## 2.2 Métodos de Alimentação e Análise Numérica

Os métodos mais populares para excitação eletromagnética de antenas de microfita são por linha de microfita, sonda coaxial e acoplamento eletromagnético, sendo este último classificado em acoplamento por abertura ou por proximidade (BALANIS, 2005). O tipo de alimentação que a antena receberá depende do projeto da antena, pois, cada um dos métodos citados anteriormente apresentam características diferentes, logo a aplicabilidade de cada um deles também varia. A linha de microfita é o método mais simples de alimentação do ponto de vista construtivo da antena. A mesma é posicionada no mesmo plano do *patch*, logo acima do substrato, o que facilita a fabricação da antena. Na alimentação via sonda coaxial todas as camadas da antena são perfuradas pelo elemento ativo do conector, que chega à camada superior fazendo contato elétrico com o *patch*. Enquanto o plano de terra da antena funciona como aterramento para a parte externa do conector coaxial (BALANIS, 2005).

Assim como as técnicas de alimentação por meios de linhas de transmissão, seja ela microfita ou coaxial, que apresentam pequena largura de banda, o acoplamento eletromagnético por meio de abertura não resolve este problema. Contudo, diminui a propagação de ondas de superfície e radiação espúria (OLIVEIRA, 2017). Esta técnica consiste na sobreposição de diferentes substratos com uma camada de plano de terra entre eles. Essa composição faz dessa alimentação a mais difícil de construir. O acoplamento eletromagnético entre a linha de alimentação no substrato inferior e o *patch* no substrato superior é feito através de uma abertura existente no plano de terra intermediário. O método de acoplamento por proximidade difere do anterior pela inexistência do plano de terra intermediário. Neste, uma linha de microfita sobreposta ao substrato inferior emite ondas eletromagnéticas para todo o substrato que está acima até ocorrer o acoplamento com o *patch*.

A modelagem eletromagnética realizada no projeto de antenas de microfita busca entender e solucionar problemas da interação entre os campos eletromagnéticos entre objetos e o meio no qual o mesmo está inserido, com a

determinação de parâmetros estruturais, como o tipo de substrato, geometria do patch e dimensões da antena. Existem diversos métodos para se alcançar tais resultados. Os mesmos são divididos em duas grandes categorias, as quais levam em consideração o comportamento dos campos eletromagnéticos na antena e suas interações com o meio (BALANIS, 2005).

A primeira categoria é a dos métodos aproximados. Seu equacionamento é baseado nos efeitos da distribuição de corrente magnética ao redor do elemento radiador da antena. A acurácia desses métodos decai em virtude do aumento da frequência em análise, principalmente a partir da faixa de ondas milimétricas (mmW , correspondente a frequências entre 30 e 300 GHz). Por se tratar de um modelo aproximado algumas simplificações são realizadas como desconsiderar da existência das ondas de superfície, que tornam-se relevantes em frequências altas (FILHO, 2010).

No entanto, usar estes modelos fornece ao projetista uma visão inicial do comportamento da antena projetada. Dentre esses métodos, dois serão destacados no decorrer dessa seção. O método da linha de transmissão, um dos mais simples, tem seu funcionamento otimizado para antenas patch retangular, não sendo indicado para as demais geometrias. O mesmo permite a determinação de vários parâmetros da antena, como frequência de ressonância, diagrama de radiação e impedância de entrada. Há, ainda, o método da cavidade, que funciona para qualquer geometria de antena, porém otimiza o projeto para patches retangulares (FILHO, 2010).

A segunda categoria é a dos métodos de onda completa. Os mesmos fazem uso de cálculos mais complexos, buscando melhorar a precisão do projeto, especialmente em altas frequências. A contrapartida vem na demanda pelo desempenho computacional para realização desses cálculos. Dentro dessa categoria destacam-se o método dos momentos, o métodos do elementos finitos e o método das diferenças finitas no domínio do tempo (FDTD) (OLIVEIRA, 2017). Dentre estes, destaca-se o uso do método dos elementos finitos pelo software de simulação utilizado no desenvolvimento dessa dissertação, o Ansys HFSS.

### **2.3 VANTs e o enlace de comunicação**

A Agência Nacional de Aviação Civil classifica os VANT's em três categorias de acordo com sua massa no instante da decolagem. Classe 1 caracteriza aeronaves acima de 150 Kg de carga útil. Para serem operadas, as aeronaves dessa classe devem ser registradas junto à ANAC e os pilotos devem possuir licença e habilitação, além de um certificado médico. A classe 2 enquadra aeronaves entre 25 Kg e 150 Kg. Esse tipo de aeronave não precisa de licenciamento, porém os fabricantes devem produzir de acordo com os requisitos exigidos. A classe 3 pertencem os

demais veículos que não se enquadram nas categorias anteriores (ANAC, 2017). O quadrotor ilustrado na Figura 1 integra a Classe 3, sendo o mesmo é utilizado para fins de pesquisa e desenvolvimento de aplicações em telecomunicações. O quadrotor enquadra-se na categoria de aeronaves mais pesadas que o ar movida a hélices com sustentação por meio de empuxo vertical.

Os mesmos são estruturados em forma de X onde em cada ponta há um motor e uma hélice e no centro localiza-se a controladora de vôo, sensores, baterias e os rádios para comunicação com a estação de controle (MELO, 2010).



Figura 1 – Quadrotor DJI F450

Fonte: Autoria Própria

A maioria dos sistemas não tripulados para fins civis são compostos por alguns elementos básicos. Estes elementos são um controlador de vôo, uma estação de controle ou GCS (Ground Control Station), o enlace de comunicação e o veículo aéreo não tripulado e sua carga útil. Hoje, o principal sistema de comunicação em operação entre os VANT's e suas respectivas estações base é via radio. No geral, a transmissão de dados tem o intuito de levar a informação desejada de uma fonte de informação até um destinatário. Para que isso ocorra a fonte deve ser conectada a um transmissor que terá como principal função adequar o sinal para ser transmitido no meio de comunicação. Quando a mensagem chega ao destinatário ela passa inicialmente por um receptor que irá tratá-la para o correto recebimento. A cada equipamento, transmissor e receptor, é acoplado uma antena que irá realizar o envio e a detecção do sinal de radiofrequência (COSTA, 2015).

Quando uma informação é enviada do VANT para a estação esta usa um downlink, que pode conter informações de telemetria, ou imagens capturadas em tempo real, por exemplo. Quando um piloto envia um comando de vôo ou solicita a captura de determinada imagem, essa é enviada em uplink (MARSHALL *et al.*, 2015). A operação remota do drone por parte da estação base pode ocorrer de duas

formas. Existe a comunicação além da linha de visada (BLOS, Beyond Line-of-Sight). Nesse tipo de comunicação, a distância entre o VANT e sua base ultrapassa o alcance máximo suportado pelo sistema. Para não perder o controle do equipamento, embora pouco utilizado no meio civil, pode ser utilizada a comunicação via satélites ou através de um VANT auxiliar que interligaria a base ao VANT principal.

A outra forma é por linha de visada (LOS, Line-of-Sight). Nesse tipo de comunicação, o transmissor e o receptor tem contato direto via rádio sem sofrer diretamente de fenômenos como reflexão ou refração (RAPPAPORT, 2009). Para operação em linha de visada algumas faixas de frequência estão disponíveis para uso sem necessidade de licenciamento junto a ANATEL. Essas faixas são reconhecidas internacionalmente como de uso específico pela indústria, ciência e medicina (ANATEL, 2017). Dessa forma, os drones de aplicação civil são disponibilizados utilizando rádio na faixa de frequência ISM que vai de 2400 MHz a 2483,5 MHz para o controle da aeronave. Na comunicação em linha de visada pode-se prever o alcance do VANT em relação a sua base utilizando o modelo de propagação no espaço livre. Assim como outros modelos de propagação, esse modelo prevê que a potência recebida diminui em função da separação entre os dois rádios elevada (RAPPAPORT, 2009).

### 3 I MÉTODO, MODELAMENTO E MEDIÇÕES

Este trabalho contemplou uma ampla revisão da literatura acerca de antenas de microfita, com foco nas antenas de polarização circular. Com o conhecimento consolidado a respeito do tema, foi realizada uma pesquisa sobre os tipos de VANT's e seus sistemas de comunicação, dessa forma pode-se especificar o sistema no qual as antenas desenvolvidas serão instaladas, bem como suas características eletromagnéticas. As etapas de projeto e simulação foram desenvolvidas através dos métodos matemáticos acima explicitados no item 2.1, com o auxílio de *softwares* como *Fortran*, *MATLAB* e *Ansys HFSS*, seguindo os procedimentos apresentados no fluxograma da Figura 2.

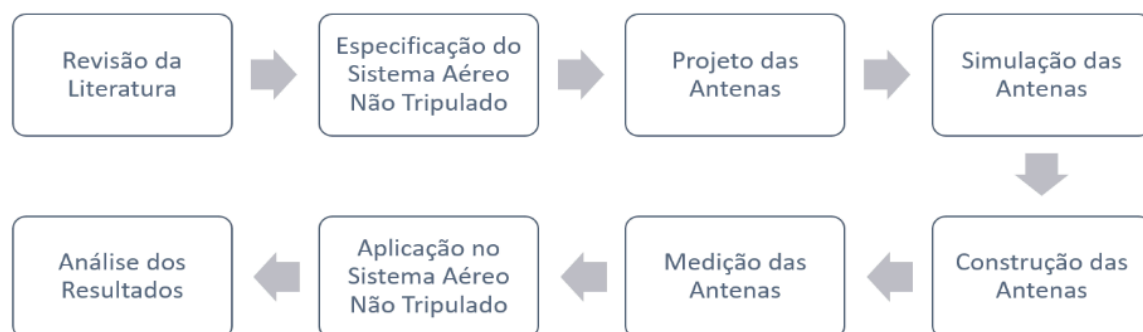


Figura 2– Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa

Fonte: Autoria Própria

Através da simulação é possível averiguar a eficiência do projeto e ter um bom entendimento do funcionamento do dispositivo, já que o *Ansys HFSS* utiliza o método dos elementos finitos, um método de onda completa, para obtenção dos resultados, enquanto que o projeto foi realizado utilizando o método da cavidade. Por fim, com as etapas de construção e medição é possível averiguar o método de projeto utilizado e dessa forma chegar às conclusões sobre o trabalho desenvolvido.

### 3.1 Especificações do Sistema Aéreo Não Tripulado

As antenas propostas nesse trabalho foram projetadas para funcionar na faixa de frequência do sistema de transmissão de imagem de um VANT. Para tanto, o trabalho teve início com a escolha do aeromodelo no qual a antena seria aplicada. O modelo utilizado é um DJI Flame Wheel F450. Trata-se de um chassi para quadróptero montado com uma placa microcontroladora APM 2.6 (ArduPilot Mega), Figura 30a, utilizando um rádio Fly-Sky iA6 de 6 canais para controle de vôo, Figura 30b e um kit de captura de imagens FPV (First Person View) BOSCAM que opera na faixa ISM de 5.8 GHz. Esse sistema é alimentado por uma bateria Li-Po Zippy 5000 mAh, e durante os testes realizados a autonomia de vôo era em torno de 10 minutos.

O sistema de propulsão do VANT é composto por 4 motores brushless de 1000 kv, onde cada um deles é controlado por um ESC (controladores eletrônicos de velocidade), que recebe os comandos da APM para alterar as rotações de cada motor a fim de executar os movimentos na aeronave. O sistema de transmissão de vídeo é composto por um transmissor TS832 e um receptor RC832 com portadoras na faixa ISM de 5.8 GHz. Na estação de controle um monitor TFT LCD foi instalado para acompanhamento das imagens capturadas em tempo real. O transmissor e a câmera acoplados ao VANT são energizados através da bateria embarcada e para a estação de controle foi adaptada uma bateria Li-Po de 2350 mAh. O sistema utilizado não tem a função de armazenamento das imagens transmitidas, por isso é utilizado um gravador de vídeo digital (DVR) para realizar essa função.

Os equipamentos de transmissão são acompanhados de dois modelos diferentes de antena. A primeira e mais simples é um dipolo hertziano para frequência de 5.8 GHz com polarização linear. O outro modelo é uma antena helicoidal de polarização circular. Os dois modelos foram medidos e tomados como referência para o resultado das antenas desenvolvidas nesse projeto.

Para a transmissão, o FPV utiliza um transmissor de 600 mW que aloca canais na faixa UWB correspondente as frequências de 5645 MHz a 5945 MHz tendo cada canal uma largura de banda de 20 MHz, resultando em um total de 48 canais disponíveis para a transmissão, e um receptor com sensibilidade de -90 dBm.

O transmissor utiliza uma portadora modulada em frequência (FM) e dentro dos canais de 20 MHz aloca 8 MHz para a transmissão de vídeo e 6 MHz para transmitir áudio, quando houver microfone acoplado ao sistema. O restante da banda é reservado para separar os canais diminuindo a interferência entre as portadoras de canais adjacentes.

### 3.2 Projeto das Antenas

A antena de microfita foi projetada com de polarização, tendo uma frequência central de 5.8 GHz e a utilização do substrato FR4-Epóxi RT/Duroid 5870. As características do material utilizado estão descritas na Tabela 1.

<b>Material</b>	<b>FR4- Epóxi</b>	<b>RT/Duroid 5870</b>
<b>Permissividade Relativa</b>	<b>4.4</b>	<b>2.3</b>
<b>Altura do Substrato</b>	<b>1.54 mm</b>	<b>1.54 mm</b>
<b>Frequência de Projeto</b>	<b>5.8 Ghz</b>	<b>5.8 Ghz</b>

Tabela 1 – Parâmetros para o Projeto das Antenas de Microfita

Fonte: Autoria Própria

O *patch* triangular mostrado na Figura 3, foi projetado de acordo com o método da cavidade aprimorado para geometria triangular por Garg e Long (1988). A alimentação do *patch* é um ponto fundamental para a obtenção de polarização circular. O método desenvolvido por Suzuki, Miyano e Chiba (1987) foi utilizado para definição do local de excitação *patch* e de relativa importância para o entendimento das configurações de polarização circular que a antena pode assumir.

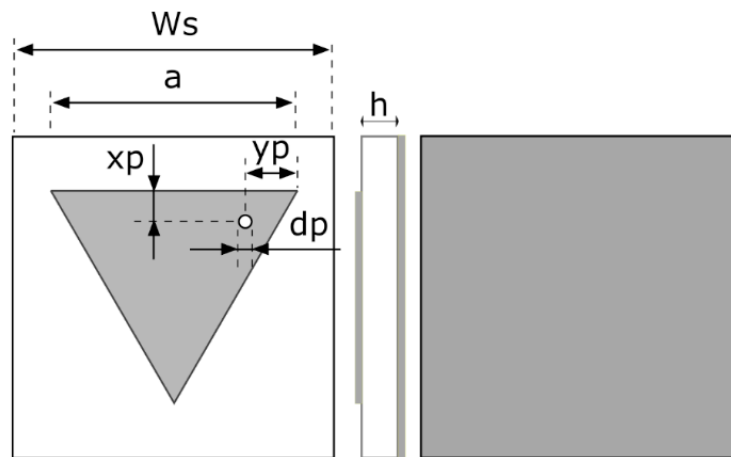


Figura 3 – Antena *patch* triangular projetada

Fonte: Autoria Própria

A construção foi realizada com substrato de fibra de vidro com cobre nas duas faces. O processo de construção das antenas de microfita pode ocorrer por diferentes métodos. Neste trabalho foi utilizada a deposição da tinta sobre o contorno do patch utilizando uma impressora ultravioleta UV Mimaki UJF-3042FX.

Após a impressão, as placas de FR4 foram imersas em uma solução de perclorato de ferro. Essa solução reage com o cobre que não está protegido pela tinta, eliminando-o do substrato. O resultado é um placa contendo apenas o contorno do patch. Após a etapa de corrosão, as antenas passam por um tratamento mecânico para delimitação das suas dimensões. Esse processo foi realizado utilizando lixas de alta rugosidade para desbastar o excesso de placa e uma lima para dar o acabamento. O furo é a etapa da construção da antena que mais requer precisão durante a execução. Pois, caso a posição esteja minimamente errada, já ocorre o descasamento da impedância. Como um dos preceitos da utilização das antenas de microfita é o baixo custo. A construção do protótipo foi feita manualmente, foi utilizado para perfuração do substrato de fibra de vidro uma microretífica Dremel.

### 3.3 Medição das Antenas e Procedimento de Aplicação no VANT

Para medições das antenas foram utilizadas as instalações do Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado da Universidade Federal de Campina Grande. Foi utilizado para realização das medições um analisador de redes vetoriais (VNA, do inglês vector network analyzer) da Rohde & Schwarz, modelo ZVB20, ilustrado na Figura 4. O mesmo possui um range de 500 MHz a 20 GHz. Nele, foi possível obter parâmetros como coeficientes de reflexão e carta de Smith.



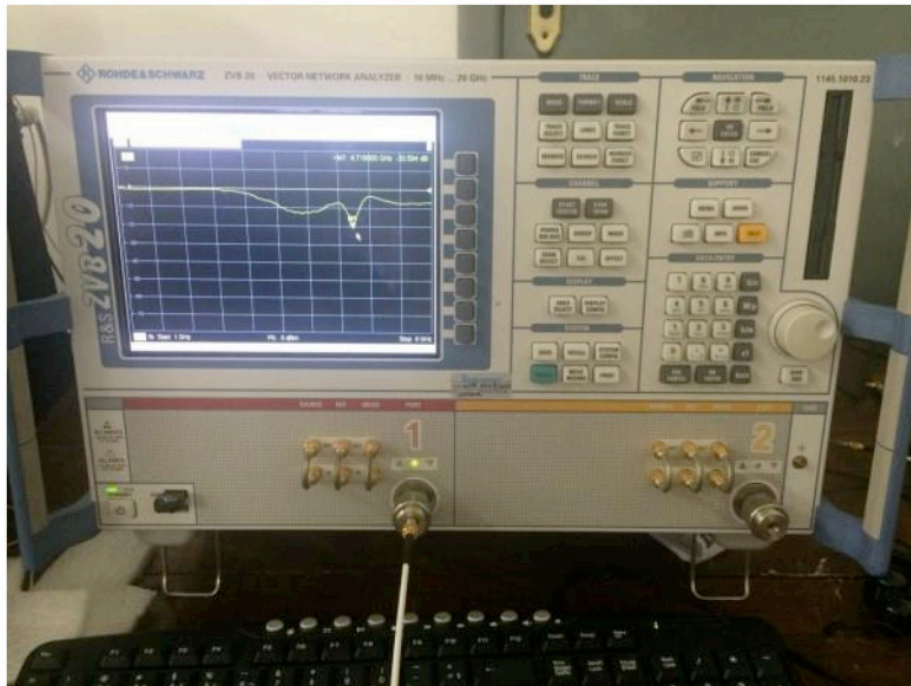


Figura 4 – Analisador de redes *Rohde & Schwarz ZVB20*

Fonte: Autoria Própria

A antena construída foi implementada no sistema de transmissão de vídeo para realização de testes para obtenção de um alcance aproximado de transmissão. A estação de controle em solo do VANT utilizado é alimentada por uma bateria de 12 volts de íons de lítio com capacidade de 2350 mAh, que fornece energia para o funcionamento do rádio receptor de imagens, do monitor, onde as imagens capturadas pelo VANT, são transmitidas em tempo real e do DVR, que realiza a gravação das imagens transmitidas.

O DVR é um equipamento que funciona com tensão na faixa de cinco a sete volts, por isso foi utilizado um circuito regulador de tensão para realizar a conversão da tensão que sai da bateria de 12 volts para o nível adequado de funcionamento do DVR. Além disso, como a câmera embarcada não possui microfone embutido, as portas do DVR utilizadas para captura de áudio não são utilizadas. Para a aplicação experimental da antena no FPV, foi realizado um teste de alcance no qual o VANT foi fixado em uma posição, enquanto a estação percorreu a distância necessária para a perda de comunicação entre o transmissor e o receptor. Esse processo se repetiu para todas as antenas. É importante apontar que os resultados obtidos no teste experimental sofreram com a influência de ondas eletromagnéticas provenientes de outras fontes que também podem operar na faixa ISM de 5.8 GHz, como os roteadores de redes sem fio dual band.

## 4 | RESULTADO E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados computacionais que deram suporte para a construção e medição da antena proposta e será feita uma comparação com as antenas helicoidais e dipolo que acompanham o kit FPV. Primeiramente, serão apresentadas as simulações feitas no software Ansys HFSS® da antena patch triangular. Posteriormente, será feita uma comparação dos gráficos da perda de retorno simulada e medida da antena de microfita, e sua comparação com a antena helicoidal. O gráfico da perda de retorno ilustrado na Figura 5, mostra que a antena de microfita responde na faixa de frequência desejada para operação do FPV. A antena apresenta uma perda de retorno de -20,22 dB na frequência de 5,8 GHz. E sua largura de banda compreende a faixa de 5,56 GHz a 6,11 GHz, abrangendo, assim, os canais do transceptor FPV.

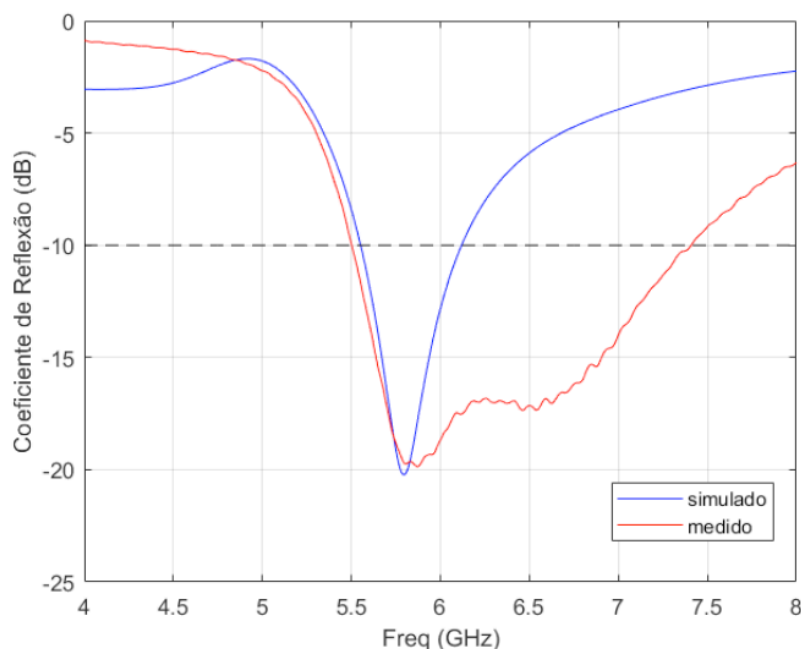


Figura 5- Coeficientes de reflexão simulados da antena proposta

Fonte: Autoria Própria

As Figuras 6 e 7, ilustram a simulação dos diagramas de radiação 2D e 3D, respectivamente, da antena de microfita com patch triangular. Nota-se a característica de radiação broadside, típica desse tipo de antena. No diagrama 3D percebe-se ainda que na direção de máxima radiação a antena apresenta o valor de ganho próximo a 4,6 dBi.

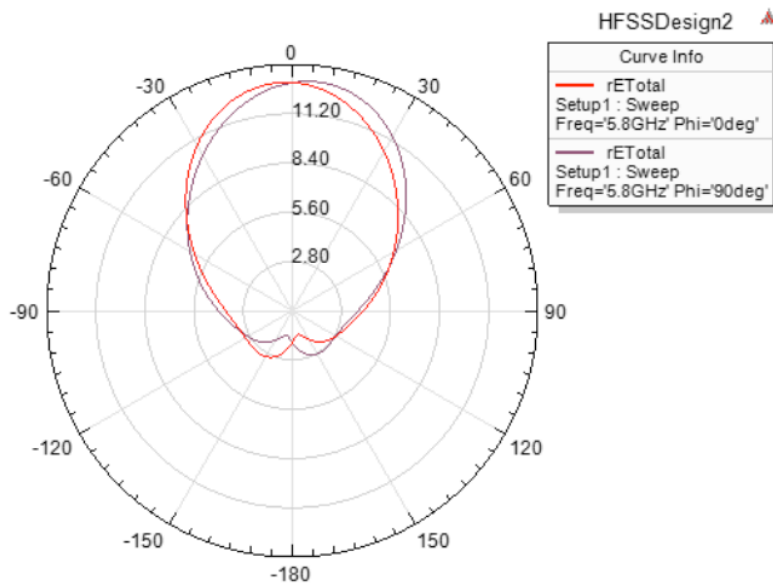


Figura 6. Digrama de Radiação 2D simulado da Antena de Microfita

Fonte: Autoria Própria

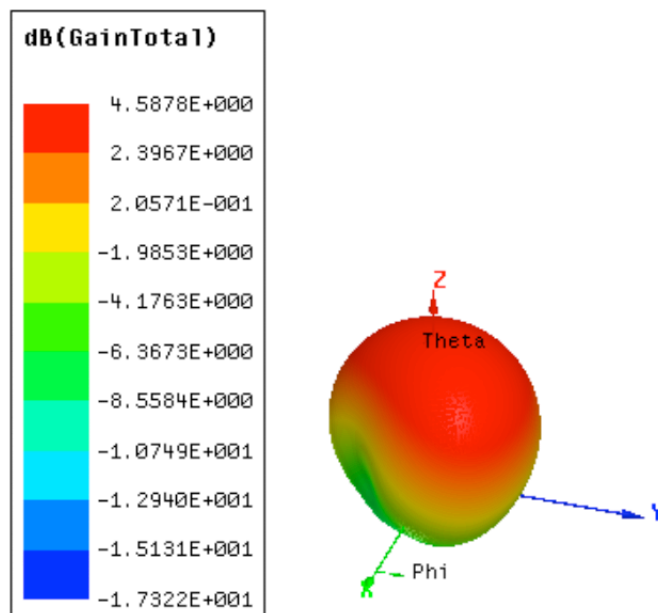


Figura 7-Diagrama de Radiação 3D simulado da Antena de Microfita

Fonte: Autoria Própria

A Figura 8 mostra a razão axial da antena simulada com patch triangular utilizando o substrato FR4. Observa-se que, de acordo com a literatura referenciada, a antena atende às condições de polarização circular na faixa correspondente às frequências de 5,28 GHz a 6,65 GHz, onde os valores desse parâmetro são inferiores à referência de 6 dB, com valor ótimo de 0,84 dB em 5,68 GHz. Os resultados simulados comprovam a eficiência do método utilizado para geração de polarização circular com antenas do tipo microfita com patch triangular. Assim, a antena de FR4 foi construída e medida.

A Figura 9 apresenta uma comparação das perdas de retorno simulada e

medida da antena patch triangular. Percebe-se que a medição a antena apresentou perda de retorno abaixo de -10 dB, na faixa compreendida entre 5,51 GHz e 7,4 GHz. Estes valores representam uma largura de banda fracionária de 29,28%, o que, de acordo com a literatura, define a antena como sendo de banda ultra larga (UWB) (GHAVAMI, *et al.*, 2014). Por outro lado o resultado simulado apresenta uma faixa de ressonância entre 5,56 GHz e 6,11 GHz, representando 9,43% de largura de banda fracionária.

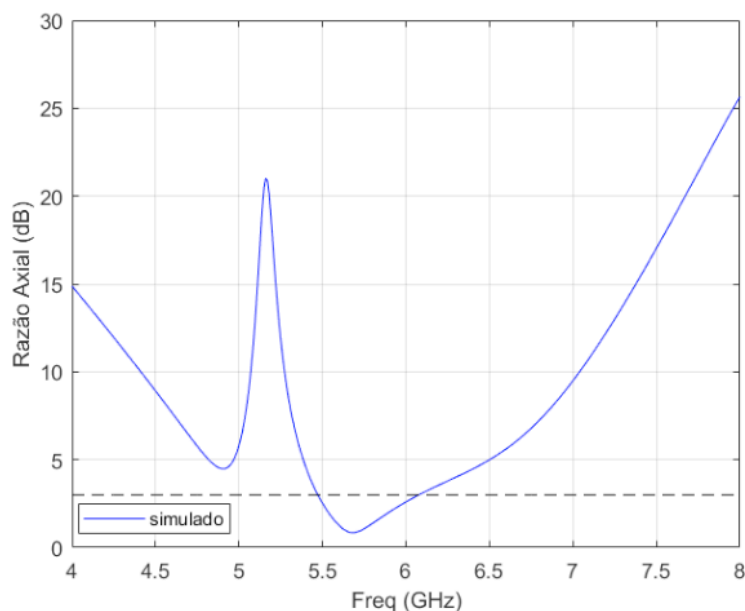


Figura 8- Razão axial da Antena de Microfita

Fonte: Autoria Própria

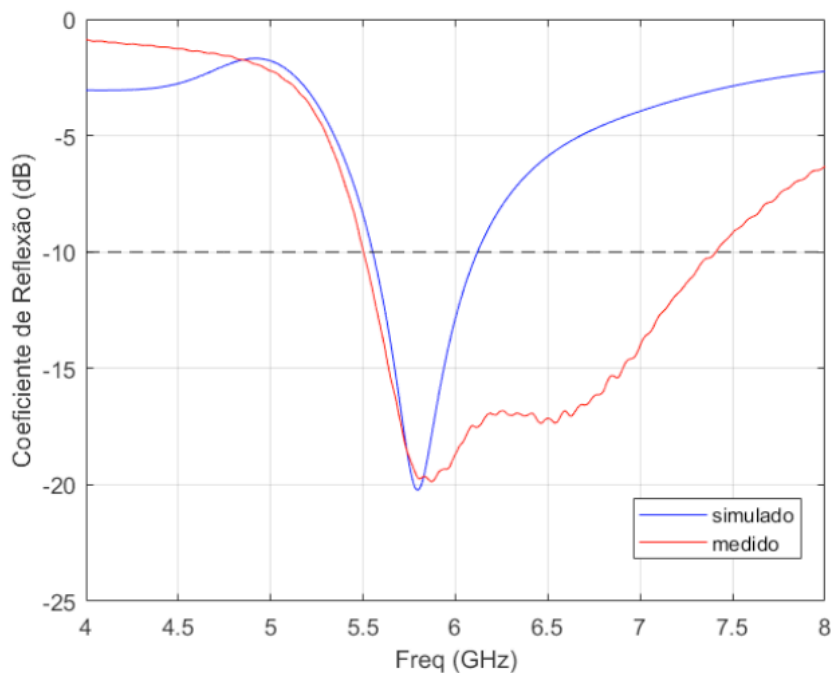


Figura 9- Coeficiente de reflexão medido e simulado da Antena de Microfita

Fonte: Autoria Própria

Deve ser observado que o resultado da medição foi mais satisfatório do que o obtido por meio das simulações computacionais. Para a aplicação no FPV essa largura de banda é suficiente, já que atende a todos os canais de comunicação utilizados pelo transmissor. A Figura 10 mostra uma comparação entre a antena de microfita e antena helicoidal. Do gráfico da perda de retorno das antenas pode-se concluir que ambas podem operar na faixa de frequência do FPV, porém a antena helicoidal oferece menor eficiência, visto que apresenta uma alta perda de retorno em 5,8 GHz, tendo seu melhor desempenho em 6,44 GHz.

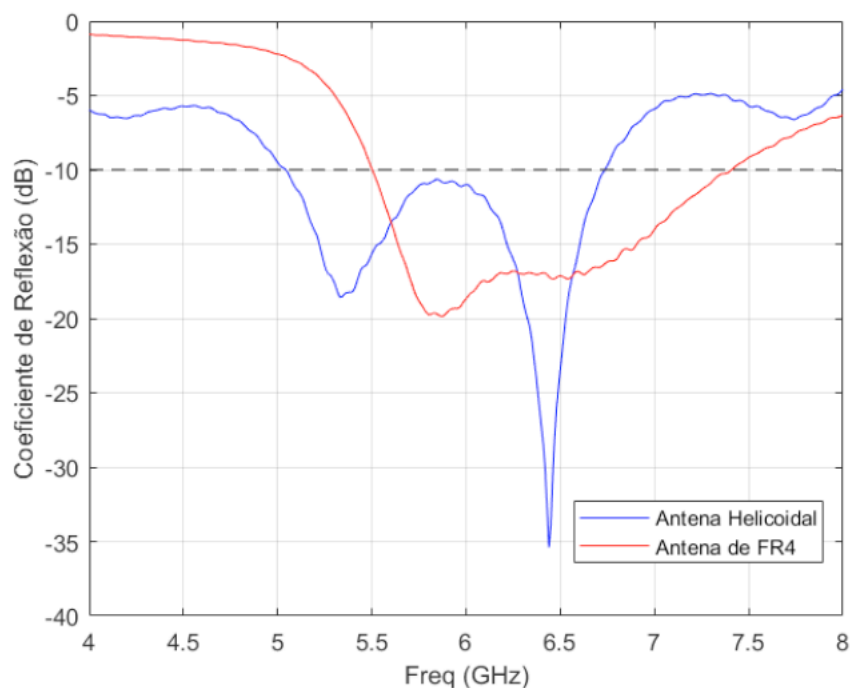


Figura 10- Coeficientes de reflexão das antenas de microfita e helicoidal

Fonte: Autoria Própria

Enquanto a antena de microfita foi projetada para funcionar na faixa do FPV, e sua largura de banda comporta todos os canais com qualidade. A Tabela 2 resume todas as informações apresentadas nos gráficos, como perdas de retorno, frequência de ressonância e largura de banda medida e simulada das antenas avaliadas no trabalho.

Antena	Frequência de Ressonância	Coefficiente de Reflexão (dB)	Fractional Bandwidth (%)
Microfita (Simulado)	5,8	-20,22	9,43
Microfita (Medido)	5,87	19,87	29,28
Antena Helicoidal	6,44	-35,40	28,52

Tabela 2 – Comparação dos resultados obtidos

Fonte: Autoria Própria

Após a análise dos resultados, a antena desenvolvida foi instalada no receptor de vídeo da estação de controle do VANT para realização de testes de alcance de transmissão. Para prover a conexão entre a antena e o receptor foi utilizado um cabo *pigtail* SMA macho para RP-SMA macho. Com a antena construída e seus parâmetros medidos, foi possível realizar um teste de transmissão e alcance do FPV. Para realização desse experimento o transmissor de vídeo foi fixado no ponto A, ilustrado na Figura 11, enquanto o receptor se distanciava. Ao rádio transmissor não foi acoplada nenhuma antena, de tal forma que pode-se considerar o ganho no transmissor igual a zero, limitando o alcance do sistema.



Figura 11 – Região de Teste da Antena no Sistema de Transmissão de Vídeo

Fonte: Autoria Própria

Os resultados desse teste apontaram um alcance da antena helicoidal e de microfita de aproximadamente 300 metros, marcado no ponto B da Figura 12. A antena dipolo conseguiu fazer a recepção das imagens com aproximadamente 200

metros de distância do transmissor. A Figura 11 mostra uma imagem capturada pelo receptor utilizando a antena de microfita com 300 metros de separação entre os rádios.



Figura 12– Imagem capturada com a antena de microfita

Fonte: Autoria Própria

## 5 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposta uma antena de microfita com patch triangular para ser aplicada a FPV embarcado em um VANT. O estudo do referencial de antenas de polarização circular culminou com o projeto e desenvolvimento do protótipo de uma antena *patch* triangular alimentada por sonda coaxial. A aplicação de diferentes materiais para o substrato da antena foi realizada a fim de otimizar a relação entre a carga que seria embarcada no sistema aéreo não Tripulado. Verificou-se através de simulação que esse tipo de antena funciona adequadamente na frequência da aplicação e que ocorre a geração de polarização circular em toda a faixa de operação do equipamento. Por fim, a análise dos resultados obtidos com as medições realizadas em um protótipo da antena proposta, aponta que a antena funciona de acordo com o planejado, e ainda apresenta um desempenho superior a antena helicoidal utilizada como referência. Apesar dos bons resultados computacionais obtidos com o *Ansys HFSS*, os experimentos realizados o protótipo construído em RT/Duroid 5870 não apresentou resultados satisfatórios. Como melhorias em trabalhos futuros ensejamos o desenvolvimento de um método de construção de antenas de microfita com sonda coaxial e máquinas de precisão a fim de minimizar os erros do processo de confecção manual e aplicação de métodos de processamento digital

para análise das imagens capturadas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. *RBAC-E 94 : Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil*. São Paulo, 2017. 6 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. *Resolução 680 : Regulamento sobre equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita*. Brasília, 2017.

BALANIS, C. A. *Antenna Theory: Analysis and Design*. 3 ed. New Jersey (USA): John Wiley & Sons, Inc., 2005.

BALANIS, C. A. *Modern antenna handbook*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.

BIRD, T. S. *Definition and misuse of return loss* [report of the transactions editor-in-chief]. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, IEEE, v. 51, n. 2, p. 166–167, 2009.

CERBARO, V.A., *Crop Drone: Uma Solução para Coleta, Armazenamento e Disponibilização de Dados Agrícolas*. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Computação Aplicada, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

COSTA, A. G. d. *Sistema de rádio comunicações para UAV*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Aveiro, 2015.

FILHO, R. C. *Desenvolvimento de substrato cerâmico BiNbO4 para antenas de microfita de sistemas de comunicações sem fio*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

GARG, R.; LONG, S. A. *An improved formula for the resonant frequencies of the triangular microstrip patch antenna*. *IEEE transactions on antennas and propagation*, IEEE, v. 36, n. 4, p. 570, 1988.

GHAVAMI M., L. B. MICHAEL, R. KOHNO, *Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering*. John Wiley & Sons, West Sussex: England. 2004.

HAYAT, W. H.; BUCK, J. A. *Eletromagnetismo*. [S.l.]: Bookman Editora, 2013.

KUMAR, Girish; RAY, K. P. *Broadband microstrip antennas*. Artech House, 2003.

MARSHALL, D. M.; BARNHART, R. K.; SHAPPEE, E.; MOST, M. T. *Introduction to unmanned aircraft systems*. [S.l.]: Crc Press, 2015.

MELO, A. S. d. *Implementação de um Quadrotor como Plataforma de Desenvolvimento para Algoritmos de Controle*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.

OLIVEIRA, A. H. S. d. *Desenvolvimento de antena CPW em substrato têxtil em estrutura de malha para utilização em sistemas de indentificação por rádio frequência*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2017.

POZAR, D. M. *Microwave engineering*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009.

RAPPAPORT, T. S. *Comunicações sem fio: princípios e práticas*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2009.



SHAKEEB, M. ***Circularly Polarized Microstrip Antenna***. Tese (Doutorado) — Concordia University, 2011.

SUZUKI, Y.; MIYANO, N.; CHIBA, T. **Circularly polarised radiation from singly fed equilateral-triangular microstrip antenna**. In: IET. *IEE Proceedings H (Microwaves, Antennas and Propagation)*. [S.l.], 1987. v. 134, n. 2, p. 194–198.

## METODOLOGIAS DE STARTUPS AUXILIANDO NOS NOVOS MODELOS DE GESTÃO

Data de aceite: 18/05/2020

**Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho**

–annacbdc@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de Itaquera – Prof.

Miguel Reale

Curso de Tecnologia em Mecânica – Processo de Soldagem.

### INTRODUÇÃO

As mudanças na sociedade e no mercado de trabalho chegam também na educação. Estamos vivendo a quarta revolução industrial. Nela a busca por resultados mais eficientes e produtos mais customizados, a necessidade de utilizar a precisão e a rapidez em responder ao mercado leva as empresas a automatizarem seus processos e buscarem uma interatividade com diversas áreas de controle (CNI, 2016).

Na vida cotidiana isso também é uma realidade, pois já é possível comprar quase tudo pela internet através dos aplicativos e sites que estão a toda hora em nossa realidade. Para tirar dúvidas ou encontrar pessoas são utilizados sites de busca para encontrar aquilo o que é necessário.

A comunicação entre pessoas saiu

dos canais tradicionais (telefone) e passou a ser utilizado por transmissão de vídeo, dados através do *whatsapp* e o *facebook*. São mudanças nos hábitos da população para facilitar a vida e as relações.

Na educação essa influencia é necessário e inevitável. O uso de ferramentas que auxiliam os indivíduos a buscar novos conhecimentos e desenvolvimento de habilidades também mudou. Hoje são utilizadas formas de interação em sala de aula mais dinâmicas e que auxiliam os alunos a entenderem os conhecimentos pela ação.

São utilizados filmes, dinâmicas de grupos, projetos, pesquisas, simulações e trabalhos em grupo. Essas novas metodologias são uma mudança de paradigma para educação tradicional, onde o professor passava os conhecimentos e os alunos copiavam e estudavam para fazer prova.

As metodologias ativas mudam a posição do professor para um mediador e a dos alunos como agentes ativos no processo de construção do conhecimento (Siqueira, 2015)

As metodologias ativas facilitam a relação com o conhecimento porque colocam o aluno na posição ativa na busca do que é necessário para sua formação. Elas podem ser utilizadas

em varias situações e em qualquer área da educação. Elas podem ser entendidas como aprendizagem significativa, pois elas iniciam um processo de reflexão para novas práticas de ensino tornando o aluno agente do seu aprendizado, dando ao aluno um incentivo a uma visão mais critica e reflexiva (Zaluki, 2018)

Porém a mudança dos meios tradicionais de ensino para os novos não é uma transição fácil. Existem diversas mudanças que precisam ocorrer: professores, alunos, estrutura curricular, recursos e diversas outras questões que envolvem a rotina já existente nas faculdades e escolas.

O objetivo deste trabalho é analisar as resistências a mudanças nas metodologias de trabalho em três disciplinas: Gestão da produção em um curso de tecnologia, gestão da qualidade e gestão da cadeia de suprimento em um curso de administração de empresas. Como objetivo específico deste trabalho analisaremos os motivos da resistência a novas metodologias, as consequências dessas mudanças para os alunos e para o professor.

## **METODOLOGIA**

O método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foi a qualitativa. Ela se aplica porque ela tem uma relevância muito grande quando se faz análise das relações sociais que possuem variações quando submetidas a realidades diferentes. Ela consiste em analisar situações que possam clarear hipóteses desenvolvidas pelo pesquisador (Flick, 2009).

Esta pesquisa é considerada quanto a forma de atuação como pesquisa ação porque ela busca efetuar transformações na suas próprias práticas. Elas são formas de investigação-ação utilizando técnicas de pesquisas tradicionais utilizando sistemática de observação, reflexão e mudanças por parte do autor que atuar diretamente no processo (Tripp, 2005).

Essas metodologias se justificam por utilizarem formas de busca de dados através de observações e discussão com a própria amostra envolvida no processo. Foi definida a aula inicialmente que seria aplicada a nova metodologia no meio do semestre, pois os alunos já estavam familiarizados com o assunto e já conheciam a forma de trabalho do professor, que era desenvolver trabalhos juntamente com a apresentação teórica. A hipótese levantada do estudo foi que os alunos conseguiriam entender melhor o conteúdo se vivenciassem uma experiência prática a partir do uso de dinâmica de grupo, desenvolvimento de jogos e uso de filmes.

Durante a aplicação das metodologias foram feitas observações e questões aos alunos para entender como eles estavam vendo a nova forma de aprender o conteúdo. Ao final foi feita uma avaliação sobre como os alunos se sentiram com a nova forma de trabalho. Esses resultados vão ser apresentados ao longo do artigo.

## METODOLOGIA ATIVA

As metodologias ativas são formas de trabalhar conteúdos com a participação dos alunos intensamente. Elas são estratégias de ensino centradas na participação dos estudantes na construção da aprendizagem (Bacich e Moran, 2018)

Também podem ser entendidas como um processo de aprendizagem utilizado por professores para auxiliar a formação crítica dos alunos. Elas não são limitadas a áreas ou períodos de aprendizado. Podem ser aplicadas em diversas áreas do conhecimento (Borges e Alencarz, 2014).

As metodologias ativas favorecem a iniciativa e crítica do aluno. Ele é o agente transformador do seu conhecimento e das experiências que precisa desenvolver. Os professores passam a atuar de uma forma mediadora e complementar aquilo que ele precisa desenvolver.

Esse processo é muito interessante, pois em um mundo onde os robôs e a inteligência artificial passarão a atuar de uma forma muito intensa, ser alguém que consegue analisar, perceber necessidades e atuar de pro ativamente fará com que seu desenvolvimento seja muito mais eficiente.

Existem muitas formas de atuar com as metodologias ativas: uso de jogos, dinâmicas de grupos, filmes, projetos integradores, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem baseada em problemas, uso de tutorias.

Todas essas ferramentas para tornar a aprendizagem mais participativa e significativa para os alunos. Além de auxiliarem a visão crítica e empreendedora. O professor é um das partes importantes desse processo. Ele precisa entender o perfil de seus alunos e o conteúdo que é importante ser trabalhado com ele (Borges e Alencarz, 2014).

Inicialmente o professor precisa descobrir seu estilo de aprendizagem, pois a partir desse conhecimento ele entende como entende os conhecimentos. Esse processo é simples e pode ser feito através de um questionário com identificação dos estilos de aprendizagem de Kolb (Carvalho, 2002).

O professor define as competências que precisa desenvolver através dos conteúdos a serem pesquisados, estabelece a forma de trabalhar com esses conteúdos, define ferramentas que podem ser aplicadas e reúne materiais necessários. Em alguns casos são reunidos conteúdos para o desenvolvimento de projetos que envolvem mais de um conteúdo.

Todo o processo de aprendizagem se inicia com a identificação dos conhecimentos que os alunos possuem. Isso é importante para que a aprendizagem seja significativa. É importante também conhecer a forma como os alunos aprendem melhor. Com isso é possível definir estratégias para trabalhar com as metodologias ativas.

Uma experiência interessante é o uso de filmes. Eles podem trazer conteúdos lúdicos que auxiliam os alunos a se colocar em um ambiente e entender as questões a serem discutidas pelos personagens. Existem vários filmes que fazem esse papel e auxiliam no processo ensino aprendizagem.

Os filmes são utilizados, no ensino, como exercícios experimentais, desenvolver casos, metáforas de casos aplicados. Eles podem apresentar situações que podem ajudar os alunos a pensarem, de uma forma crítica, sobre determinadas áreas. Após a apresentação dos filmes é possível discutir sobre os principais pontos do filme e quais as percepções que ficaram do que foi observado. As dinâmicas de grupo complementam esse processo.

As aulas ficam mais leves e fáceis de serem desenvolvidas. Mesmo os alunos que possuem uma visão concreta conseguem perceber as situações e se posicionar.

As metodologias ativas auxiliam na melhoria da forma de condução de conteúdos, porém nem todos os alunos conseguem entender o uso delas. Muitos não entendem que a mudança está ocorrendo e preferem não tomar nenhum posicionamento sobre o que está sendo discutido. Essas questões podem causar problemas na implantação dessas metodologias em alguns cursos. Será discutida a forma como alguns alunos percebem as mudanças de metodologia que está ocorrendo.

## **EXPERIÊNCIA EM UM CURSO DE TECNOLOGIA EM SOLDAGEM**

O curso em que a atividade foi desenvolvida foi Tecnologia em Processo de Soldagem. São 25 alunos, homens com idade entre 24 e 40 anos. Estão no último ano do curso. Trabalham em fábricas na área de metalomecânica. São todos casados, com filhos. A disciplina chama-se Gestão da Produção e tem por objetivo apresentar as principais ferramentas de melhoria dos processos produtivos.

As aulas foram divididas em aulas expositivas e metodologias ativas. Foram feitas dinâmicas de grupo para explicar a forma como um processo de produção ocorre, como devem ser feitas as distribuições de tarefas. Foi apresentado 2 filmes: Recém Chegada para mostrar os problemas que uma empresa tem para mudar seus produtos e Os Croods para mostrar que as melhorias são difíceis de serem feitas por conta do medo do novo.

Em cada uma das atividades foi explicado aos alunos uma parte do conteúdo e depois utilizado recursos para que esses alunos pudessem entender o que aquele conteúdo teria de importância dentro de um contexto.

Os alunos participaram de todas as atividades com um percentual de 80% de frequência. Porém o que foi observado ao longo das dinâmicas foram algumas observações feitas pelos alunos como: “não gosto desse tipo de aula”, “aula precisa ter matéria para ser estudada no quadro”, “somos homens não precisamos ficar

discutindo coisas?”, “brincar é coisa de criança”, “será que vamos aprender alguma coisa?”.

Foram feitas discussões sobre mudança e ISO 9001 e 14000, sobre a necessidade de mudança de cultura para que as inovações pudessem ser desenvolvidas nas empresas, a relação entre o novo e o velho e como eles podem auxiliar no crescimento das empresas. Também foi discutido sobre como fazer procedimentos operacionais em empresas e como perceber as dificuldades dos operadores de entenderem as instruções, como organizar as operações para não perder tempo.

30% dos alunos se mostraram arredios a nova metodologia. Percebiam que era importante a discussão, mas não conseguiam se envolver de uma forma efetiva nas atividades.

Os outros 70% dos alunos participaram, mas sempre pareciam discordar da forma como estava sendo feita.

As questões foram discutidas com todos em sala de aula para que eles pudessem entender o uso das metodologias ativas e a necessidade de eles buscarem de forma mais ativa os conteúdos a serem discutidos. Além dessas ferramentas foi testado o uso da ferramenta *Google classroom* para auxiliar no envio de materiais e comunicação com os alunos. Eles tiveram dificuldade em acessar o material e utilizar a ferramenta para enviar exercícios ou se comunicar com o docente.

Os resultados da disciplina foram positivos. Em entrevistas informais com alguns alunos (10 alunos) eles se lembraram de algumas circunstâncias dos filmes que viam nas empresas onde trabalhavam e como eles tentaram resolver com outra visão. Mostraram ter entendido qual o objetivo dos filmes e o conteúdo que eles estavam vendo nas empresas. Porém os outros 15 alunos não se manifestaram com essa associação e continuaram com a visão de que aula deve ser feita no quadro com apresentação de matéria.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do artigo mostramos a experiência de utilizar as metodologias ativas em sala de aula e como os alunos questionaram essa metodologia. O objetivo da aplicação das metodologias era fazer como que as aulas fossem atualizadas para uma metodologia mais moderna e o nível de aprendizado fosse melhorado.

Os alunos fazem parte de uma geração que ficou a parte durante muito tempo de se posicionar diante de situações críticas. Por trabalharem em empresas metal mecânicas são condicionados a não sugerir ou interferir nas mudanças da empresa para que não sejam punidos ou demitidos.

Esse foi um dos pontos que chamaram a atenção para a relutância em utilizar metodologias mais dinâmicas para melhorar o aprendizado.

Para conferir as questões levantadas nesse artigo, fica a sugestão de aplicar em outras turmas e identificar se o posicionamento é o mesmo. Além de detectar possíveis causas para essa rejeição.

## REFERÊNCIAS

BACICH, L., MORAN, J. Metodologias Ativas para uma educação inovadora. Ed. Penso, Porto Alegre, 2018.

BORGES, T. S., ALENCARZ, G. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: O Uso das Metodologias Ativas como recurso didático na formação crítica do Estudante do Ensino Superior. Cairu em Revista, Jul/Ago, Ano 03, n. 4 p.119-143, 2014.

CARVALHO, A.C.B.D. PORTO, A. J., Procedimento para Auxiliar o processo ensino/aprendizagem na Engenharia. Tese de Doutorado do programa de Pós-graduação de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002.

CNI – Desafios da indústria 4.0 no Brasil. Confederação da Indústria, São Paulo, 2016

FLICK, U. Introdução à pesquisa qualitativa. 3ª ed. Bookman, Porto Alegre, 2009.

MENDONÇA, J.R.C., GUIMARÃES, F.P. Do Quadro aos “quadros”: o usos de filmes como recursos didático no ensino de Administração. Cadernos Ebape. BR. Número Especial. Ago, 2008.

SIQUEIRA, G. C.; FONTOURA, H. A. A Invasão das tecnologias de informação e comunicação nas escolas e diálogos necessários. ETD – Educação Temática Digital, v. 18 n.1 p. 122-135, jan/abr, Campinas, 2016.

TRIPP, D. Pesquisa ação: uma introdução a metodologia. Revista Educação e Pesquisa, v.31, n.3, p. 443-466, set/dez, São Paulo, 2005

ZALUKI, F. C., OLIVEIRA, T.D. Metodologias ativas: uma reflexão teórica sobre o processo de ensino aprendizagem. Congresso Internacional de Educação e Tecnologia, Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância. São Carlos, 2018

## AVALIAÇÃO DE NÚMERO DE ESTÁGIOS TEÓRICOS DE DESTILADOR DE UM CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO DE AMÔNIA-ÁGUA

Data de aceite: 18/05/2020

Data de submissão: 11/02/2020

**Elí Wilfredo Zavaleta Aguilar**

Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus  
Itapeva  
Itapeva – SP

<http://lattes.cnpq.br/9089404188150227>

**RESUMO:** A preocupação com uso racional e eficiente da energia e problemas ambientais recentes trazem o interesse em utilizar ciclos de refrigeração por absorção. Esses equipamentos são grandes, pesados e seu custo inicial é elevado, sendo que o destilador geralmente é o maior componente desses ciclos. O presente trabalho tem por objetivo realizar a simulação do destilador tipo pratos (ou coluna de destilação de pratos) do ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água, com o intuito de obter o número de estágios teóricos, entre outros parâmetros do mesmo como: número de estágios na seção de enriquecimento, de esgotamento, posição de alimentação à coluna, taxas de calor transferidos no gerador e no retificador, bem como as temperaturas, concentrações e vazões mássicas das entradas e saídas

de fluido cada estágio, usando o método de Ponchon-Savarit. O *software* desenvolvido a partir da simulação foi comparado com outro trabalho fornecendo resultados compatíveis. Foi realizada a simulação de um ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água tipo GAX de 5 TR, obtendo-se que o número de estágios teóricos do destilador deve ser de 4. Notando que esse número depende de variáveis de processo como concentrações, vazões, título, temperaturas e pressões do destilador.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciclo de refrigeração por absorção, amônia-água, destilador, número de estágios.

THEORETICAL STAGES NUMBER  
EVALUATION OF AN AMMONIA-WATER  
ABSORPTION REFRIGERATION CYCLE  
DISTILLER

**ABSTRACT:** Rational and efficient use of energy concerns and recent environmental problems, bring the interest in using absorption refrigeration cycles. Those equipments are large, heavy and its initial cost is high. The distiller is usually the largest component of these cycles. The present work aims to



simulate the ammonia-water absorption refrigeration cycle tray-type distiller (or tray distillation column), in order to obtain the theoretical stages number, among other parameters such as: enrichment and stripping section number of stages, column feed position, generator and rectifier heat transfer rates, as well as, the fluid temperatures, concentrations and mass flows rate of each stage inlets and outlets, using the Ponchon-Savarit method. The software developed from the simulation was compared with other work providing compatible results. A simulation of a 5 RT ammonia-water absorption refrigeration cycle GAX type was performed, obtaining that the distiller theoretical stages number must be 4. Noting that this number depends on the distiller process variables, such as, concentrations, flows, quality, temperatures and pressures.

**KEYWORDS:** Absorption refrigeration cycle, ammonia-water, distiller, stages number.

## 1 | INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica numa região está relacionado, entre outros fatores, com o número de pessoas, grau de industrialização e uso de novas tecnologias. A principal fonte de energia elétrica do Brasil tem origem hídrica, porém, nos últimos anos as condições hidrológicas têm sido desfavoráveis (Bardelin, 2004; EPE, 2014a). No Brasil, o consumo de energia elétrica devido ao uso de ar condicionado (AC) também tem aumentado e sua influência foi refletida na mudança de horário de pico de consumo de energia elétrica no verão das 18h00-20h00 para às 14h30-15h30 (Folha de São Paulo, 2014). Os setores que impulsionaram o aumento no consumo de energia elétrica foram o residencial e o comercial (EPE, 2014b) onde o AC representa quase 50 % do consumo de energia elétrica (Eletrobras, 2010). Os equipamentos de AC a compressão, tradicionalmente usam fluidos refrigerantes que intensificam os problemas ambientais como aquecimento global e diminuição da camada de ozônio. A preocupação com uso racional e eficiente da energia e os problemas ambientais comentados trazem novamente o interesse em utilizar ciclos de refrigeração por absorção (CRA) onde os fluidos de trabalho mais comuns usados são os pares amônia-água ( $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ) e brometo de lítio-água ( $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ ), sendo que o primeiro consegue temperaturas de até - 60 °C. Os CRA consomem por volta 10 % de energia elétrica que seu par a compressão na mesma faixa de capacidade, porém, precisam de energia térmica para seu funcionamento, que pode ser suprida por gases residuais de processos térmicos (cogeração e trigeração), energia solar, entre outros. Por outro lado, os CRA são equipamentos grandes e pesados e seu custo inicial é elevado. Esses fatores são intensificados para pequenas capacidades (menores que 5 TR – toneladas de refrigeração) que incluem usos potenciais como embarcações pesqueiras, caminhões frigoríficos, residências, comércio, entre outros.

Os componentes críticos do ciclo de refrigeração por absorção de amônia-

água (CRAA) são o absorvedor e o destilador. Eles são considerados críticos porque trabalham com transferência simultânea de calor e de massa com uma mistura binária e bifásica, enquanto os outros componentes do ciclo trabalham basicamente com fluidos puros ou sem mudança de fase. ARKLA Industries, Inc. (1972) informa que o destilador é, geralmente, o maior componente no CRAA. Dentre o destilador e o absorvedor, o elemento mais estudado é o segundo (Determan e Garimella, 2011).

O presente trabalho tem por objetivo usar o *software* EES (*Engineering Equation Solver*) para realizar a simulação do destilador do ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água (CRAA), com o intuito de obter o número de estágios teóricos, entre outros parâmetros, usando o método de Ponchon-Savarit.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

É indicado na Fig. 1a um ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água tipo GAX, nele se encontra o destilador na cor preta formando parte do ciclo. A solução de amônia-água chamada de forte (já que sua concentração de amônia é alta) ingressa no destilador, depois de ter sido aquecido no ARS (absorvedor resfriado por solução). Dentro da coluna, essa solução, desce pelos estágios (ou pratos) trocando energia e massa com o vapor que foi produzido no gerador. Ao sair do destilador, na parte inferior, a solução é chamada de fraca (já que a concentração em amônia é baixa). O vapor produzido no gerador sobe pela coluna, ao chegar na parte superior ainda com água passa no retificador, onde é retirado calor, depois passa no acumulador, onde são separados o vapor de amônia com alto grau de pureza e o líquido que volta à coluna como refluxo.

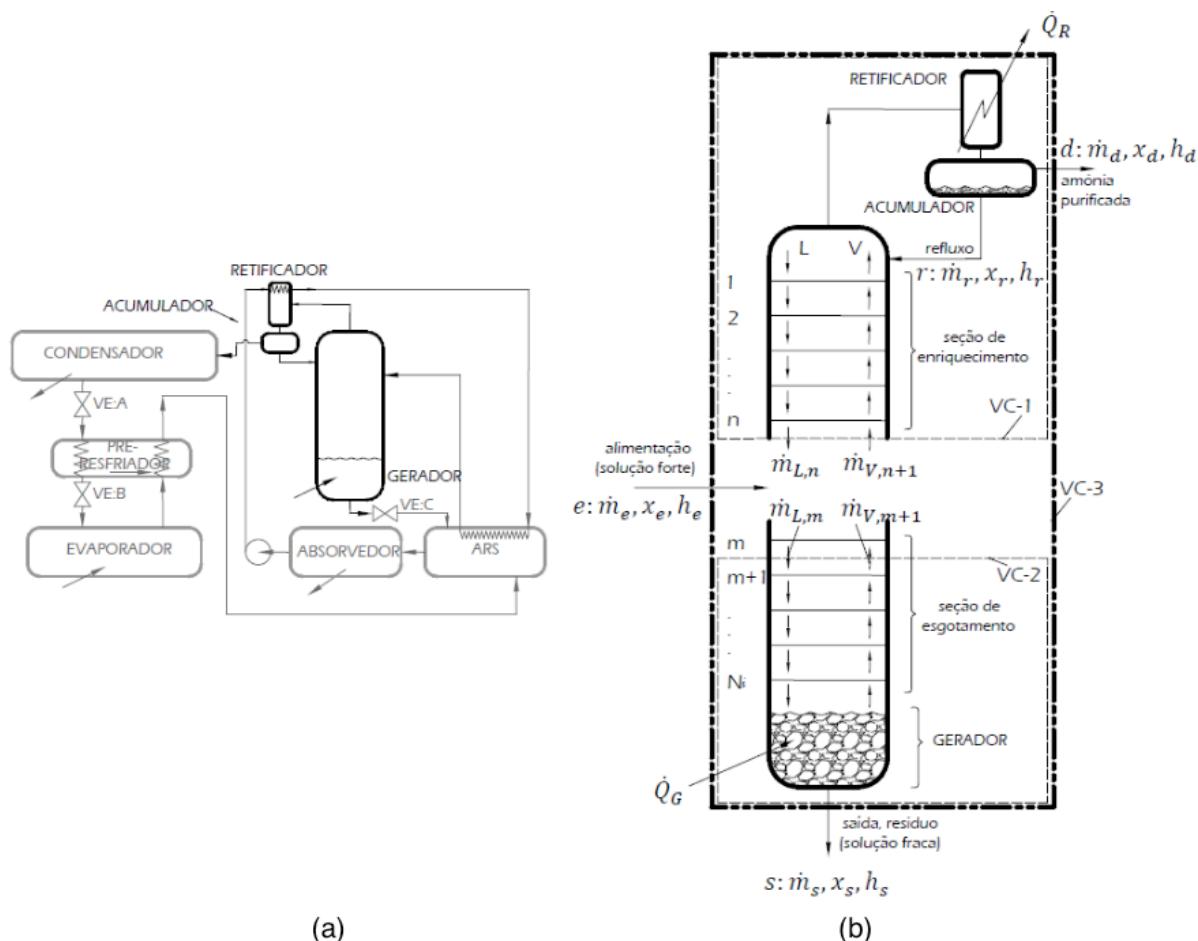


Figura 1 – (a) Coluna de destilação (em cor preta) formando parte de um CRAA tipo GAX, (b) Variáveis de balanço de massa e de energia na coluna de destilação.

O vapor de amônia altamente puro passa pelo condensador onde é liquefeito, depois na válvula de expansão (VE-A) onde sua pressão e temperatura diminuem. No pre-resfriador e na VE-B sua temperatura diminui ainda mais. O evaporador resfria o meio de interesse e a amônia fica como uma mistura líquido-vapor que depois é aquecida no pre-resfriador, depois continua até o ARS e absorvedor onde é absorvida pela solução fraca, produzindo solução forte que é bombeada até o retificador, ARS e destilador.

Na Fig. 1b são mostradas as variáveis envolvidas no balanço de massa e de energia na coluna de destilação que são usadas no método de Ponchat-Savarit o qual é um método gráfico-analítico que consiste em realizar balanços de massa e de energia em cada estágio como indicado na continuação. Os volumes de controle VC-1, VC-2 e VC-3 permitem o balanço de massa e de energia com seu entorno. O volume de controle VC-3 permite a alimentação à coluna “e”, a saída do resíduo “s” e a saída do vapor destilado “d”. É considerado que as seções de enriquecimento e de esgotamento da coluna de destilação são adiabáticas. L e V representam os escoamentos de solução líquida e de vapor respectivamente, “r” é o refluxo. Na coluna existem  $N_j$  estágios, dos quais  $n$  são da seção de enriquecimento e  $N_{i-m+1}$  são da seção de esgotamento. De acordo com o volume de controle VC-1, o balanço de

massa e de energia é representada como:

$$\dot{m}_{V,n+1} - \dot{m}_{L,n} = \dot{m}_d \quad (1)$$

$$\dot{m}_{V,n+1} x_{V,n+1} - \dot{m}_{L,n} x_{L,n} = \dot{m}_d x_d \quad (2)$$

$$\dot{m}_{V,n+1} h_{V,n+1} = \dot{m}_{L,n} h_{L,n} + \dot{m}_d h_d + \dot{Q}_R \quad (3)$$

Em que  $\dot{m}$  é a vazão mássica (kg/s),  $x$  é a fração mássica da solução (adimensional),  $h$  é a entalpia específica (kJ/kg). Das Eqs. (1), (2) e (3) chega-se a:

$$\frac{\dot{m}_{L,n}}{\dot{m}_{V,n+1}} = \frac{x_d - x_{V,n+1}}{x_d - x_{L,n}} = \frac{h'_d - h_{V,n+1}}{h'_d - h_{L,n}} \quad (4)$$

Em que:

$$h'_d = h_d + \frac{\dot{Q}_R}{\dot{m}_d} \quad (5)$$

Pode-se notar na Eq. (4) há uma relação linear entre a fração mássica e entalpia específica a qual é chamada de linha de operação (Fig. 3). Os balanços de massa e de energia do estágio 1 até o estágio  $n$  fornecem linhas de operação no diagrama  $x-h$  (fração mássica - entalpia), as quais coincidem no ponto  $(x_d, h'_d)$ . Os escoamentos de líquido e de vapor que saem de cada estágio estão em equilíbrio termodinâmico. A projeção vertical de cada fração mássica  $(x_{L,n}, x_{V,n+1})$  correspondente à linha de operação no diagrama  $x-h$  no diagrama  $x_L-x_V$  produz um ponto da curva de operação do lado de enriquecimento.

Define-se razão de refluxo (ou razão de refluxo externo) à razão entre a vazão mássica do líquido saturado que retorna à parte superior da seção enriquecedora e a vazão mássica do vapor saturado que sai da coluna. Do balanço de massa e de energia do volume de controle contendo a parte superior da coluna, o refluxo, o retificador e o vapor destilado, obtém-se:

$$R = \frac{\dot{m}_r}{\dot{m}_d} = \frac{h'_d - h_{V,1}}{h_{V,1} - h_r} \quad (6)$$

Do balanço de massa e de energia no volume de controle VC-2 da Fig. 1b, chega-se a:

$$\dot{m}_{L,m} - \dot{m}_{V,m+1} = \dot{m}_s \quad (7)$$

$$\dot{m}_{L,m} x_{L,m} - \dot{m}_{V,m+1} x_{V,m+1} = \dot{m}_s x_s \quad (8)$$

$$\dot{m}_{L,m} h_{L,m} + \dot{Q}_G = \dot{m}_{V,m+1} h_{V,m+1} + \dot{m}_s h_s \quad (9)$$

Das Eqs. (7) até a (9) obtém-se:

$$\frac{\dot{m}_{L,m}}{\dot{m}_{V,m+1}} = \frac{x_{V,m+1} - x_s}{x_{L,m} - x_s} = \frac{h_{V,m+1} - h'_s}{h_{L,m} - h'_s} \quad (10)$$

Onde:

$$h'_s = h_s - \frac{\dot{Q}_G}{\dot{m}_s} \quad (11)$$

A relação entre frações mássicas e entalpia específica da Eq. (10) fornece linhas de operação as quais se intersectam no ponto  $(x_s, h'_s)$ . As projeções dos pontos correspondentes às frações mássicas de saturação das linhas de equilíbrio do diagrama  $h-x$  ao diagrama  $x_L-x_V$  fornecem pontos da curva de operação correspondentes ao lado de esgotamento. A alimentação “e” na coluna deve ser feita no estágio correspondente à interseção das curvas de operação, já que se for acima ou abaixo desta, seriam necessários mais estágios para se obter a concentração da solução de esgoto  $x_s$  e de vapor destilado  $x_d$ . Juntando a seção de esgotamento e gerador com a seção enriquecedora, retificador e acumulador obtém-se a coluna de destilação completa. Fazendo o balanço de massa e de energia no volume de controle VC-3, chega-se a:

$$\dot{m}_e = \dot{m}_s + \dot{m}_d \quad (12)$$

$$\dot{m}_e x_e = \dot{m}_s x_s + \dot{m}_d x_d \quad (13)$$

$$\dot{m}_e h_e + \dot{Q}_G = \dot{m}_s h_s + \dot{m}_d h_d + \dot{Q}_R \quad (14)$$

Das Eqs. (12), (13) e (14) obtém-se:

$$\frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_s} = \frac{x_e - x_s}{x_d - x_e} = \frac{h_e - h'_s}{h_d - h_e} \quad (15)$$

Quando relacionadas a fração mássica e a entalpia específica da Eq. (15) obtém-se a linha de operação principal no diagrama  $h-x$ . Duas situações limite podem ser encontradas na coluna. A primeira acontece quando: todo o vapor que sai do estágio superior da seção de enriquecimento é condensado e volta à coluna, a alimentação e a saída da solução fraca são interrompidas, essa situação é conhecida como “refluxo total”, nestas condições o número de estágios na coluna é o mínimo e as taxas de calor envolvidas no gerador e no retificador são muito grandes. A segunda situação é quando a linha de operação principal coincide com uma linha de equilíbrio, obtendo-se uma razão de refluxo mínimo ( $R_{min}$ ), nestas condições o

número de estágios necessários para a destilação desejada é muito grande e o fluxo de calor fornecido ao gerador e retirado do retificador são os menores. Kister (1992) recomenda fatores de refluxos (Eq. 16) entre 1,05 a 1,3.

$$f_R = \frac{R}{R_{min}} \quad (16)$$

Todas as equações mencionadas são implementadas no *software* EES e se formam sistemas de equações não lineares as quais devem ser resolvidas de forma simultânea junto com as projeções entre os diagramas do método gráfico e as condições de equilíbrio da mistura. Cada propriedade termodinâmica da mistura (binária) amônia-água depende de outras três e, o programa conta com uma biblioteca para obtenção das mesmas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As variáveis de entrada para a simulação são mostradas esquematicamente na Fig. 2 juntamente com as de saída. Essas últimas são: número de estágios na seção de enriquecimento e de esgotamento, posição da alimentação com a solução forte à coluna, taxas de calores necessários a ser transferidos no retificador e no gerador. Para simulação do programa foram selecionadas as variáveis de entrada de Ortigosa (2008) para um ciclo tipo GAX de 5 TR, temperatura de evaporação de  $-2\text{ }^\circ\text{C}$  e temperatura de condensação de  $40\text{ }^\circ\text{C}$ . Nessas condições obtém-se  $\dot{m}_d = 0,015\text{ kg/s}$ ,  $x_d = 0,999$ ,  $x_{q,d} = 1,0$  (título),  $x_e = 0,4517$ ,  $T_e = 98,14\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $x_s = 0,1520$ ,  $x_{q,e} = 0$ ,  $P = 15,56\text{ bar}$ . O fator de refluxo será considerado de 1,1 seguindo a recomendação de Kister (1992).

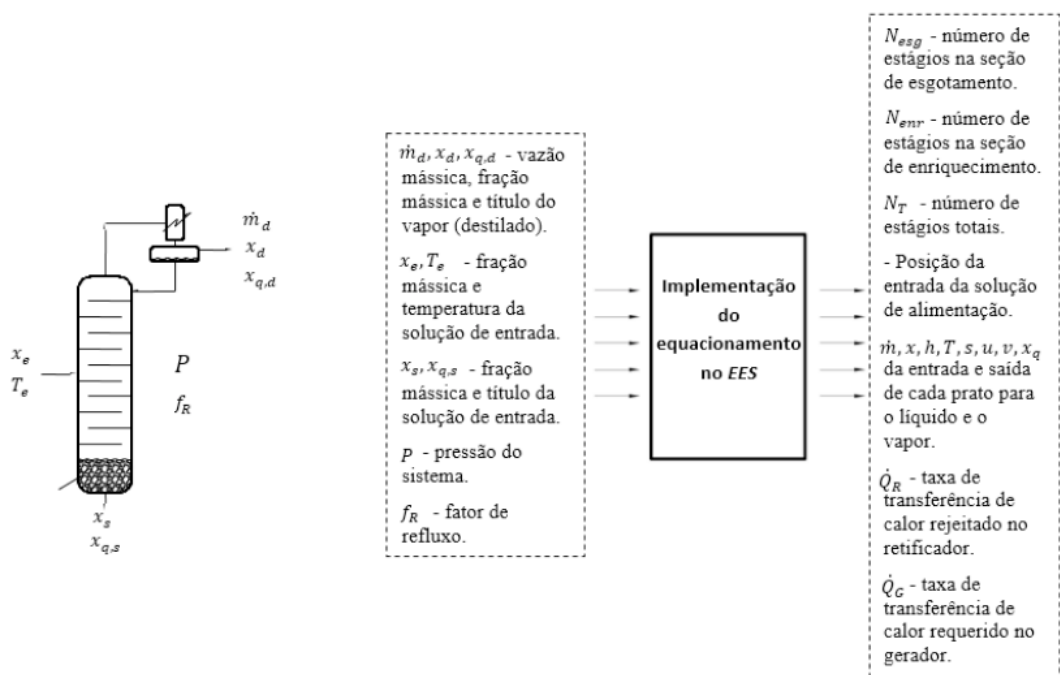


Figura 2 – Posicionamento e descrição das variáveis de entrada.

A Fig. 3 mostra os diagramas  $h-x$  e  $x_V-x_L$  para essa simulação, neles podem-se apreciar as linhas e curvas representativas para a pressão de operação de 15,56 bar. Na seção de esgotamento há uma purificação de 51 %, na seção de enriquecimento de 1,5 % e no retificador de 2,1 %, sendo que o vapor destilado atinge 99,9 % em massa de pureza.

Pode-se notar nesse gráfico que o retificador deve se composto por 4 estágios teóricos e que a entrada deve ser acima do segundo estágio. A taxa de calor necessário a ser fornecido no gerador é de 27,5 kW e no retificador devem ser retirados 4,4 kW. Não está indicada nos gráficos, mas a análise da vazão mássica indica que esta aumenta ao longo de seu percorrido desde que é produzido no gerador até que sai no retificador. A vazão mássica da solução líquida sofre um processo inverso, diminuindo à medida que desce pela coluna. Por outro lado, a temperatura do vapor diminui à medida que sobe pela coluna e o líquido em contracorrente aumenta sua temperatura quando desce, dadas as condições de equilíbrio termodinâmico impostas. A solução fraca que sai da coluna atinge uma temperatura de 160,3 °C. Essa temperatura alta é aproveitada no ARS para aumentar a temperatura da solução forte que entra no gerador. O ponto em que o vapor e o líquido atingem uma temperatura similar (em torno de 90 °C) é na alimentação da solução forte da coluna onde as três correntes se encontram.

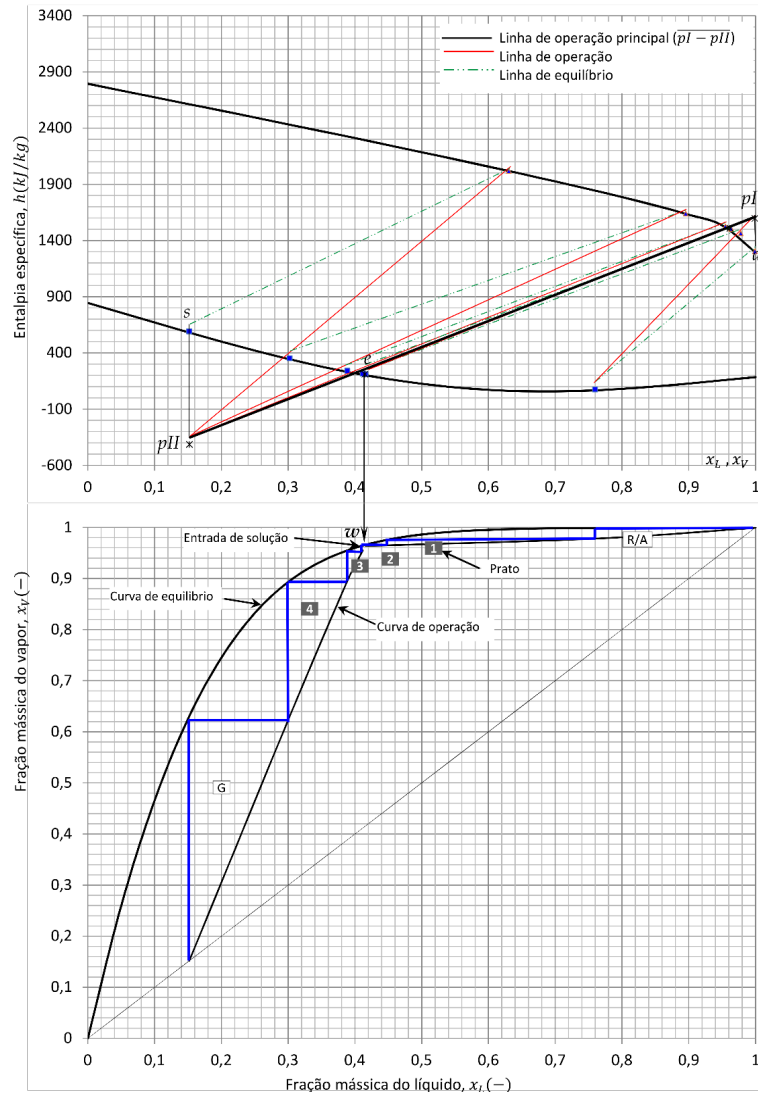


Figura 3 – Diagrama  $h-x$  e  $x_V-x_L$ , linhas e curvas características.

A Fig. 4 mostra o resultado implementado no programa EES, pode-se notar que ele indica as frações mássicas, entalpias, posição de entrada da solução forte (acima do estágio 2), taxas de calores transferidos no gerador e no retificador (em kW), número de estágios totais (4), de enriquecimento (1) e de esgotamento (3).



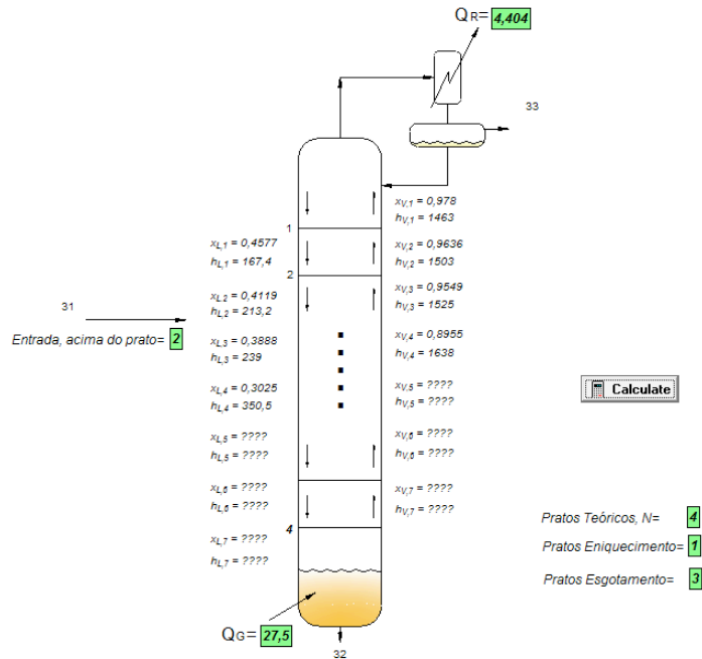


Figura 4 – Esquema mostrando o número de pratos teóricos, a entrada da solução forte e outros resultados da simulação.

### 3 | CONCLUSÕES

O método de Ponchon-Savarit, usado para fazer os balanços de massa e de energia na coluna de destilação, resulta apropriado, pois fornece resultados precisos. Foi implementado um programa computacional no *software* EES para simulação. Os resultados obtidos foram comparados com o trabalho de Anand e Erickson (1999) conseguindo-se, nos dois casos, 6 estágios para um CRAA de 8 TR. Para obtenção do número de estágios reais, a eficiência da coluna deve ser considerada.

### REFERÊNCIAS

- ANAND, G.; ERICKSON, D. **Compact sieve-tray distillation column for ammonia-water absorption heat pump: Part I - Design methodology**. ASHRAE Transactions, v. 105, n. 1, p. 796 – 803, 1999.
- ARKLA Industries, Inc. Michael H. Sivak. **Horizontal firing of generator in absorption refrigeration refrigerator**, 1972. US 37500421, 21 jul. 1972.
- BARDELIN, C. **Os Efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorrido em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de Energia Elétrica**. Mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil, 2004.
- DETERMAN, M. D.; GARIMELLA, S. **Ammonia-water desorption heat and mass transfer in microchannel devices**. International Journal of Refrigeration, v. 34, n. 5, p. 1197– 1208, 2011.
- ELETROBRAS. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil. 2007. Pesquisa na classe comercial AT**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 08.08.2010.

EPE. **Balço Energético Nacional - Relatório Síntese**. 2014a. Disponível em: <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 03.07.2014.

EPE. **Resenha mensal do mercado de energia elétrica**. 2014b. Ano VIII, n. 77, fevereiro.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Alta de serviços e calor mudam o pico de energia para meio da tarde. 2014**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/01/1403798-alta-dos-servicos-e-calor-mudam-o-pico-de-energia-para-meio-da-tarde-.shtml>>. Acesso em: 01.06.2014.

KISTER, H. Z. **Distillation Design**. USA: McGraw-Hill, 1992.

ORTIGOSA, A. S. P.; PRETER, F. C.; LABOZETTO, R. L.; ZAVALTA-AGUILAR, E. W., SIMÕES-MOREIRA, J.R. **Modeling, and simulation of a commercial ammonia – water absorption refrigeration cycle for production of chilled water**. Proceedings of the ENCIT – Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering, p. 8p, 2008.

## UMA ADAPTAÇÃO DO BITTORRENT PARA *STREAMING* DE VÍDEO SOB DEMANDA INTERATIVO EM REDES MÓVEIS *AD HOC*

Data de aceite: 18/05/2020

### Carlo Kleber da Silva Rodrigues

Centro de Matemática, Computação e Cognição (CMCC) Universidade Federal do ABC (UFABC)  
Santo André – SP – Brasil  
carlo.kleber@ufabc.edu.br

### Vladimir Emiliano Moreira Rocha

Centro de Matemática, Computação e Cognição (CMCC) Universidade Federal do ABC (UFABC)  
Santo André – SP – Brasil  
vladimir.rocha@ufabc.edu.br

**ABSTRACT:** This paper proposes an adaptation of the peer-to-peer BitTorrent algorithm to perform interactive on-demand video streaming over mobile ad hoc networks. This adaptation mainly lies in the idea of prioritizing the sharing of data between peers which are geographically close to each other, as well as restricting the data that may be requested by peers during video playback. Through simulations and assessing different metrics, the proposed adaptation is validated and its attractive performance is proven. In this sense, the main contribution of this article is to provide a new algorithmic solution for the design of real protocols targeted at mobile ad

hoc networks. At last, overall conclusions and future work conclude this article.

**RESUMO:** Este artigo propõe uma adaptação do algoritmo peer-to-peer BitTorrent para realizar streaming de vídeo sob demanda interativo em redes móveis ad hoc. Em linhas gerais, essa adaptação baseia-se na ideia de priorizar o compartilhamento de dados entre peers geograficamente próximos entre si, bem como restringir os dados que podem ser requisitados pelos peers durante a reprodução do vídeo. Por meio de simulações e ante diferentes métricas, a adaptação proposta é validada e comprova-se a sua atrativa performance. Nesse sentido, a principal contribuição deste artigo é prover uma nova solução algorítmica para a concepção de protocolos para redes móveis ad hoc. Conclusões gerais e trabalhos futuros encerram este artigo.

### 1 | INTRODUÇÃO

O algoritmo *peer-to-peer* (P2P) BitTorrent é reconhecido pela sua eficiência para a replicação de arquivos na Internet [Cohen 2003; Legout; Urvoy-Keller; e Michiardi 2006].

A filosofia deste algoritmo consiste em dividir um arquivo em pedaços e fazer com que os *peers* de um certo grupo, que desejem receber este arquivo, passem então a trabalhar cooperativamente, transmitindo os pedaços entre si.

Mais especificamente, duas políticas formam o núcleo do BitTorrent: a seleção de *peers* e a seleção de pedaços. A primeira determina quais os *peers* que devem ser autorizados a receber os pedaços que um outro *peer* possui, e a segunda seleciona os pedaços que devem ser requisitados por um *peer*. No estado de equilíbrio, o processo de transmissão de pedaços obedece ao seguinte: *quem mais compartilha os pedaços já recebidos, maior probabilidade tem de receber outros novos pedaços*. Esse é o paradigma da operação geral do BitTorrent [Legout; Urvoy-Keller; e Michiardi 2006].

A eficiência do BitTorrent logo motivou propostas de sua adaptação para o serviço de *streaming* sob demanda em redes com fio, também chamadas de redes cabeadas (e.g., [D'Acunto et al. 2013]). A adaptação se faz mandatória porque, sob o BitTorrent, os pedaços não são requisitados e recebidos sequencialmente, o que impede a reprodução contínua desde o início da recepção.

Considerando que os dispositivos sem fio (e.g., *smartphones* e *notebooks*) estão sendo cada vez mais utilizados e que *streaming* tende a seguir como a principal tecnologia para distribuição de conteúdo multimídia [Domingues et al. 2018], a natural evolução do BitTorrent é então sua adaptação para *streaming* em redes sem fio, especialmente com interatividade dos clientes. Corroborando esse pensamento, há previsões de que *streaming* de vídeo sob demanda e *download* de arquivos juntos corresponderão a mais de 81% do tráfego IP da Internet em 2021 e, nesse mesmo ano, o tráfego de dispositivos sem fio equivalerá a mais de 63% do tráfego IP [CISCO 2017].

Dentre as categorias de redes sem fio, as redes móveis *ad hoc*, conhecidas pelo acrônimo MANETs (*Mobile Ad Hoc Networks*), merecem atenção especialmente pelas características de *autoconfiguração*, *autoformação* e *automanutenção* [Wang; Xie; e Agrawal 2009]. Essas redes possuem arquitetura P2P e seus *peers* se comunicam sem depender de qualquer infraestrutura fixa, podendo atuar como servidores, clientes e roteadores. Comunicações em ambientes inóspitos, conferências, aulas e atividades de entretenimento são algumas das suas inúmeras aplicações [Ghalib et al. 2018].

Este contexto é a motivação para o presente artigo, cujo objetivo é propor uma adaptação do BitTorrent para *streaming* de vídeo sob demanda interativo em MANETs. Essa adaptação é denominada de *BitTorrent Interativo para MANET* (BTM-I) e, em linhas gerais, se baseia na ideia de priorizar o compartilhamento de pedaços entre *peers* geograficamente próximos entre si, bem como restringir os pedaços que podem ser requisitados pelos *peers* durante a reprodução do vídeo. Por meio de

simulações e avaliando-se diferentes métricas de desempenho, a adaptação BTM-I é aqui validada. Nesse sentido, a principal contribuição deste artigo é prover uma nova solução algorítmica eficiente para o desenvolvimento de novos protocolos para MANETs, com foco em *streaming* sob demanda interativo.

O restante deste artigo é organizado como descrito a seguir. A Seção 2 revisa sucintamente o protocolo BitTorrent e a conceituação geral de redes sem fio, com ênfase em MANETs. A Seção 3 discute trabalhos relacionados. A Seção 4 apresenta a adaptação BTM-I. A Seção 5 traz experimentos, resultados e análises. Por fim, conclusões gerais e caminhos para trabalhos futuros constituem a Seção 6.

## 2 | FUNDAMENTOS

### 2.1. Algoritmo P2P BitTorrent

Como já mencionado, o arquivo que se deseja replicar é dividido em pedaços. Cada pedaço é, por sua vez, dividido em blocos. Os pedaços têm 256 kB de tamanho, enquanto que os blocos têm 16 kB. Apesar de os blocos serem a unidade de dados na rede física, a análise de replicação considera apenas os pedaços transmitidos [Cohen 2003]. Por simplicidade, os termos *peer* e *nó* são doravante utilizados indistintamente no restante deste texto. A operação do BitTorrent é descrita a seguir, considerando a visão de um *peer*  $p$ , recém-chegado ao sistema, que deseja receber um arquivo  $A$ .

O *peer*  $p$  deve inicialmente obter, a partir de um servidor *web* da Internet, um arquivo de metadados relacionado ao arquivo  $A$ . O arquivo de metadados possui a localização do *tracker*, que é o coordenador da comunicação entre os *peers* que cooperativamente transmitem entre si os pedaços do arquivo  $A$  pela rede. Esse conjunto de *peers* cooperativos é chamado de *swarm* [Legout; Urvoy-Keller; e Michiardi 2006].

O *tracker*, após contatado pelo *peer*  $p$ , envia-lhe uma lista  $L$ , que contém os *peers* que já estão no *swarm* replicando o arquivo  $A$ . Essa lista possui tipicamente 50 *peers*. O *peer*  $p$  tenta então aleatoriamente estabelecer conexões TCP com os *peers* dessa lista. Os *peers* com os quais ocorrem conexões bem-sucedidas formam o conjunto de vizinhos do *peer*  $p$ . Os vizinhos são então os *peers* para os quais, e a partir dos quais, o *peer*  $p$  pode enviar, e receber, pedaços do arquivo  $A$  [Cohen 2003].

Um *leecher* é um *peer* que está baixando pedaços de um arquivo, mas que também permite que outros *peers* baixem pedaços a partir dele. Um *seed* é um *peer* que já tem todos os pedaços do arquivo desejado, mas que permanece no sistema para permitir que outros *peers* baixem pedaços a partir dele. O intercâmbio

de pedaços entre os *peers* é operacionalizado pelas políticas de seleção de *peers* e de seleção de pedaços, como explicado a seguir [Legout; Urvoy-Keller; e Michiardi 2006].

A política de seleção de *peers*, também chamada de algoritmo de *choke*, permite que cada *peer p* do *swarm* escolha quais *peers*, dentre os seus vizinhos, podem receber os pedaços que ele possui. Os três vizinhos que fornecem pedaços para o *peer p* com as mais altas taxas de *upload* são os escolhidos. Os *peers* escolhidos são colocados no estado de *unchoked*, e os demais são colocados no estado de *choked*. Um *slot* de *upload* de dados do *peer p* é alocado para cada um dos escolhidos. Essa seleção é repetida tipicamente a cada 10 segundos, sendo denominada de *regular unchoking*. Há ainda o denominado *optimistic unchoking*, conforme explicado a seguir. Tipicamente a cada 30 segundos, cada *peer p* do *swarm* seleciona aleatoriamente um outro *peer* de seu conjunto de vizinhos para poder receber os pedaços que ele possui. Nesse caso, um *slot* de *upload* do *peer p* é então alocado para esse vizinho [Cohen 2003].

A política de seleção de pedaços, por sua vez, é usada para que os *peers* decidam sobre que pedaços solicitar ao passar para o estado de *unchoked*. Cada *peer p* mantém uma lista do número de cópias de cada pedaço no seu conjunto de vizinhos. Essa informação é usada para definir um conjunto de pedaços mais raros (i.e., menos replicados). Seja  $m$  o número de cópias do pedaço mais raro. O índice de cada pedaço com  $m$  cópias no conjunto de vizinhos é então adicionado ao conjunto de pedaços mais raros. Após passar para o estado de *unchoked*, o *peer p* solicita o próximo pedaço considerando seu conjunto de pedaços mais raros e os pedaços disponíveis no vizinho que o passou para o estado *unchoked*. Após receber o pedaço, o *peer p* avisa a todos os seus vizinhos sobre o pedaço recebido [Legout; Urvoy-Keller; e Michiardi 2006].

Como mencionado, apesar de haver adaptações do BitTorrent para *streaming* em redes cabeadas (e.g., [D'Acunto et al. 2013]), a sua aplicação em MANETs ainda é alvo de pesquisa recente (e.g., [Ghalib et al. 2018; Usman et al. 2018]).

## 2.2. Redes sem Fio

As redes sem fio são basicamente de dois tipos: infraestruturada e sem infraestrutura. As infraestruturadas têm a comunicação entre os nós suportada por uma plataforma fixa e cabeada, responsável por organizar, processar e rotear os dados entre os nós. Essa plataforma possui as *estações bases* como principal elemento de conexão. Sucintamente, todo nó deve se conectar à *estação base* mais próxima dentro de seu raio de alcance. Se este nó for móvel e ocorrer de ele sair da cobertura de sua *estação base* original, então uma outra *estação base*, que estiver

dentro de seu raio de alcance, passa a ser a responsável pela sua conexão à rede. O processo de mudança entre *estações bases* é denominado de *handoff*. As redes locais sem fio e as redes celulares comerciais são exemplos típicos [Wang; Xie; e Agrawal 2009].

As redes sem infraestrutura, por sua vez, são caracterizadas por não possuírem uma plataforma fixa e cabeada suportando a comunicação entre nós, os quais são tipicamente móveis. Neste caso, os próprios nós atuam como clientes, roteadores e servidores do sistema, realizando a operacionalização de toda a comunicação. Estas redes são denominadas redes móveis *ad hoc* ou, em inglês, *mobile ad hoc networks* (MANETs). Devido à mobilidade dos nós, a topologia da rede pode mudar rapidamente e de forma imprevisível [Xiang e Yang 2018; Wang; Xie; e Agrawal 2009].

Na MANET, cada nó pode se comunicar diretamente com um outro nó que esteja dentro de seu alcance, i.e., usando um enlace de comunicação de salto único (do inglês, *one-hop wireless link*). Para se comunicar com um nó fora de seu alcance direto, um nó deve utilizar nós intermediários para retransmitir suas mensagens, i.e., deve usar um enlace de comunicação de múltiplos saltos (do inglês, *multiple-hop wireless link*). Como destacado anteriormente, esse tipo de rede permite vislumbrar aplicações em diversas áreas, permeando desde comunicações militares até, por exemplo, atividades de educação e entretenimento em geral [Wang; Xie; e Agrawal 2009].

Com o passar do tempo, a evolução das tecnologias móveis propiciou o surgimento de variações da MANET original, que podem ser admitidas como subcategorias ou como novos tipos independentes. Dentre as mais comuns, citam-se as três seguintes: 1) *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET) [Boussoufa-Lahlah; Semchedine; e Bouallouche-Medjkoune 2018; Lobato Junior et al. 2018]; 2) *Flying Ad Hoc Network* (FANET) [Cruz 2018]; e 3) *Wireless Mesh Network* (WMN) [Wang; Xie; e Agrawal 2009]. Para fins de análise desses diversos tipos de redes, destaca-se a importância do uso de modelos de mobilidade [Bai e Helmy 2006].

Para finalizar esta seção, esclarece-se que BTM-I se direciona à MANET original, considerando nós que são indivíduos (estudantes, militares, passageiros, etc.) se movimentando sobre uma área plana, sem obstáculos e sem acesso à Internet. Esse cenário pode representar, e.g., parte de um campus universitário, onde os alunos desejam assistir a uma aula ao ar livre, ou mesmo um saguão de aeroporto, onde os passageiros assistem a um filme antes do embarque. Além disso, o nó pode realizar ações de interatividade (e.g., *pause e jump backwards*) durante a reprodução do vídeo.

### 3 | TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos de Mantzouratos et al. (2012), Shah et al. (2017), Lal, Laxmi e Gaur (2011), e Jahir et al. (2019) se constituem em valiosos *surveys* sobre *streaming* em MANETs. Em específico, o primeiro trata do desenvolvimento de protocolos sob o paradigma *cross layer*, discutindo concepções, estratégias de avaliação, métricas e limitações dos resultados até então alcançados. O segundo possui o mesmo foco geral, diferenciando-se, porém, ao considerar o projeto sob o paradigma *layered architecture*. Por fim, os dois últimos direcionam-se ao roteamento em MANETs, sendo que Jahir et al. (2019) têm uma abordagem mais ampla, incluindo combinações de MANETs e outras redes, resultando em *Disaster Area Networks* (DANs). Embora não sejam apresentadas novas soluções, as constatações feitas nesses trabalhos se tornam relevantes por indicarem caminhos possíveis de serem seguidos ou mesmo evitados.

Quental e Gonçalves (2010) trazem uma das primeiras propostas de extensão do algoritmo BitTorrent para o emprego em MANETs. Seu foco é a distribuição simples de arquivos. A ideia consiste na adição de uma interface entre o núcleo do BitTorrent, executado na camada de aplicação, e a camada de transporte, de forma a permitir o envio e o recebimento de dados via *broadcast*, além da convencional transmissão *unicast*. Em que pese o fato de os resultados obtidos serem satisfatórios para o tempo de *download* do arquivo, não são realizados experimentos para *streaming* sob demanda.

Chen and Shen (2015) apresentam um protocolo de replicação simples de arquivos que considera a capacidade individual de armazenamento do nó móvel, além da periodicidade de encontro entre os nós detentores dos arquivos e os demais nós da rede. São utilizadas simulações para atestar o desempenho do protocolo, mas assim como no trabalho de Quental e Gonçalves (2010), os resultados referem-se apenas ao tempo de *download* do arquivo, não sendo analisado o *streaming* sob demanda.

Hu et al. (2017) propõem um algoritmo de escalonamento de segmentos de vídeo, denominado de *Delay-Sensitive Segment Scheduling Algorithm* (DSSSA). A filosofia é retardar a transmissão dos segmentos cujos instantes de reprodução estão distantes do momento corrente. Isso permite priorizar o uso da banda para aqueles segmentos cuja reprodução deverá ocorrer mais rapidamente. Essa proposta é uma das poucas da literatura a considerar explicitamente limites de tempo para entrega do arquivo, que é essencial para a implementação de *streaming* sob demanda, além de também considerar algum nível de interatividade do cliente em MANETs. São realizadas simulações comparativas com esquemas tradicionais, onde são observadas otimizações na taxa de admissão e na taxa de recepção de dados com



sucesso.

Usman et al. (2018) propõem um esquema para *streaming* de vídeos de alta definição em MANETs. Esse esquema é do tipo proativo, usando provedores típicos de serviços, e baseia-se especialmente em estimativas de características de operação da rede como, e.g., taxa de perda de pacotes e atrasos fim a fim. Embora os resultados dos experimentos mostrem uma superioridade de desempenho com relação a protocolos de roteamento específicos de MANETs (e.g., protocolos DSDV e OLSR), não há discussões para um serviço do tipo reativo, caracterizando o *streaming* sob demanda.

Por fim, Rodrigues (2018) propõe dois algoritmos para realização de *streaming* sob demanda em MANETs, tomando como base o algoritmo BitTorrent. A concepção das propostas avança mudanças na política de seleção de *peers*, que passa a usar uma combinação de quatro critérios, e também mudanças na política de seleção de pedaços, que passa a usar o conceito de janela deslizante para priorização dos pedaços a solicitar. Mas apenas tráfego via canais *unicast* é admitido. Simulações comparativas com um esquema ideal são realizadas e os resultados obtidos enaltecem a eficiência das propostas. Como mencionado para Hu et al. (2017), esse trabalho é um dos poucos da literatura a considerar tempo para entrega do arquivo e admitir a interatividade.

Ante o exposto, a adaptação BTM-I se diferencia das obras anteriores ao serem observadas as seguintes peculiaridades em conjunto: baseia-se no protocolo BitTorrent; aplica-se à *streaming* sob demanda (i.e., reativo); usa uma janela deslizante para priorização dos pedaços do arquivo a serem solicitados; admite tráfego *unicast* e *broadcast* para o compartilhamento dos pedaços do arquivo; o *streaming* ocorre apenas entre vizinhos; usa a distância geográfica como um critério para formação de grupos de vizinhos; explora apenas a camada de aplicação; e, por fim, admite a interatividade dos clientes durante a reprodução do arquivo. A adaptação BTM-I é, assim, independente de protocolos de roteamento, de simples implementação e de relativo ineditismo.

#### 4 | ADAPTAÇÃO BTM-I

Esta seção apresenta a adaptação BTM-I. Isso é feito por meio da explicação de suas políticas de seleção de *peers* e de seleção de pedaços, respectivamente, considerando subentendido o arcabouço conceitual da Seção 2.

Para a política de seleção de *peers*, tem-se o seguinte. Seja um *peer*  $p$  pertencente à MANET. Os vizinhos do *peer*  $p$  são escolhidos aleatoriamente a partir da lista  $L$  fornecida pelo *tracker*. Os *peers* escolhidos são colocados no estado *choked* e classificados em *interessados* e *não interessados*: se um vizinho não tem todos os

pedaços que o *peer p* possui, este vizinho é classificado como *interessado* no *peer p*; caso contrário, é classificado como não interessado no *peer p*. A banda de *upload* do *peer p* é então dividida em  $y+1$  *slots* de dados:  $y$  *slots* para *regular unchoking* e 1 *slot* para *optimistic unchoking*. Esses dois processos ocorrem periodicamente até que a reprodução é encerrada. O Quadro 1 traz a descrição desses dois processos.

Para a política de seleção de pedaços, tem-se o seguinte. Admita que o arquivo de vídeo é dividido em  $t$  pedaços: 1, 2, ...,  $t$ . Seja  $d$  o pedaço que corresponde ao ponto de reprodução corrente. Seja  $W$  a janela deslizante, e seja  $w$  o seu tamanho em número de pedaços. A janela  $W$  compreende então os seguintes pedaços:  $[d; d + w]$ . A janela  $W$  é dinamicamente atualizada, conforme os pedaços são reproduzidos e as ações de interatividade são realizadas. Por exemplo, seja  $j_{\text{play}}$  o número de pedaços reproduzidos. O primeiro pedaço de  $W$  é atualizado para  $(d + j_{\text{play}})$ , e o último pedaço para  $(d + w + j_{\text{play}})$ . Seja agora  $V$  um *buffer* contido em  $W$ , e seja  $v$  o seu tamanho em número de pedaços. O primeiro pedaço de  $V$  é sempre coincidente com o primeiro pedaço de  $W$ . Antes de o *peer p* solicitar o próximo pedaço, é verificado se o seu *buffer V* está cheio. Em caso positivo, solicita-se o pedaço mais raro considerando a janela  $W$ ; caso contrário, solicita-se de maneira gulosa (i.e., sequencial), o próximo pedaço faltante do *buffer V*. A alternância de método para escolher o próximo pedaço busca estabelecer um compromisso entre a diversidade de pedaços, estimulada pela política do pedaço mais raro, e a continuidade na reprodução do arquivo, estimulada pela política gulosa, como deve ser em um sistema de *streaming* sob demanda.

**Regular unchoking** – a cada 10 segundos, tem-se:

Se o *peer p* for um *leecher*:

Os *peers interessados* são ordenados em função de suas taxas de *upload* de dados. Dentre os  $x$  *peers* de maiores taxas, os  $y$  *peers* geograficamente mais próximos (i.e., menor distância) são escolhidos e aloca-se 1 *slot* para cada um deles, com  $x \geq y$ . Em caso de empate, a escolha é aleatória.

Se o *peer p* for um *seed*:

Os *peers interessados* são ordenados em função da taxa de *download* de dados a partir do *peer p*. Dentre os  $x$  *peers* de maiores taxas, os  $y$  *peers* fisicamente mais próximos (i.e., menor distância) são escolhidos e aloca-se 1 *slot* a cada um deles, com  $x \geq y$ . Em caso de empate, a escolha é aleatória. Se for a primeira vez que o pedaço é solicitado, então a transmissão é em *broadcast*; caso contrário em *unicast*.

**Optimistic unchoking** – a cada 30 segundos, tem-se:

Conforme proposta original do protocolo BitTorrent: 1 *slot* de dados é alocado a um *peer interessado* escolhido aleatoriamente.

Quadro 1. Seleção de *peers* do BTM-I.

## 5 | AVALIAÇÃO DE PERFORMANCE

### 5.1 Modelagem, Cenários e Métricas

Os experimentos são implementados no ambiente de simulação PeerSim

[Montresor e Jelasity 2009], o qual se constitui em uma ferramenta confiável para realização de simulações por sua ampla aceitação na literatura. A plataforma computacional é um PC de processador Intel i7, 2,6 GHz de *clock*, 24 GB de RAM, e sistema GNU/Linux. Os resultados de simulação têm intervalos de confiança de 95% que estão dentro do limite de 5% dos valores médios reportados, tendo sido realizadas 10 execuções (rodadas). Ressalta-se que, por restrição de espaço, apenas os resultados mais relevantes para suporte às conclusões atingidas são aqui apresentados.

Os cenários simulados possuem  $n$  nós que se movimentam de acordo com padrões de mobilidade de indivíduos gerados pelo simulador *Small World in Motion* (SWIM) [Mei e Stefa 2009]. Esses padrões são fundamentados no entendimento de que um indivíduo tende a visitar lugares populares ou próximos ao lugar onde permanece a maior parte do tempo (e.g., escola, cafeteria, saguão, etc.), revelando satisfatória aderência ao propósito de aplicação da proposta BTM-I. Além disso, ressalta-se que o modelo de mobilidade SWIM é uma das alternativas consideradas pelo conhecido *framework* de produção de cenários de mobilidade *BonnMotion*.

Na camada de rede, é utilizado o protocolo de roteamento de pacotes baseado no AODV do simulador WiFi Direct [Baresi; Derakhshan; e Guinea 2016]. Para as camadas MAC e física, são considerados os protocolos CSMA/CA e 802.11, respectivamente, com um percentual de perda de pacotes de 1,0%. A largura de banda do nó é de 4 Mbps por *slot* (*upload* e *download*).

O arquivo distribuído por *streaming* sob demanda corresponde a um vídeo com codificação de 300 kbps. O vídeo é dividido em 390 pedaços de 256 kB, em que cada pedaço é dividido em blocos de 16 kB, totalizando aproximadamente 100 MB. O *swarm* é composto por 100 nós, que inicializam suas atividades (entram na rede) ao mesmo tempo no começo da simulação.

As ações de interatividade executadas pelos nós podem ser: *Play*, *Pause*, *Jump Forwards* (*JF*) e *Jump Backwards* (*JB*). *Play* indica que o nó reproduz o arquivo. *Pause* indica que a reprodução é congelada. *JF* e *JB* indicam um salto para um ponto de reprodução à frente e atrás do corrente, respectivamente. A reprodução em cada nó é encerrada quando este nó baixa o arquivo completo.

Nos experimentos são avaliadas quatro métricas de desempenho: (i) *download operacional*, que corresponde à taxa média de um nó para receber o vídeo; (ii) *tempo de download*, que corresponde ao tempo médio de um nó para receber o vídeo; (iii) *tempo de descontinuidade*, que corresponde ao tempo médio total de interrupção de um nó durante a reprodução do vídeo; (iv) *descontinuidades*, que corresponde ao número médio total de pedaços indisponíveis de um nó durante a reprodução do vídeo.

## 5.2 Organização dos Experimentos

São realizados seis experimentos. Para comparação com a proposta BTM-I, aqui denominada por versão *manet*, também são implementadas a versão *cabeada* e a proposta AD-RI (Algoritmo de Distância Mínima com Reciprocidade Indireta) [Rodrigues 2018].

A versão *cabeada* difere da versão *manet* por considerar uma rede com fio, possuindo nós sem mobilidade e fazendo uso do protocolo de roteamento OSPF. A versão *cabeada* serve como um referencial teórico ideal de desempenho. Por sua vez, AD-RI é bem recente e de mesmo propósito de aplicação que BTM-I. Além da taxa de *upload*, a seleção de *peers* em AD-RI considera a distância geográfica e o compartilhamento indireto de dados entre os nós. Ressalta-se que alguns parâmetros de configuração utilizados têm seus valores provenientes de trabalhos anteriores da literatura ou de análises não apresentadas aqui que observam limites adequados de operação. Não se detalha aqui a determinação desses valores por restrição de espaço.

Para os primeiros quatro experimentos, tem-se que o tamanho do *buffer*  $V$  da versão *manet* varia desde  $v = 10$  pedaços ( $\approx 2\%$  do arquivo) até  $v = 120$  pedaços ( $\approx 30\%$  do arquivo), e a janela  $W$  é fixada em  $w = 390$  pedaços, correspondendo ao total do arquivo. Para a versão *cabeada*, o valor do *buffer*  $V$  é fixado em  $v = 30$  pedaços. Uma métrica distinta é avaliada em cada um desses quatro experimentos. O quinto e o sexto experimentos avaliam a escalabilidade das propostas BTM-I e AD-RI, respectivamente, ante o aumento do número de nós na rede. Nos seis experimentos, os valores dos parâmetros de configuração  $x$  e  $y$  (vide Quadro 1) são iguais a 10 e 3, respectivamente.

Em relação à mobilidade, os valores utilizados no SWIM para os cinco experimentos são os mesmos utilizados no trabalho de Mei e Stefa (2009), com um tempo máximo de contato (i.e., máxima duração do encontro) entre os nós de 300 segundos. Nesse cenário, os  $n$  nós se movimentam sobre uma área plana  $A$ , sem obstáculos, de 100 m x 100 m. A velocidade de cada nó é escolhida entre 0 e 2 m/s, e a sua direção entre 0 e 360 graus. Dentre esses  $n$  nós, há um *tracker* e um *seed* que operam ininterruptamente e são diretamente alcançáveis por todos os outros nós.

Sobre a interatividade, são considerados três perfis: *interatividade baixa* (IB), *interatividade média* (IM) e *interatividade alta* (IA). As ações *Play*, *Pause*, *JF* e *JB* são disparadas segundo uma distribuição de *Poisson* de taxa  $\lambda$ , e probabilidades associadas de  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  e  $p_3$ , respectivamente. *Play* possui um intervalo  $I_{play}$  de duração. *Pause* possui um intervalo  $I_{pause}$  de duração. *JF* e *JB* são instantâneas, possuindo ambas um salto de tamanho  $I_{jump}$ . Os valores de  $I_{play}$ ,  $I_{pause}$  e  $I_{jump}$  são calculados como um percentual do tamanho total do vídeo  $f_{size}$ . A Tabela 1 traz os

valores desses parâmetros de configuração, os quais são os mesmos utilizados no trabalho de Rodrigues (2018).

### 5.3 Resultados e Análises

Na Figura 1(a), tem-se o experimento relativo à métrica *download operacional*. A versão *cabeada* (não mostrada na figura) tem o melhor desempenho nesse experimento, alcançando  $\approx 1.300$  kbps nos três perfis. Por sua vez, a versão *manet* tem seu melhor desempenho para um *buffer* de tamanho  $v = 30$  nos três perfis: 381 kbps (*IB*), 397 kbps (*IM*), e 411 kbps (*IA*). Embora a versão *manet* tenha desempenho abaixo do patamar teórico ideal (i.e., versão *cabeada*), os resultados absolutos permitem a visualização do vídeo com atrativa qualidade de serviço (QoS) em todos os perfis, pois os valores registrados estão acima do valor de sua codificação, i.e., 300 kbps.

Parâmetro	Baixa ( <i>IB</i> )	Média ( <i>IM</i> )	Alta ( <i>IA</i> )
$\lambda$	0,005/s	0,014/s	0,025/s
$I_{play}$	14,5% de $f_{size}$	3,5% de $f_{size}$	1,5% de $f_{size}$
$I_{jump}$			
$I_{pause}$			
$p_0, p_1, p_2, p_3$	0,89;0,01;0,05;0,05	0,71;0,05;0,12;0,12	0,55;0,15;0,15;0,15

Tabela 1. Perfis de interatividade

É interessante observar que, conforme o valor de  $v$  aumenta (i.e.,  $v > 30$ ) ou diminui (i.e.,  $v < 30$ ), o desempenho se degenera progressivamente. Com respeito a essa perda de desempenho, conjectura-se a razão a seguir. Para  $v < 30$ , ocorre a situação de um *buffer* pequeno que é rapidamente consumido durante a reprodução. Isso resulta em frequentes indisponibilidades de pedaços localmente, o que aumenta a disputa por pedaços no *swarm*, comprometendo a taxa de *download* de cada nó. Para  $v > 30$ , tem-se a condição de um *buffer* grande que nunca é preenchido. Isso faz com que a recuperação de pedaços seja estritamente sequencial. Neste caso, a diversidade de pedaços no *swarm*, promovida pela recuperação dos pedaços mais raros, deixa de existir, comprometendo a disponibilidade de pedaços no *swarm* e, conseqüentemente, a taxa de *download* de cada nó. Assim, quanto maior (ou menor) for o tamanho do *buffer*, com relação ao valor de referência  $v = 30$ , pior tende a ser o desempenho.

A Figura 1(b) traz o experimento para a métrica *tempo de download*. A versão *cabeada* (não mostrada na figura) tem novamente o melhor desempenho:  $\approx 588$  s para todos os perfis de interatividade. Por sua vez, para a versão *manet*, o melhor desempenho é novamente alcançado para um *buffer* de tamanho  $v = 30$  em todos os

perfis, obtendo-se: 2092 s (*IB*), 2006 s (*IM*), e 1959 s (*IA*). Esses resultados ratificam as observações e conjecturas da discussão anterior sobre a métrica *download operacional*.

Na Figura 2(a), podem ser vistos os resultados dos experimentos da métrica *tempo de descontinuidade*. Como esperado, a versão *cabeada* mais uma vez supera a versão *manet* em todos os perfis de interatividade. No entanto, diferentemente dos dois experimentos anteriores, a otimização do desempenho da versão *manet* não é mais obtida para um mesmo tamanho de *buffer*: 40 s ( $v = 90$  para *IB*); 229 s ( $v = 30$  para *IM*); e 335 s ( $v = 30$  para *IA*).

Esses valores correspondem a apenas 1,8%, 11,4% e 17,1% dos *tempos de download* para os perfis *IB*, *IM* e *IA*, respectivamente. Não obstante, se necessário, pode-se buscar mitigar esses valores por meio de técnicas como *buffering*, *prefetching*, intercalação e/ou *Forward Error Correction* (FEC).

A Figura 2(b) traz a análise da métrica *descontinuidades*. A versão *cabeada* novamente supera a versão *manet* em todos os perfis. Como ocorrido no experimento anterior, a versão *manet* também registra seu melhor desempenho com tamanhos de *buffer* diferentes: 0,9 pedaço ( $v = 60$  para *IB*); 3,5 pedaços ( $v = 60$  para *IM*); e 7,2 pedaços ( $v = 30$  para *IA*). Entretanto, note que, para cada perfil, os pedaços indisponíveis para *buffers* com valores de  $v$  entre 30 e 120 não apresentam uma diferença significativa, não chegando a 1,0 pedaço.

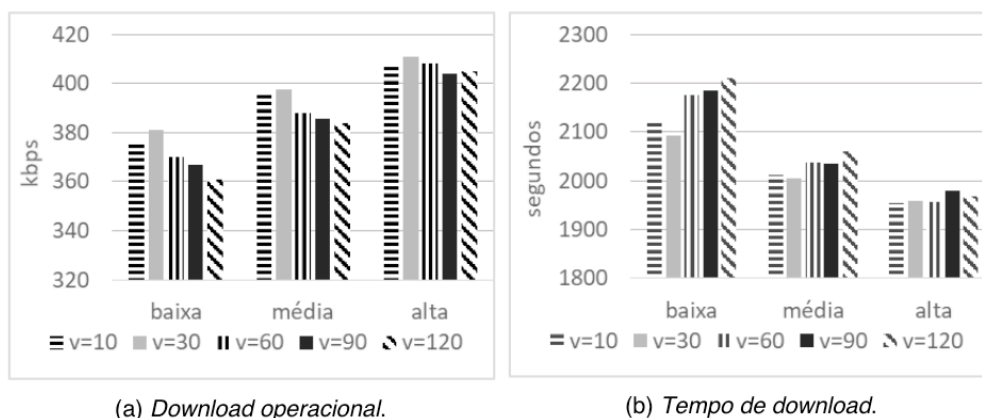


Figura 1. *Download operacional e tempo de download da versão manet.*

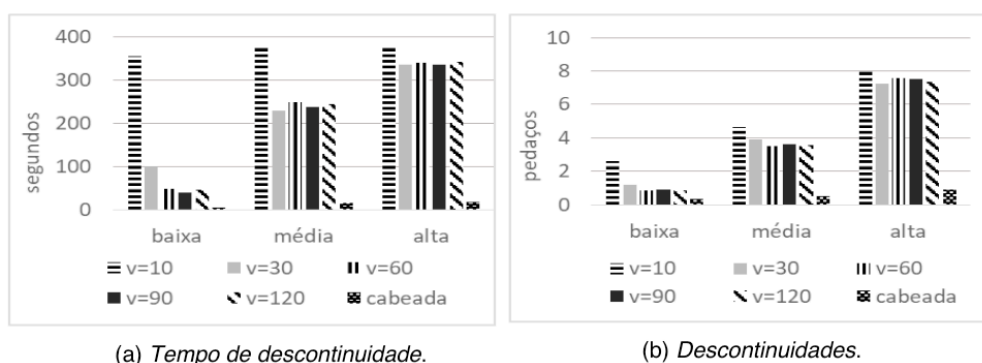


Figura 2. *Tempo de descontinuidade e descontinuidades na reprodução.*

Embora o valor ideal do *buffer* não tenha se mantido idêntico nos três perfis de interatividade nos experimentos ilustrados nas Figuras 2(a) e 2(b), como ocorreu nos dois primeiros experimentos, o valor de  $v$  que otimiza o desempenho da versão *manet* nesses experimentos ainda continua sendo um ponto de referência: a partir do qual (valores maiores ou menores), pode-se observar uma tendência de perda progressiva de desempenho. Note ainda que os resultados desses dois últimos experimentos estão em acordo com as observações e conjecturas dos dois primeiros experimentos.

A partir dos resultados e discussões tidas até este momento, é possível concluir que o algoritmo BTM-I (denotado como versão *manet*) tem performance promissora. Isso é justificado porque o sistema é capaz de prover uma taxa de recuperação do arquivo maior que a taxa de codificação do mesmo (e.g., vide Figura 1) e, também, as descontinuidades medidas não são significativas (e.g., vide Figura 2), estando em patamares aceitáveis para um típico serviço de *streaming* sob demanda interativo, ainda mais especialmente quando a interatividade é baixa. Além disso, também pode ser concluído que o tamanho do *buffer*  $V$  pode ser estimado, na maioria dos casos, em 8% (i.e.,  $v = 30$  pedaços) do tamanho do arquivo, pois o desempenho é semelhante, ou mesmo melhor em alguns casos, ao de *buffers* de tamanhos maiores ou menores. Sobre a superioridade da versão *cabeada*, é possível então concluir que há espaço para a otimização da versão *manet*, o que pode ser alcançado pela adição de outros critérios de seleção de pedaços ou de *peers*, sendo isso uma investigação para trabalhos futuros.

Na Figura 3, pode-se observar os resultados do quinto experimento, o qual trata da escalabilidade da proposta BTM-I. O valor do *buffer*  $V$  é fixado em  $v = 30$ , com a janela  $W$  fixada em  $w = 390$ . Os resultados mostram que o aumento de nós, variando de 25 até 100, não tem impacto significativo sobre as métricas. Por exemplo, para *download operacional*, no perfil *IB*, o maior e o menor valor são 402 e 381 kbps, respectivamente, correspondendo a uma diferença de apenas 5,2%. Para *tempo de download*, no mesmo perfil (*IB*), a diferença percentual entre o maior e o menor valor corresponde a apenas 5,3%. Por fim, para *tempo de descontinuidade* e *descontinuidades*, também no perfil (*IB*), a diferença percentual entre os maiores e o menores valores associados é de  $\approx 30,0\%$ , correspondendo a apenas 30 s e  $\approx 1$  pedaço, respectivamente. Isso permite, portanto, concluir positivamente sobre a escalabilidade.

Por fim, a Figura 4 traz o sexto e último experimento, o qual examina a escalabilidade da proposta AD-RI. Por restrição de espaço, são ilustradas apenas as métricas *download operacional* e *tempo de download*. Os resultados permitem concluir que AD-RI é escalável, pois o aumento do número de nós não influencia significativamente as métricas. Comparando-se BTM-I à AD-RI, os resultados

mostram o seguinte em todos os perfis de interatividade. Para *download operacional* (Figuras 3(a) e 4(a)), BTM-I provê um ganho mínimo de  $\approx 20\%$  (i.e., 80 kbps). Para *tempo de download* (Figuras 3(b) e 4(b)), BTM-I provê uma redução mínima de  $\approx 22\%$  (i.e., 500 s). Para *tempo de descontinuidade*, BTM-I provê uma redução mínima de  $\approx 20\%$  (i.e., 20 s). Para *descontinuidades*, BTM-I provê uma redução mínima de  $\approx 50\%$  (i.e., 2 pedaços). Em síntese, BTM-I é superior à AD-RI. Conjectura-se que essa superioridade ocorre por BTM-I considerar transmissão *broadcast*, implicando maior efetividade no compartilhamento de dados, e ter uma política de seleção de *peers* mais simples, implicando menor *overhead* de operação.

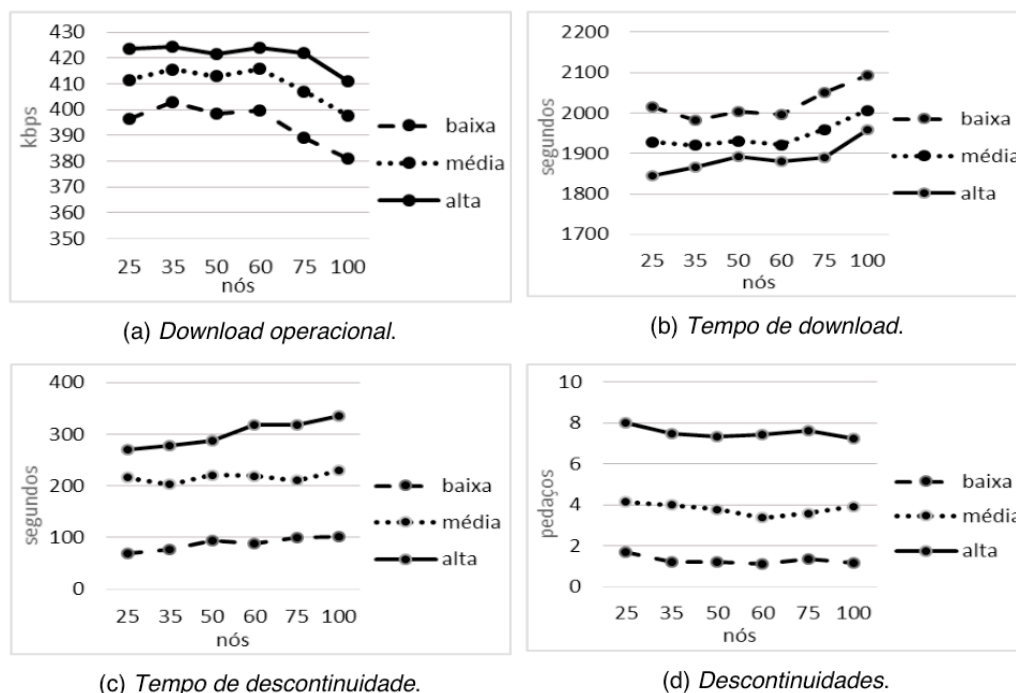


Figura 3. Escalabilidade de BTM-I.

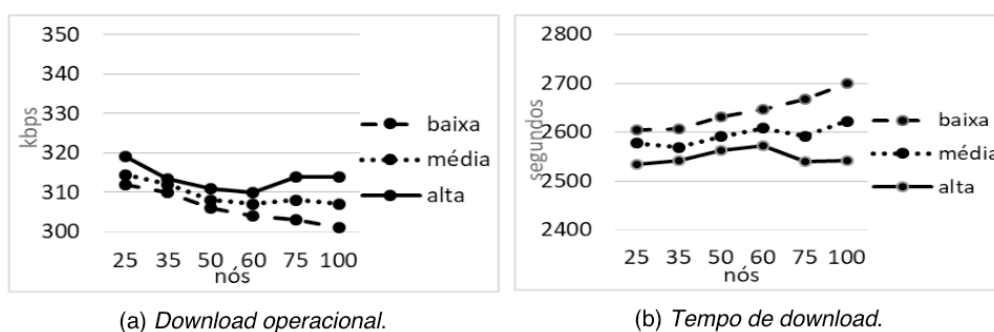


Figura 4. Escalabilidade de AD-RI.

## 6 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo apresentou uma adaptação do algoritmo P2P BitTorrent, denominada de BTM-I, para a realização de *streaming* sob demanda interativo em MANETs. Por meio de simulações e considerando quatro distintas métricas de desempenho, constatou-se a eficiência da proposta e concluiu-se positivamente sobre a QoS do



sistema.

Como resultados pontuais, destacam-se: a taxa de recuperação de dados e a continuidade de reprodução ficaram em patamares atrativos; a escalabilidade da adaptação BTM-I foi confirmada considerando MANETs de até 100 nós; por fim, o envio de dados em *broadcast*, o uso de uma janela para priorização dos dados a recuperar, e o uso da distância geográfica entre os nós para seleção de *peers* se revelaram ideias promissoras para o projeto de protocolos de *streaming* em MANETs.

Para trabalhos futuros, apontam-se: complementar esta análise com modelos analíticos e medições reais, incluindo peculiaridades das camadas inferiores (i.e., MAC e física) [Silva e Moraes 2018]; realizar comparações com outras propostas da literatura ante: distintas áreas de cobertura, variados modelos de mobilidade e interatividade [Domingues et al. 2018], nós heterogêneos e múltiplas codificações de arquivo [Mantzouratos et al. 2012]; por último, avaliar distintos roteamentos [Melo et al. 2017].

## REFERÊNCIAS

- Bai, F. and Helmy, A. (2006). A Survey of mobility models in wireless ad hoc network. In: (eds.) *Wireless Ad Hoc and Sensor Networks*, Springer, October, pp. 1–30. Available at: <https://www.cise.ufl.edu/~helmy/papers/Survey-Mobility-Chapter-1.pdf> Accessed on: Nov. 17th, 2018.
- Baresi, L.; Derakhshan, N.; and Guinea, S. (2016). WiDiSi: A Wi-Fi direct simulator. In: *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, Doha, Qatar.
- Boussoufa-Lahlah, S.; Semchedine, F.; and Bouallouche-Medjkoune, L. (2018). Geographic routing protocols for Vehicular Ad hoc NETWORKS (VANETs): A survey. *Vehicular Communications*, v. 11, January, pp. 20–31.
- Chen, K. and Shen, H. (2015). Maximizing P2P file access availability in mobile ad hoc networks through replication for efficient file sharing. *IEEE Transactions on Computers*, v. 64, n. 4, pp. 1029–1042.
- CISCO. (2017). *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016–2021*. Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>. Accessed on: Nov. 12th, 2018.
- Cohen, B. (2003). Incentives build robustness in BitTorrent. In: *First Workshop on Economics of Peer-to-Peer Systems*, Berkeley, USA.
- Cruz, E. P. F. (2018). A Comprehensive Survey in Towards to Future FANETs. *IEEE Latin America Transactions*, v. 16, n. 3, pp. 876–884.
- D’Acunto, L. et al. (2013). BitTorrent-like P2P approaches for VoD: A comparative study. *Computer Networks*, v. 57, n. 5, pp. 1253–1276.
- Domingues, A. et al. (2018) *Perfil de Uso de Aplicativos Móveis: Caracterização e Aplicações*. In: *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC 2018)*, Campos do Jordão, SP, Brasil.
- Ghalib, S. et al. (2018). Routing protocol development for quality of service optimization of video-on-

demand system over mobile ad hoc networks. *International Journal of Communications Systems*, v. 31, n. 2.

Hu, C.-C. et al. (2017). Timely scheduling algorithm for P2P streaming over MANETs. *Computer Networks*, v. 127, pp. 56–67.

Jahir, Y. et al. (2019). Routing protocols and architecture for disaster area network: A survey. *Ad Hoc Networks*, v. 82, pp. 1–14.

Lal, C.; Laxmi, V.; and Gaur, M. S. (2011). Performance Analysis of MANET Routing Protocols for Multimedia Traffic. In: *International Conference on Computer & Communication Technology (ICCT)*, Allahabad, India.

Legout, A.; Urvoy-Keller, G; and Michiardi, P. (2006). Rarest first and choke algorithms are enough. In: *6th ACM SIGCOM Conference on Internet Measurement*, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Lobato Junior, W. et al. (2017). Mecanismo para Cooperação e Coligação de Veículos Baseado na Teoria dos Jogos para Transmissão de Vídeos em VANETs. In: *16º Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação (WPerformance 2017)*, São Paulo, SP, Brasil.

Mantzouratos, S. et al. (2012). Survey of Cross-layer Proposals for Video Streaming over Mobile Ad hoc Networks (MANETs). In: *International Conference on Telecommunications and Multimedia (TEMU)*, July.

Mei, A. and Stefa, J. (2009). SWIM: A Simple Model to Generate Small Mobile Worlds. In: *IEEE INFOCOM 2009*, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Melo, R. et al. Remote Routing Approach to Restricted Devices in MANETs. (2017). In: *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC 2017)*, Belém, Pará, Brasil.

Montresor, A. and Jelasity, M. (2009). PeerSim: A scalable P2P simulator. In: *9th International Conference on Peer-to-Peer (P2P'09)*, Seattle, Washington, USA.

Quental, N. and P. Gonçalves, P. (2010). Mobile-BitTorrent: a BitTorrent Extension for MANETs. *Revista de Exatas e Tecnológicas*, v. 1, n. 1.

Rodrigues, C. K. S. (2018). Efficient BitTorrent-Like Algorithms for Interactive On-Demand Multimedia Streaming over MANETs. In: *24th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia'18)*, Salvador, BA, Brazil.

Shah, N. et al. (2017). A survey of P2P content Sharing in MANETs. *Computers and Electrical Engineering*, v. 57, pp. 55–68.

Silva, B. e Moraes, R. (2018). Consumo de Energia em Função da Taxa de Transmissão e do Tamanho do Pacote em Redes Ad Hoc Aloha de um Salto. In: *17º Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação (WPerformance 2018)*, Natal, RN, Brasil.

Usman, M. et al. (2018). Performance evaluation of High Definition video streaming over Mobile Ad Hoc Networks. *Signal Processing*, v. 148, pp. 303–313.

Wang, J; Xie, B.; and Agrawal, D. P. (2009). Journey from Mobile Ad Hoc Networks to Wireless Mesh Networks. In: (eds) *Guide to Wireless Mesh Networks*. Computer Communications and Networks. Springer, London.

Xiang, S. and Yang, J. (2018). Performance reliability evaluation for mobile ad hoc networks. *Reliability Engineering & System Safety*, v. 169, pp. 32–39.

## TRANSFERÊNCIA DE CULTIVARES NO CONTEXTO NACIONAL

Data de aceite: 18/05/2020

**Alexandre Ventin de Carvalho**  
**Líbia Cristina Xavier Santos**  
**Marina Couto Giordano de Oliveira**  
**Wina Eleana Lages Pereira**  
**Grace Ferreira Ghesti**  
**Lenine Rodrigues de Melo**

### INTRODUÇÃO

Em 1883, a Convenção de Paris para a Proteção da Propriedade Industrial reconheceu e valorizou a capacidade criadora do homem para o avanço tecnológico. Este avanço foi acompanhado por transformações rápidas e profundas que marcaram o século passado e evoluíram até os dias atuais, tendo a propriedade intelectual assumido papel de grande importância. (MAPA, 2011)

O artigo 27.3(b) do Acordo sobre Aspectos de Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados com o Comércio (Acordo TRIPS) que dispõe sobre patentes estabelece que os países-membros da Organização Mundial do Comércio (OMC) podem optar, para proteção intelectual das variedades vegetais, por um sistema patentário, um modelo *sui generis* ou

uma combinação de ambos. (MAPA, 2011)

Com a edição da Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997, também conhecida como Lei de Proteção das Cultivares, o Brasil cumpriu o compromisso internacional ao fornecer um sistema *sui generis* de proteção às novas cultivares. A opção por tal sistema baseou-se na Convenção Internacional para a Proteção de Novas Variedades de Plantas, de 1978, conhecida como UPOV 1978. A Lei de Proteção das Cultivares e a filiação do Brasil à UPOV garantem que os direitos dos obtentores brasileiros de novas cultivares sejam respeitados pelos países filiados a essa entidade, da mesma forma que os direitos deles serão protegidos no Brasil, criando-se um ambiente de estímulo à pesquisa e ao desenvolvimento (P&D) de novas cultivares. (GALVÃO, 2001)

O melhoramento genético de plantas trouxe um avanço no setor agrícola, pois os agricultores necessitam de sementes ou mudas testadas dentro de uma determinada espécie que sejam adaptadas a condições ambientais e de manejo específicas, que variam conforme a região, o nível tecnológico e econômico e às práticas de cultivo empregadas. Do ponto de vista da segurança alimentar, foi introduzida

resistência genética a pragas e doenças, a fim de tornar mais eficiente o cultivo das diferentes espécies de plantas, potencializando, também, a resposta ao uso de insumos, o que contribui para o desenvolvimento agrícola sustentável. (MAPA, 2011)

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) define transferência de tecnologia como uma negociação econômica e comercial que deve atender a determinados preceitos legais e promover o progresso da empresa receptora e o desenvolvimento econômico do país. (INPI, 2018) Em se tratando de cultivar, a transferência de tecnologia se dá por meio de contrato de licenciamento. Este capítulo aborda a transferência de cultivares no Brasil.

## A CULTIVAR

O termo cultivar é originário da expressão em inglês *cultivated variety*. Ele foi proposto pelo especialista em horticultura Liberty Hyde Bailey e é derivado do latim *varietas culta*, significando *variedade cultivada* de uma espécie vegetal. (MAPA, 2011)

Cultivar é uma variedade de plantas obtida por um cultivo resultado de uma solução artificial. (ORMOND, 2006) O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) define cultivar como o resultado de melhoramento em uma variedade de planta que a torne diferente das demais em sua coloração, porte e resistência a doenças, de modo que a nova característica seja igual em todas as plantas da mesma cultivar, mantida ao longo das gerações. (MAPA, 2018)

A cultivar também é definida como uma nova variedade de planta com características específicas, resultantes de pesquisas em agronomia e biociências (genética, biotecnologia, botânica e ecologia) decorrente de melhoramento vegetal e não simplesmente descoberta na natureza. (JUNGMANN, 2010)

A diversidade de organismos vegetais criou a necessidade de classificação, cujo objetivo é agrupar as plantas dentro de um sistema botânico. A unidade fundamental dos sistemas de classificação é a espécie, considerada como um grupo de indivíduos que se assemelham e são capazes de se intercrossarem, originando descendentes férteis. O conjunto de espécies que mais se assemelham denomina-se gênero e o conjunto de gênero é chamado família. (MAPA, 2011)

Sob o enfoque legal, o art. 3º da Lei n. 9.456, de 1997, define cultivar como uma variedade de qualquer gênero ou espécie vegetal superior que seja claramente distinguível de outras cultivares conhecidas por margem mínima de descritores, por sua denominação própria, que seja homogênea e estável quanto aos descritores através de gerações sucessivas e seja de espécie passível de uso pelo complexo agroflorestal, descrita em publicação especializada disponível e acessível ao público.

O termo cultivar designa um grupo de plantas melhoradas em virtude da

alteração ou da introdução, pelo homem, de uma característica que até então este grupo de plantas não possuía. Distingue-se de outras variedades da mesma espécie de planta por sua homogeneidade, estabilidade e novidade.

## PROTEÇÃO DAS CULTIVARES NO BRASIL

A Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996, também conhecida como Lei de Propriedade Industrial, regulamentou o artigo 27.3(b) do Acordo TRIPS, porém não previu a proteção de variedades vegetais por meio de patentes. (MAPA, 2011) Eis o que estabelecem os artigos. 10 e 18 do mencionado diploma legal:

Art. 10. Não se considera invenção nem modelo de utilidade:

[...] IX – o todo ou parte de seres vivos naturais e materiais biológicos encontrados na natureza, ou ainda que dela isolados, inclusive o genoma ou germoplasma de qualquer ser vivo natural e os processos biológicos naturais;

Art. 18. Não são patenteáveis:

[...] III – o todo ou parte dos seres vivos, exceto os microorganismos transgênicos que atendam os três requisitos de patenteabilidade – novidade, atividade inventiva e aplicação industrial – previstos no Art. 8º e que não seja mera descoberta.

A Lei de Propriedade Industrial pode ser utilizada como forma de proteção à propriedade intelectual nas atividades de melhoramento vegetal no Brasil, embora a utilização dessa legislação se restrinja à proteção de genes e organismos geneticamente modificados. (SALLES FILHO et al., 2007) Nos demais casos, descartou-se a possibilidade da proteção de variedades vegetais por meio de patentes, tendo o Brasil ratificado sua opção pela utilização de um mecanismo *sui generis* de proteção com a edição da Lei de Proteção das Cultivares, regulamentada pelo Decreto n. 2.366, de 1997. (MAPA, 2011)

Para complementar a implantação desta Lei, o Congresso Nacional aprovou, por meio do Decreto Legislativo n. 28, de 19 de abril de 1999, o texto da UPOV, ata de 1978. No mesmo ano, o presidente da República promulgou a Convenção, por meio do Decreto n. 3.109, de 30 de junho de 1999, confirmando a adesão do Brasil a esta organização internacional. (MAPA, 2011)

Há ainda importantes legislações correlatas ao tema, como a Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003, também conhecida como Lei de Sementes e Mudas, e seu Decreto n. 5.153, de 23 de julho de 2004, bem como a Lei n. 10.973, de 2 de dezembro 2004, conhecida como Lei de Inovação Tecnológica, e seu Decreto n. 9.283, de 7 de fevereiro de 2018. (MAPA, 2011)

Mas é a Lei de Proteção das Cultivares que protege as novas variedades de plantas, resguardando os direitos dos seus criadores, conferindo-lhes, por um determinado prazo, direito exclusivo sobre sua comercialização. Isto porque o

melhoramento de plantas exige habilidade e conhecimentos bastante específicos, requer investimentos significativos (estufas, equipamento de laboratório, mão-de-obra qualificada, por exemplo) e, geralmente, demanda um tempo considerável. Dessa forma, a proteção dos direitos dos obtentores cria um ambiente de estímulo à pesquisa e desenvolvimento de novas cultivares, possibilitando segurança e retorno dos investimentos aportados e impedindo a comercialização de cultivares por terceiros não autorizados. (MAPA, 2018)

Segundo a Lei de Proteção das Cultivares, uma cultivar para ser protegida deve ser produto de melhoramento genético, ser nova, ser distintiva, ser homogênea, ser estável, ser de uma espécie passível de proteção no Brasil e receber a denominação adequada.

O artigo 3º, inciso VI, da mesma lei, define como distinta a cultivar que se distingue claramente de qualquer outra cuja existência na data do pedido de proteção seja reconhecida. Este requisito está diretamente relacionado à inovação, no sentido de ser literalmente algo novo. (MAPA, 2011)

A distinguibilidade é comprovada quando se compara as cultivares por meio de um conjunto de características definidas pelo órgão de proteção e divulgadas em publicação oficial. O conjunto dessas características é chamado de *descriptor* que, segundo o artigo 3º, inciso II, da Lei de Proteção das Cultivares, é a característica morfológica, fisiológica, bioquímica ou molecular que seja herdada geneticamente, utilizada na identificação de cultivar (formato, coloração e tamanho de frutos, em cultivares de maçã, por exemplo).

Por sua vez, a homogeneidade é comprovada quando, a cultivar que, utilizada em plantio, em escala comercial, apresenta uma variabilidade mínima quanto aos descritores que a identifiquem, segundo critérios estabelecidos pelo órgão competente. A cultivar homogênea é aquela que é uniforme nas suas características relevantes. Analisar a homogeneidade significa verificar se a cultivar que se pretende proteger, quando cultivada, mantém um padrão uniforme, considerando as características que foram utilizadas para descrevê-la. (MAPA, 2011)

Já a estabilidade de uma cultivar é comprovada quando, reproduzida em escala comercial, mantém a sua homogeneidade através de gerações sucessivas. Assim, quando multiplicada em cultivos sucessivos, a cultivar mantém suas características preservadas, em relação aos seus descritores, em todas as gerações (MAPA, 2011)

Os três requisitos descritos acima devem ser comprovados por meio do teste de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) que nada mais é do que um procedimento técnico de comprovação de que a nova cultivar<sup>1</sup> ou a

1 Art 5º Considera-se, para os efeitos deste Decreto:

[...]

V - nova cultivar: a cultivar que não tenha sido oferecida à venda no Brasil há mais de doze meses em relação à data do pedido de proteção e que, observado o prazo de comercialização no Brasil não tenha sido oferecida à ven-

cultivar essencialmente derivada<sup>2</sup> são distinguíveis de outra cujos descritores sejam conhecidos, homogêneas quanto às suas características em cada ciclo reprodutivo e estáveis quanto à repetição das mesmas características ao longo de gerações sucessivas.

O objetivo da realização dos testes de DHE é garantir que a simples descoberta de plantas nativas não seja passível de proteção, impedindo que as empresas privadas se apropriem da biodiversidade. No Brasil, os testes são de responsabilidade do requerente da proteção e devem ser entregues na apresentação do pedido de proteção.

A novidade diz respeito ao tempo de comercialização, não tendo relação com a atividade inventiva. De acordo com o artigo 3º, inciso V, da Lei de Proteção das Cultivares, é considerada nova a cultivar que não tenha sido oferecida à venda no Brasil há mais de doze meses em relação à data do pedido de proteção e que, observado o prazo de comercialização no Brasil, não tenha sido oferecida à venda em outros países, com o consentimento do obtentor, há mais de seis anos para espécies de árvores e videiras e há mais de quatro anos para as demais espécies.

A Lei n. 10.711, de 2003, conhecida como Lei de Sementes e Mudanças apresenta, em artigo 2º, inciso XIV, a definição de comércio. Segundo o citado diploma legal, comércio é o ato de anunciar, expor à venda, ofertar, vender, consignar, reembalar, importar ou exportar sementes ou mudas. Desse modo, o obtentor deve estar atento a determinadas ações promocionais ou lançamentos de cultivares, para que a novidade não seja colocada em risco. O período compreendido entre a primeira comercialização e o prazo limite para solicitar a proteção da cultivar é conhecido como período de graça. (MAPA, 2011)

Para que a cultivar seja protegida, ainda é preciso que receba denominação adequada. De acordo com o artigo 15 da Lei de Proteção das Cultivares, toda cultivar deverá possuir uma denominação genérica, obedecendo aos seguintes critérios para fins de proteção: ser única, não podendo ser expressa apenas de forma numérica, ter denominação diferente de cultivar preexistente e não induzir a erro quanto às suas características intrínsecas ou quanto à sua procedência. A denominação deve

---

da em outros países, com o consentimento do obtentor, há mais de seis anos para espécies de árvores e videiras e há mais de quatro anos para as demais espécies;

2 Idem

IX - cultivar essencialmente derivada: a essencialmente derivada de outra cultivar se, cumulativamente, for:

- a) predominantemente derivada da cultivar inicial ou de outra cultivar essencialmente derivada, sem perder a expressão das características essenciais que resultem do genótipo ou da combinação de genótipos da cultivar da qual derivou, exceto no que diz respeito às diferenças resultantes da derivação;
- b) claramente distinta da cultivar da qual derivou, por margem mínima de descritores, de acordo com critérios estabelecidos pelo SNPC;
- c) não tenha sido oferecida à venda no País há mais de doze meses em relação à data do pedido de proteção e que, observado o prazo de comercialização no Brasil, não tenha sido oferecida à venda em outros países, com o consentimento do obtentor, há mais de seis anos para espécies de árvores e videiras e há mais de quatro anos para as demais espécies;

ser proposta no momento do pedido de proteção pelo requerente.

## SERVIÇO NACIONAL DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES

A Lei de Proteção das Cultivares criou, no âmbito do MAPA, o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC, a quem compete a proteção de cultivares, bem como a manutenção do Cadastro Nacional de Cultivares Protegidas. O SNPC está ligado ao Departamento de Fiscalização dos Insumos Agrícolas (DFIA) da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do MAPA.

Mas foi o Decreto n. 2.366, de 5 de novembro de 1997, que descreveu as atribuições do SNPC. Uma das principais atribuições desse Sistema é a proteção das novas cultivares e as cultivares essencialmente derivadas, outorgando-lhes os certificados de proteção correspondentes. Eis a transcrição do artigo 3º do Decreto n. 2.366, de 1997:

Art 3º O Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC, criado pela Lei nº 9.456, de 1997, no âmbito do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, é o órgão competente para a proteção de cultivares no País, cabendo-lhe especialmente:

I - proteger as novas cultivares e as cultivares essencialmente derivadas, outorgando-lhes os certificados de proteção correspondentes;

II - divulgar, progressivamente, as espécies vegetais e respectivos descritores mínimos, necessários à abertura de pedidos de proteção, bem como a data-limite, na hipótese da alínea “a” do § 1º do art. 6º deste Decreto, para apresentação dos pedidos;

III - elaborar e submeter à aprovação do Ministro de Estado da Agricultura e do Abastecimento normas complementares, no âmbito de sua competência, sobre a proteção de novas cultivares e de cultivares essencialmente derivadas, bem assim de cultivares passíveis de proteção na forma do art. 4º, § 1º, da Lei nº 9.456, de 1997, de qualquer gênero ou espécie vegetal, e estabelecer os formulários necessários à tramitação do pedido de proteção;

IV - receber, protocolizar, deferir e indeferir pedidos de proteção, formalizados mediante requerimento assinado pela pessoa física ou jurídica que obtiver cultivar, ou por seu procurador devidamente habilitado;

V - receber, protocolizar, julgar, deferir e indeferir pedidos de impugnação apresentados por terceiros ou pelo requerente do direito de proteção;

VI - receber, protocolizar, instruir e encaminhar ao Ministro de Estado da Agricultura e do Abastecimento recursos apresentados por terceiros ou pelo requerente do pedido de proteção;

VII - divulgar, mediante publicação no *Diário Oficial* da União e em publicação periódica especializada, os extratos dos pedidos de proteção, a proteção concedida, as transferências de titularidade, a declaração de licenciamento compulsório ou de uso público restrito, a suspensão transitória, a extinção da proteção e a nulidade ou o cancelamento dos certificados de proteção e outros atos, despachos e decisões administrativas decorrentes da proteção de cultivares;

VIII - conceder, manter, transferir, cancelar e anular Certificado Provisório de Proteção e Certificado de Proteção de Cultivar;

IX - estruturar ou credenciar bancos destinados à conservação de amostras vivas que integrarão a coleção de germoplasma de cultivares protegidas;

X - determinar a realização de ensaios de campo e testes em laboratório para diferenciação da cultivar, quando julgar necessários;



- XI - fiscalizar o cumprimento das normas legais pertinentes à proteção e ao direito de proteção;
  - XII - fornecer certidões relativas às matérias de que trata a Lei nº 9.456, de 1997;
  - XIII - estabelecer os modelos de certificados de proteção;
  - XIV - emitir parecer técnico conclusivo em processos de requerimento de licença compulsória da cultivar protegida, bem como adotar as medidas complementares, referentes à comunicação às partes interessadas e acompanhamento da implementação da licença concedida;
  - XV - emitir parecer técnico conclusivo com vistas a subsidiar declaração de uso público restrito de cultivar protegida;
  - XVI - criar grupo de trabalho composto de especialistas para prestar assessoramento em matérias específicas;
  - XVII - opinar sobre a conveniência de assinatura, ratificação ou denúncia de convenções, tratados, convênios e acordos sobre proteção de cultivares;
  - XVIII - averbar, no cadastro de cultivar protegida, as decisões relativas a processos de licença compulsória e de declaração de uso público restrito;
  - XIX - indicar a participação de servidores em reuniões técnicas, comitês e grupos de trabalho de âmbito nacional e internacional sobre proteção de cultivares;
  - XX - relacionar-se com instituições públicas e privadas, de âmbito nacional, internacional e estrangeira, com o objetivo de manter banco de dados de denominações e de descritores de cultivares, bem como para intercâmbio técnico-científico na área de proteção de cultivares;
  - XXI - implantar e manter atualizado o Cadastro Nacional de Cultivares Protegidas - CNCP;
- Parágrafo único - Os serviços técnicos de que tratam os incisos IX e X deste artigo poderão ser realizados por convênios ou contratos, ou pelo sistema de credenciamento, com instituições públicas ou privadas.

São atividades de rotina do SNPC a análise de requerimentos de proteção e concessão de certificados de proteção, monitoramento das cultivares protegidas, elaboração de DHE, elaboração de regulamentos, divulgação e fomento ao uso do sistema de proteção de cultivares, representação do Brasil perante a UPOV, realização de testes de campo para diferenciação e caracterização de cultivares e apoio a ações de fiscalização de sementes e mudas.

Segundo a legislação pertinente, no que se refere ao pedido de proteção de cultivar, o requerente deverá apresentar em formulário próprio ao SNPC, que fará a verificação formal preliminar quanto à existência de sinonímia e, se inexistente, o protocolizará desde que devidamente instruído.

A data e hora do registro, o número de apresentação do pedido, o nome e endereço completo do interessado e de seu procurador, se houver, constarão do protocolo do pedido de proteção de cultivar para fins de prevalência da proteção solicitada.

Protocolizado o pedido de proteção de cultivar, proceder-se-á a análise para verificação das exigências legais e técnicas, notadamente quanto aos descritores indicativos das características de DHE, comprovação da efetivação de testes e ensaios com a cultivar, dentre outros. Caso seja detectada a similaridade entre

duas ou mais cultivares da mesma espécie, no decorrer da análise do processo, prevalecerá a prioridade do pedido de proteção.

Quando o pedido de proteção não oferecer os elementos suficientes para a completa análise processual, o SNPC solicitará ao requerente que, no prazo de sessenta dias, a contar do recebimento da notificação, apresente novo relatório técnico descritivo, bem como outras informações complementares.

Cumprida a exigência e persistindo dúvidas relativas à diferenciação da cultivar, o SNPC poderá realizar os testes ou ensaios comparativos de campo às expensas do requerente, caso este concorde, ou determinar o arquivamento do pedido. No caso de diligência, o prazo para publicação do pedido de proteção de cultivar, de até sessenta dias, passará a ser contado a partir da data do pleno atendimento da citada diligência. Publicado o pedido, correrá o prazo de noventa dias para apresentação de eventuais impugnações.

Recebida a impugnação, o SNPC, no prazo de até trinta dias, cientificará o requerente da proteção, encaminhando-lhe cópia do inteiro teor da impugnação, para manifestar-se no prazo de trinta dias, a contar da data do recebimento da notificação.

Recebida a defesa do requerente em relação à impugnação, ou decorrido o prazo de trinta dias sem manifestação, o SNPC decidirá pelo deferimento ou não do pedido de proteção. Da decisão que deferir ou denegar o pedido de proteção, caberá recurso no prazo de sessenta dias a contar da data de sua publicação.

Recebido e protocolizado o recurso, o SNPC instruirá o processo, submetendo-o ao Ministro de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que decidirá no prazo de sessenta dias, a partir daquele registro.

Publicado o pedido de proteção, será concedido, a título precário, o Certificado Provisório de Proteção, assegurando, ao titular, o direito de exploração comercial da cultivar, nos termos desta Lei.

Deferido o pedido e não havendo recurso tempestivo, a publicação será efetuada no prazo de até quinze dias.

O Certificado de Proteção de Cultivar será imediatamente expedido depois de decorrido o prazo para recurso ou, se este interposto, após a publicação oficial de sua decisão.

A proteção de cultivar é materializada pelo Estado por meio do Certificado de Proteção de Cultivar que, segundo o artigo 2º da Lei de Proteção das Cultivares, é bem móvel para efeitos legais.

Deverão constar do Certificado de Proteção de Cultivar o número respectivo, nome e nacionalidade do titular ou, se for o caso, de seu herdeiro, sucessor ou cessionário, bem como o prazo de duração da proteção. Além desses dados, constarão do Certificado de Proteção de Cultivar o nome do melhorista e, se for

o caso, a circunstância de que a obtenção resultou de contrato de trabalho ou de prestação de serviços ou outra atividade laboral.

## REGISTRO NACIONAL DE CULTIVARES

Por meio da Portaria n. 527, de 30 de dezembro de 1997, o MAPA instituiu o Registro Nacional de Cultivares (RNC) cuja finalidade é habilitar previamente cultivares e espécies para a produção e a comercialização de sementes e mudas no país, independente do grupo a que pertencem - florestais, forrageiras, frutíferas, grandes culturas, olerícolas, ornamentais e outros. Assim, a produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes e mudas ficam condicionados à prévia inscrição da respectiva cultivar no RNC.

O RNC visa, ainda, garantir a identidade e qualidade do material de multiplicação e de reprodução vegetal produzido, comercializado e utilizado em todo o território nacional. Ao realizar o registro de uma cultivar no RNC, a pessoa física ou jurídica se torna o mantenedor daquela cultivar que conserve sua pureza e suas características de identidade genética. (ASSIS, 2018)

O RNC é atualmente regido pela Lei de Sementes e Mudas e regulamentado pelo Decreto n. 5.153, de 23 de julho de 2004, sendo de responsabilidade da Coordenação de Sementes e Mudas – CSM, do Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas – DFIA, da Secretaria de Defesa Agropecuária – DAS. (MAPA, 2018)

Há diferença entre a proteção e o registro de uma cultivar. A proteção de uma cultivar está relacionada aos direitos relativos à propriedade intelectual, assegurando ao seu titular o direito à reprodução comercial no território brasileiro, ficando vedados a terceiros, durante o prazo de proteção, a produção para fins comerciais, o oferecimento à venda e a comercialização do material de propagação da cultivar, sem sua autorização. Por sua vez, o registro da cultivar no RNC permite a produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes e mudas. (ASSIS, 2018)

## O MELHORISTA, O OBTENTOR E O TITULAR DO DIREITO DE PROTEÇÃO

Os artigos 5º a 7º da Lei de Proteção das Cultivares tratam exclusivamente do obtentor, garantindo àquele que obtiver nova cultivar ou cultivar essencialmente derivada no Brasil a proteção que lhe garanta o direito de propriedade nas condições estabelecidas na Lei. O obtentor, via de regra, é a pessoa física ou jurídica que viabilizou o desenvolvimento da cultivar.

Segundo a Lei de Proteção das Cultivares, a proteção poderá ser requerida por pessoa física ou jurídica que tiver obtido cultivar, por seus herdeiros ou sucessores

ou por eventuais cessionários, mediante apresentação de documento hábil.

O obtentor tem o direito patrimonial em relação a cultivar, podendo gerir a sua exploração, já o melhorista é a pessoa física que cria a cultivar propriamente dita e possui em relação a ela o direito moral de ser referido como seu criador. Esse direito moral é inalienável, não podendo ser transferido a terceiros.

Por sua vez, o titular do direito de proteção é a pessoa física ou jurídica que tem o direito de proteção, seja por ser o obtentor ou porque adquiriu a titularidade do direito de proteção de um obtentor, por meio de uma cessão definitiva.

## DO DIREITO DE PROTEÇÃO

A proteção da cultivar recairá sobre o material de reprodução ou de multiplicação vegetativa da planta inteira, assegurando ao seu titular o direito à reprodução comercial no território brasileiro, ficando vedados a terceiros, durante o prazo de proteção, a produção com fins comerciais, o oferecimento à venda ou a comercialização, do material de propagação da cultivar, sem sua autorização.

Contudo, o artigo 10 da Lei de Proteção das Cultivares traz limitações a esse direito. De acordo com a mencionada **lei**, são exceções ao direito do obtentor de cultivar protegida:

- a) reserva e planta sementes para uso próprio, em seu estabelecimento ou em estabelecimento de terceiros cuja posse detenha;
- b) uso ou venda como alimento ou matéria-prima do produto obtido do seu plantio, exceto para fins reprodutivos;
- c) utilização da cultivar como fonte de variação no melhoramento genético ou na pesquisa científica;
- d) multiplicação de sementes para doação ou troca por pequeno produtor rural, exclusivamente para outros pequenos produtores rurais, no âmbito de programas de financiamento ou de apoio a pequenos produtores rurais, conduzidos por órgãos públicos ou organizações não-governamentais, autorizados pelo Poder Público
- e) multiplicação, distribuição, troca ou comercialização de sementes, mudas e outros materiais propagativos no âmbito do disposto no art. 19 da Lei nº 10.696, de 2 de julho de 2003, na qualidade de agricultores familiares ou por empreendimentos familiares que se enquadrem nos critérios da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006.

A cana-de-açúcar recebeu um tratamento especial da Lei de Proteção das Cultivares. De acordo com o seu artigo 10, parágrafo 1º, a cana-de-açúcar constitui a única espécie à qual não pode ser aplicado o uso próprio ao material propagativo das cultivares protegidas, na hipótese de o agricultor possuir área superior a quatro módulos **fiscais** e produção destinada ao processamento industrial. (MAPA, 2011)

## TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA DE CULTIVAR PROTEGIDA

A transferência de tecnologia é um processo contínuo, estratégico, realizada

por agentes capacitados que exercem suas habilidades técnicas para motivar e desenvolver processos de mudanças, e não se exaure pela celebração do respectivo instrumento jurídico, mas tem seu êxito mensurado pelo desempenho da transação principalmente no ambiente de quem recebeu a tecnologia, se efetivamente proveu a solução de problemas e gerou benefícios a todas as partes envolvidas. (LUNDQUIST, 2003)

Como visto, especificamente no que concerne a cultivar, para que possa ser produzida e comercializada é necessário realizar sua inscrição da cultivar no Registro Nacional de Cultivares – RNC, conforme determina a Lei de Sementes e Mudas, pois a certificação da proteção perante o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC apenas assegura os direitos inerentes à propriedade intelectual do obtentor.

Cumpridos os requisitos prévios e legais, o passo seguinte é buscar a melhor forma de comercialização, que poderá ser realizada diretamente pelo obtentor ou, por terceiros por ele devidamente autorizados, sendo possível, nesta última hipótese, o recebimento de uma contraprestação pecuniária que poderá ser temporária ou definitiva.

A negociação, em qualquer dos casos, é precedida de uma avaliação em que se define a adequação, viabilidade, condições da transferência da tecnologia, preços e prazos, assim como as bases legais sobre as quais o instrumento jurídico será celebrado. (SANTOS, 2018)

A cessão definitiva se efetiva por meio da transferência da titularidade do direito de propriedade intelectual, operando-se a venda desse direito, mediante pagamento único.

Já no caso da cessão temporária – ou licenciamento – concede-se uma licença, por meio de um contrato, autorizando a produção e comercialização da cultivar por terceiro, mediante o pagamento de uma remuneração em dinheiro, comumente conhecida pelo termo *royalty*.

O valor dos *royalties* é influenciado não só pela qualidade da tecnologia em comparação com outras existentes, mas também pelo tamanho e pela dinâmica do mercado do bem ou serviço a ser negociado, pelo nível de rentabilidade esperado, pela efetividade da proteção da tecnologia, bem como pelas eventuais vantagens comerciais derivadas da transferência de prestígio ou imagem, como a exclusividade. (SANTOS, 2018)

Especificamente no tocante aos contratos de transferência de cultivar, deve-se levar em consideração a espécie, a forma de propagação comercial da cultivar e outras características específicas da cadeia de comercialização, de modo a conter as condições de embalagem do produto, a forma de retribuição dos *royalties*, as causas de resolução do contrato, a limitação da possibilidade de propagação do material da cultivar, a obrigatoriedade de utilização de denominação ou nome comercial

específico na comercialização do resultado da utilização da cultivar, a possibilidade de inspeções nas áreas de produção ou obrigatoriedade de declaração de área de produção, a fim de possibilitar o controle da quantidade produzida. (MAPA, 2011)

Quanto à negociação dos *royalties*, não há um consenso a respeito da melhor forma de serem fixados, pois cada método apresenta limitações inerentes distintas. No processo de desenvolvimento de novas tecnologias, a valoração serve para subsidiar o processo para sua comercialização e conseqüentemente a fixação dos *royalties*. (SANTOS, 2018)

Os métodos tradicionais de valoração de uma tecnologia podem utilizar tanto o cálculo do custo para reproduzir ou substituir o respectivo ativo, como o preço dos produtos ou serviços comparáveis no mercado ou a capacidade de gerar lucro do ativo tecnológico. (SANTOS, 2018)

A primeira metodologia se baseia no cálculo do montante de dinheiro que custaria substituir a capacidade de serviço futuro da tecnologia, utilizando-se de algumas variáveis, tais como: custos por hora de remuneração a pesquisadores e engenheiros que trabalharam no desenvolvimento, custos diretos por uso de instalações e equipamentos, custo de matérias primas, reagentes e materiais utilizados, pagamento de serviços independentes de avaliação, prova ou certificação, despesas com proteção da propriedade intelectual, publicidade, entre outros. (SANTOS, 2018)

Já o método que utiliza a abordagem de mercado, baseia-se no resultado comparativo decorrente de pesquisa de mercado acerca do que já foi realizado com uma tecnologia similar, sendo bastante utilizada a regra dos 3% a 5%, baseada em padrões industriais em que se utiliza paradigmas de diferentes setores; no caso específico de transferência de cultivar, o valor dos *royalties* pode aumentar segundo a pureza genética da semente ou muda a ser produzida e comercializada ou, ainda por uma necessidade específica do mercado, seja em virtudes de condições climáticas ou combate a pragas, bem como se pode utilizar a regra dos 25% em que o benefício é repartido na proporção 25% para o obtentor e 75% para o licenciado, considerando-se o aumento de receita ou a redução de custo. (SANTOS, 2018)

O método da receita esperada, por sua vez, fundamenta-se na expectativa do quanto o licenciado lucrará com a comercialização e é adequado para ambientes de baixa incerteza, pois se vincula a uma receita cuja ocorrência futura é impossível de assegurar. (SANTOS, 2018)

A Figura 1 apresenta o fluxograma de transferência de tecnologia de cultivar. Nesta abordagem, é feita uma avaliação não somente dos gastos, despesas, investimento e vendas do projeto, mas também das expectativas de receita futura do produto do conhecimento, de sorte a não indicar um valor único da tecnologia, mas uma faixa para a negociação na qual se define o valor mínimo para licenciar, o

valor esperado, e a partir de que ponto resulta um excedente de valor em benefício do licenciante, isto é, quando se obtém uma receita econômica maior na média do mercado. (SANTOS, 2018)

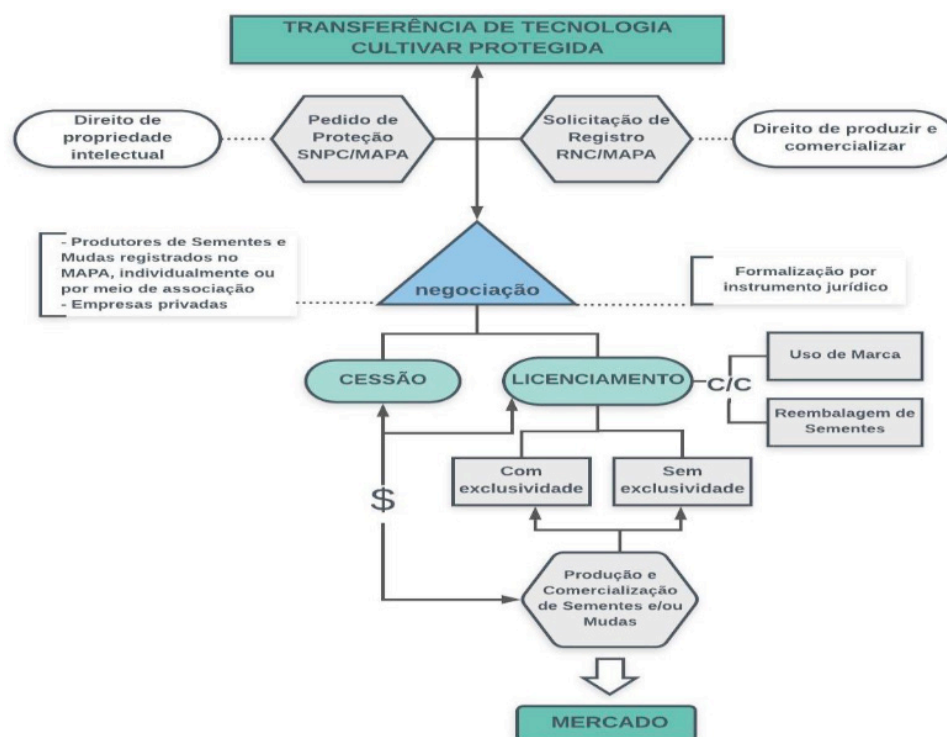


Figura 1. Fluxograma para transferência de tecnologia de cultivar e exploração comercial.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A decisão acerca de como explorar a variedade protegida no mercado deve ser pensada e decidida em cada caso, considerando as particularidades do obtentor, da espécie e da cultivar, haja vista a existência de vantagens e desvantagens em ambos os tipos de exploração por terceiros. (MAPA, 2011) Vide Figura 1.

Se a cessão permite ao titular saber o quanto exatamente irá receber pela transferência dos direitos sobre a propriedade intelectual, além de eximi-lo das obrigações para a manutenção da proteção, o licenciamento, por sua vez, possibilita não somente manter o controle sobre a propriedade intelectual, mas limitar seu uso possibilitando a melhoria do produto ou serviço licenciado.

De outro lado, se a cessão minimiza o retorno financeiro a longo prazo ao titular, o licenciamento o maximiza, não obstante os ganhos sejam compartilhados.

Como se vê, tanto na cessão quanto no licenciamento, sempre existirão aspectos positivos e negativos, assim vale a pena se utilizar de ferramentas de planejamento estratégico, como a análise FOFA, usada para mapear os ambientes internos e externos de uma organização, dividida em forças e fraquezas do ambiente interno da organização (orçamento, equipes, processos internos etc.) e em ameaças e oportunidades do ambiente externo (*stakeholders*, concorrentes, parceiros externos etc.) para posterior confecção de planos de negócios e posicionamento de produtos

e serviços no mercado. (FUSCALDI e MARCELINO, 2008)

Em razão disso, a Tabela 1 foi elaborada com dados fornecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a fim de ser realizada uma análise estruturada dos múltiplos fatores interativos que possibilitam a indicação das potencialidades e das desvantagens do licenciamento em comparação à cessão definitiva da cultivar.

<b>Forças (ambiente interno)</b>	<b>Oportunidades (ambiente externo)</b>
Utilização do Certificado de Proteção de Cultivar como garantia real, sendo o certificado um bem móvel.	Recebimento das remunerações pelo uso da cultivar ao longo do período de proteção. Acesso a novos mercados pelo titular do direito que seriam diretamente por ele inatingíveis. Recebimento pelo titular de royalties pelo uso da cultivar, além da remuneração pelo uso da cultivar essencialmente derivada da sua, desde que mantenha a sua titularidade.
<b>Ameaças (ambiente externo)</b>	<b>Fraquezas (ambiente interno)</b>
Controle da efetividade da proteção decorrente da relação continuada entre licenciante e o licenciado. Incerteza do quanto irá lucrar, além da obrigação e despesas para a manutenção da propriedade intelectual.	Pagamento das taxas de manutenção da proteção (anuidade). Implementação de mecanismos de controle interno da comercialização das cultivares.

Quadro 1. Matriz FOFA

Fonte: Elaborado pelos autores.

## TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NÃO PROTEGIDA

O contrato é espécie de negócio jurídico entre duas ou mais pessoas, nos termos da lei, com a finalidade de adquirir, resguardar, transferir, conservar, modificar ou extinguir direitos e obrigações. (GONÇALVES, 2009)

Portanto, seguindo as regras legais, as partes podem livremente pactuar obrigações e direitos, sendo que a complexidade das relações sociais pode acarretar a necessidade de celebração de instrumento que não esteja tipificado em lei, classificados como contratos inominados ou atípicos, ou seja, contratos que não estão nominados em lei e nem possuem delimitação de características e requisitos, sendo que decorrem exclusivamente da vontade das partes.

O Código Civil, em seu artigo 425, expressamente contempla a licitude das partes estipularem contratos atípicos, desde que observadas as regras gerais expressas no código, como agente capaz, objeto lícito, entre outros.

A Lei de Propriedade Industrial regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial, neles compreendidos a concessão de patentes de invenção e de modelo de utilidade, a concessão de registro de desenho industrial, concessão de



registro de marca, entre outros. Os tipos de contratos tipificados na lei são: licença de uso de marca (artigos. 139, 140 e 141), cessão de marca (artigos. 134 a 138), licença para exploração de patentes (artigos. 61, 62 e 63), cessão de patentes (artigos. 58 e 59), licença para exploração de desenho industrial (artigo. 121) e cessão de desenho industrial (artigo. 121).

No artigo 211, a Lei de Propriedade Industrial traz a necessidade de registro dos contratos que impliquem transferência de tecnologia, a exemplo do contrato de licença de uso de programa de computador (artigo. 11 da Lei n. 9.609, de 1998); os contratos de franquia (Lei n. 8.955, de 1994), e similares, para produzirem efeitos em relação a terceiros, incluindo a licença de topografia de circuito integrado (artigos. 44 a 46, da Lei n. 11.484, de 2007) e cessão de topografia de circuito integrado (artigos. 41 a 43, da Lei n.º 11.484, de 2007). (INPI, 2018)

Conforme já explicitado, o artigo 9º da Lei de Proteção das Cultivares assegura ao titular o direito à reprodução comercial no território brasileiro, de maneira que veda a terceiros, durante o prazo de proteção, a produção com fins comerciais, o oferecimento à venda ou à comercialização, do material de propagação da cultivar, sem sua autorização.

A citada lei não nomeou ou tipificou o contrato relacionado à permissão para comercialização das cultivares protegidas, porém considera-se que a permissão ou autorização pelo obtentor da variedade para exploração de terceiro é a cessão. (MAPA, 2011)

Também não nomeou ou tipificou contrato de transferência de tecnologia de maneira a permitir o fornecimento de tecnologia na hipótese de cultivar não protegida ou nas exceções previstas no artigo 10 da Lei de Proteção das Cultivares, especialmente, para os casos em que será utilizada como fonte de variação no melhoramento genético ou na pesquisa científica.

Deste modo, a transferência de tecnologia, em caso de cultivar não protegida ou nas exceções previstas no artigo 10 da Lei de Proteção das Cultivares, encontra amparo legal no artigo 11 do Decreto n. 9.283, de 2018, que regulamenta a Lei de Inovação, que permite que a Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação (ICT) pública celebre contrato de transferência de tecnologia, nas modalidades cessão definitiva ou fornecimento de tecnologia.

Segundo o INPI (2018) o contrato de fornecimento de tecnologia é definido como o instrumento jurídico que estipula as condições para a aquisição de conhecimentos e de técnicas não amparados por direitos de propriedade industrial depositados ou concedidos no Brasil, comumente conhecido como *know how*.

Tais contratos apresentam natureza complexa, por englobarem não só o fornecimento de dados técnicos do processo ou do produto, representados por fórmulas, informações técnicas, desenhos industriais, instruções sobre operações

que possibilitem a fabricação do produto, informações para atualização do processo ou do produto, mas também a prestação de assistência técnica por técnicos do fornecedor e a formação de pessoal técnico especializado do adquirente. (BARBOSA, 2013)

Assim como no licenciamento, a contraprestação pelo receptor da tecnologia pode ser na forma de pagamentos fixos ou variáveis, inclusive tendo como base o faturamento, receita ou lucro, bem como outras formas de pagamento de acordo com o plano de negócios de cada fornecedor. (BARBOSA, 2013)

Em Instituições Científicas Tecnológicas de natureza pública como a Embrapa, os contratos de transferência de cultivares não protegidas e não registradas e que não apresentam caráter social, além de preverem em seus contratos um plano de trabalho, planejado em conjunto entre as partes, que deverá nortear as ações de desenvolvimento de mercado para a cultivar negociada, visando à estruturação da cadeia de produção e comercialização, também negocia o uso oneroso da marca *Tecnologia Embrapa*, de modo a receber uma contraprestação pecuniária tanto pelo fornecimento da tecnologia quanto pelo uso da marca, de acordo com o Gerente de Acesso a Mercados da citada ICT, Alessandro Cruvinel Fidelis.

Fidelis, ainda, aconselha que tais contratos devem também conter além das cláusulas de confidencialidade, cláusulas de controle de qualidade das sementes ou mudas que serão produzidas e comercializadas, bem como as que admitam o acompanhamento e a fiscalização pelo fornecedor da cultivar, no intuito de verificar os quantitativos de produção e de comercialização praticados pelo receptor, de sorte a permitir, inclusive, o acesso às instalações, a dados, informações e documentos internos, bem como as cláusulas que regulam eventual descumprimento contratual, por meio das quais o fornecedor poderá rescindir o contrato de forma unilateral, sem prejuízo da obrigação de indenizar as perdas e danos incidentes.

## LICENÇA COMPULSÓRIA E USO PÚBLICO RESTRITO

O MAPA, como base no artigo 29 da Lei de Proteção das Cultivares, define licença compulsória como o ato da autoridade competente que, a requerimento de legítimo interessado, autorizar a exploração da cultivar independentemente da autorização de seu titular, por prazo de três anos prorrogável por iguais períodos, sem exclusividade e mediante remuneração na forma a ser definida em regulamento.

Segundo o artigo 28 da Lei de Proteção das Cultivares, o terceiro que requerer o licenciamento compulsório deverá não só provar que se empenhou, sem sucesso, para obter do titular da cultivar a licença voluntária, mas também que dispõe de capacidade financeira e técnica para explorá-la, além de se obrigar a cumprir as seguintes garantias:

- I - a disponibilidade da cultivar no mercado, a preços razoáveis, quando a manutenção de fornecimento regular esteja sendo injustificadamente impedida pelo titular do direito de proteção sobre a cultivar;
- II - a regular distribuição da cultivar e manutenção de sua qualidade;
- III - remuneração razoável ao titular do direito de proteção da cultivar.

Referida licença, consoante o artigo 35 da citada lei, somente poderá ser requerida após decorridos três anos da concessão do Certificado Provisório de Proteção, exceto na hipótese de abuso de poder econômico.

O requerimento deverá ser dirigido ao MAPA e a decisão será proferida pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica - CADE, criado pela Lei nº 8.884, de 1994, conforme disposto no artigo 31.

A licença compulsória diferencia-se do uso público restrito basicamente pela origem da iniciativa, porquanto, neste, o próprio Estado é quem dá o primeiro passo para cercear o direito do titular da proteção de uma cultivar.

De acordo com a Lei de Proteção das Cultivares, considera-se de uso público restrito a cultivar que, por ato do Ministro da Agricultura e do Abastecimento, puder ser explorada diretamente pela União Federal ou por terceiros por ela designados, sem exclusividade, sem autorização de seu titular, pelo prazo de três anos, prorrogável por iguais períodos, desde que notificado e remunerado o titular na forma a ser definida em regulamento.

## SANÇÕES

A violação dos direitos do obtentor decorrentes da proteção de cultivares pode constituir infração nas esferas administrativa e civil.

O artigo 37 da Lei de Proteção das Cultivares estabelece que aquele que vender, oferecer à venda, reproduzir, importar, exportar, bem como embalar ou armazenar para esses fins, ou ceder a qualquer título, material de propagação de cultivar protegida, com denominação correta ou com outra, sem autorização do titular, fica obrigado a indenizar o titular do direito, em valores a serem determinados em regulamento, além de ter o material apreendido, assim como pagará multa equivalente a vinte por cento do valor comercial do material apreendido, incorrendo, ainda, em crime de violação dos direitos do melhorista, sem prejuízo das demais sanções penais cabíveis.

Embora a Lei de Proteção das Cultivares preveja o crime de violação dos direitos do melhorista, não define essa figura penal o que inviabiliza a persecução penal, isto é, conjunto de atividades desenvolvidas pelo Estado que possibilitam atribuir punição ao autor de um crime cometido.

## CONCLUSÃO

Cada agroecossistema dispõe de características distintas que exigem soluções adequadas em conformidade às suas condições socioambientais, razão pela qual a transferência de tecnologia de cultivares possui grande relevância à agricultura brasileira por gerar impactos não apenas agronômicos, mas também socioculturais, ambientais e econômicos.

O potencial competitivo da agricultura brasileira está atrelado ao uso de tecnologia e de sementes certificadas, o que se pode afirmar que o investimento na sua aquisição é altamente compensatório por ensejar segurança fitossanitária, produtividade e retorno financeiro.

A escolha do Brasil pela proteção específica das cultivares ensejou a obtenção de espécies mais adaptadas às diferentes condições do país, com eficiência, qualidade e produtividade.

Esse sólido desempenho foi possível graças à contribuição substancial do trabalho árduo e persistente dos melhoristas geneticistas.

Há de se reconhecer que a Lei de Proteção das Cultivares estimulou o investimento da indústria de sementes de sorte a possibilitar o acesso a cultivares mais produtivas, mais adaptadas às novas condições ambientais e a diferentes épocas de plantio e/ou resistentes a pragas e doenças.

Assim, em continuidade a este avanço, o Governo, legisladores, obtentores, produtores de sementes e agricultores devem trabalhar juntos, promovendo o aperfeiçoamento de instrumentos legais que amparem a transferência de tecnologia, de modo a criar um ambiente que continue a atrair novos investimentos, com geração de novas cultivares para serem ofertadas aos agricultores brasileiros.

## REFERÊNCIAS

ASSIS. G. M. L. Registro e Proteção de Cultivares: qual a diferença? Agron Agronegócios Online. Disponível em: <<https://www.agron.com.br/publicacoes/informacoes/artigos-tecnicos/2015/02/12/042879/registro-e-protecao-de-cultivares-qual-a-diferenca.html>>. Acesso em 19 nov. 2018.

BRASIL. Lei n. 9.279, de 14 maio 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Brasília, DF, mai. 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9279.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm)>. Acesso em 20 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares. Brasília, DF, abr. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9456.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9456.htm)>. Acesso em 16 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas. Brasília, DF, ago. 2003. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2003/L10.711.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm)>. Acesso em 16 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa

científica e tecnológica no ambiente produtivo. Brasília, DF, dez. 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm)>. Acesso em 17 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 2.366, de 5 de novembro de 1997. Regulamenta a Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997. Brasília, DF, nov. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1997/d2366.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1997/d2366.htm)>. Acesso em 16 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 5.153, de 23 de julho de 2004. Regulamenta a Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Brasília, DF, jul. 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5153.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5153.htm)>. Acesso em 17 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 9.283, de 7 de fevereiro de 2018. Regulamenta a Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, o art. 24, § 3º, e o art. 32, § 7º, da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, o art. 1º da Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, e o art. 2º, caput, inciso I, alínea “g”, da Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e altera o Decreto nº 6.759, de 5 de fevereiro de 2009, para estabelecer medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional. Brasília, DF, fev. 2018. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm#art83](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm#art83)>. Acesso em 18 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Proteção de Cultivares no Brasil / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: MAPA/ACS, 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Informação aos usuários de proteção de cultivares / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Nacional de Proteção de Cultivares. Brasília: MAPA/ACS, 2018.

BARBOSA, Denis B. Contratos em Propriedade Intelectual. Disponível em <[http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/apostilas/ufrj/contratos\\_propriedade\\_intelectual.pdf](http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/apostilas/ufrj/contratos_propriedade_intelectual.pdf)>. Acesso em 6 de dezembro de 2018.

FIDELIS, Alessandro Cruvinel. [6 de dezembro de 2018]. Brasília. Entrevista concedida pessoalmente à Líbia Cristina Xavier Santos.

GALVÃO, A. Paulo M. Direitos de propriedade intelectual em inovações vegetais arbóreas para plantios florestais no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2001.

GONÇALVES, Carlos Roberto. Direito Civil Brasileiro, volume III. São Paulo: Saraiva, 2009.

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em 15 nov. 2018.

JUNGMANN, Diana de Mello. A caminho da inovação: proteção e negócios com bens de propriedade intelectual: guia para o empresário. Brasília: IEL, 2010.

LUNDQUIST, G. A rich vision of technology transfer technology value management. Journal of Technology Transfer, v. 28, n. 3-4, p. 265-284, 2003. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1024949029313>

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protexao-de-cultivar/cultivares-protexidas>>. Acesso em 14 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/guia-de-servicos/registro-nacional-de-cultivares-rnc>>. Acesso em 19 nov. 2018.

SALLES-FILHO, S. L. M. et al. Innovación y propiedad intelectual en el sector agrícola de América

Latina: uma vision introductoria sobre Argentina, Brasil y Colombia. Informe elaborado para la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2007.

SANTOS, Marli Elizabeth Ritter dos. Termos Chave em um Acordo de Desenvolvimento Tecnológico: aspectos financeiros – métodos de pagamento e outros termos. 30 slides.

ORMOND, José Geral Pacheco. Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais. 3.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2006. 313 p.

## INVESTIMENTOS EM TI: OS BANCOS DIVULGAM ESTES INVESTIMENTOS?

Data de aceite: 18/05/2020

Data de submissão: 07/02/2020

### Aline Thatyana Aranda da Rocha Branco Alcantara Alves

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
PUC-SP, Programa de Mestrado em Ciências  
Contábeis e Atuariais, São Paulo - SP  
<https://orcid.org/0000-0003-4094-7963>

### Napoleão Verardi Galegale

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
PUC-SP, Programa de Mestrado em Ciências  
Contábeis e Atuariais, São Paulo - SP  
<https://orcid.org/0000-0003-2228-9151>

**RESUMO:** Este estudo tem como objetivo, identificar se os bancos têm efetuado *disclosure* de seus investimentos em TI aos investidores. Para isso foram analisadas as Demonstrações Financeiras Padronizadas (DFPs) de todos os bancos listados na bolsa de valores oficial do Brasil (B3) entre 2013 e 2017 para verificar se os bancos divulgaram estes investimentos, onde e como. O resultado obtido foi que dos 25 bancos listados 76% realizaram *disclosure* dos seus investimentos em TI em todas as DFPs dos anos analisados, divulgando em suas notas explicativas como ativos imobilizados e ativos intangíveis e que

não utilizaram uma nomenclatura padrão para estas divulgações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Investimento em TI, *Disclosure*, B3.

### IT INVESTMENTS: BANKS DISCLOSE THESE INVESTMENTS?

**ABSTRACT:** This study aims to identify whether banks have made disclosure of their investments to investors. Standardized Financial Statements (SFSs) of all banks listed on the official Brazilian stock exchange (B3) between 2013 and 2017 were analyzed to verify if banks released these investments, where and how. The result obtained was that of the 25 listed banks, 76% carried out disclosure of their IT investments in all the SFSs analyzed years, disclosing in their explanatory notes as fixed assets and active unreachable assets that did not use a standard nomenclature for these disclosures.

**KEYWORDS:** IT Investments, *Disclosure*, B3

## 1 | INTRODUÇÃO

O setor bancário tem se destacado como um dos maiores investidores em TI, segundo pesquisa anual realizada pela Federação

Brasileira de Bancos (FEBRABAN) junto aos principais bancos do país com o objetivo de mapear o estágio da tecnologia bancária no Brasil.

O grande motivo para este destaque é que grande parte dos produtos e serviços dos bancos necessitam desta tecnologia, além destes investimentos representar um grande diferencial competitivo entre as instituições deste mercado.

Com a constante evolução da tecnologia da informação, se faz necessário investimentos contínuos na modernização destes conjuntos de recursos. Os investimentos em TI por um banco é uma questão de sobrevivência.

Utilizando a definição de Glazer (1991) uma empresa é considerada intensa no uso de informações conforme a intensidade com que seus produtos e operações baseiam-se na informação capturada e processada nas trocas ocorridas ao longo da cadeia de valor, do fornecedor até o cliente final. Essas empresas, como bancos, seguradoras e corretoras de valores imobiliários, segundo Beltrame (2008) e Maçada et al. (2012) investem fortemente em TI e a informação é o insumo básico da sua cadeia de valor.

Além da importância de um banco investir em TI a divulgação destes investimentos também é muito importante. Pois é através destas divulgações que os analistas de investimentos elaboram relatórios de análise que auxiliam os investidores em suas tomadas de decisões.

Segundo Santos et al. (2017) “Os analistas e /ou profissionais de investimento, em sua verificação do negócio, reconhecem e/ou capturam o valor de TI como importante para a empresa que faz uso intensivo de informações de maneira que esses valores sejam “carregados” nas etapas terminais do processo de avaliação até o parecer final.

Desta forma, a presente pesquisa foi norteadada pela seguinte questão: os bancos estão fazendo *disclosure* dos seus investimentos em TI aos investidores?

Para esclarecer esta questão, este estudo tem como objetivo identificar quais os bancos listados na B3, entre 2013 e 2017 fizeram *disclosure* destes investimentos, onde e o que divulgaram.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico apresentado a seguir é composto dos seguintes itens: Investimentos em TI, O setor bancário e os seus investimentos em TI e Disclosure dos investimentos em TI.

### 2.1 Investimentos em TI

Os investimentos em TI são contabilizados como ativos imobilizados ou ativos



intangíveis.

Conforme o Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC) 27 um ativo imobilizado deve: ser tangível, ser destinado para uso e produção ou fornecimento de mercadorias e serviços, para aluguel a outros ou fins administrativos e ser utilizado por mais de um período. Como os equipamentos físicos utilizados em TI.

Segundo Iudícibus *et al* (2018) Ativo Imobilizado é o ativo que se compõe de bens destinados ao uso das atividades da empresa e são classificados os seguintes itens: terreno, obra civil, máquinas, móveis, veículos, equipamentos de informática, etc.

Portanto os investimentos em tecnologia que se enquadrarem nestas características devem ser registrados como um ativo imobilizado.

Os ativos intangíveis segundo CPC 04 são aqueles que não tem existência física, que for provável que os benefícios econômicos futuros esperados atribuíveis ao ativo serão gerados em favor a entidade e o custo do ativo possa ser mensurado com confiabilidade, como os softwares.

Em 24 de dezembro de 2016 através da Resolução N 4.534 o Banco Central do Brasil (BCB) divulgou os critérios para o reconhecimento contábil e mensuração dos componentes do ativo intangível pelas instituições financeiras por ele autorizadas a funcionar.

## 2.2 O setor bancário e os seus investimentos em TI

Conforme pesquisa da FEBRABAN (2018) no Brasil os bancos é um dos segmentos que mais investem em tecnologia, acompanhando os mesmos níveis de investimentos do governo, setor que historicamente mais investe. Em 2017 os bancos investiram 15% dos US\$ 47,0 bilhões investidos em tecnologia no Brasil e 16% dos US\$ 2,8 trilhões investidos no mundo.

Entre as aplicações típicas de TI neste setor estão: internet banking, sistemas de gestão específicos (ERP), sistemas de relacionamento com os clientes (CRM), infraestrutura de comunicação (como, por exemplo, comunicação entre agências bancárias e comunicação entre caixas automáticos, quando aplicável), sistemas de análise de crédito, sistemas de investimentos e sistemas específicos, ou seja, o setor bancário é um setor altamente dependente de TI e fortemente orientado à busca de eficiência de suas operações, conforme Meirelles e Fonseca (2010) e Meirelles, Roxo, Diniz (2011).

## 2.3 Disclosure dos investimentos em TI

Segundo Ferreira (1982) *disclosure* é o ato de tornar algo público. Iudícibus (2015) leciona que o *disclosure* relaciona-se com o objetivo da contabilidade de dar

informações diferenciadas aos vários interessados.

Nesse contexto, o *disclosure* na dinâmica de funcionamento do mercado de capitais é tratado como essencial, pois auxilia na análise para tomada de decisão dos seus usuários e segundo pesquisa realizada com os analistas de investimentos por Santos et al. (2016) o local de maior visibilidade para as divulgações dos investimentos em TI são as notas explicativas.

## 3 | MÉTODO

### 3.1 Tipo e Método de Pesquisa

A metodologia desta pesquisa está baseada em pesquisa bibliográfica em produções teóricas de autores que se dedicam a esta temática.

A pesquisa de cunho bibliográfico, ou de fontes secundárias, refere-se a uma bibliografia já publicada, seja em forma de livro, publicação avulsa, revista, imprensa escrita e artigos, que tem a finalidade de colocar o pesquisador em contato com tudo o que foi escrito sobre o assunto. Marconi & Lakatos (2015).

Pesquisa descritiva, descrevendo os dados de uma determinada população, utilizando a técnica de análise documental, visando responder à questão desta pesquisa, se os bancos realizam *disclosure* de seus investimentos em TI aos seus investidores?

### 3.2 População e Amostra

A população desta pesquisa contempla todas as instituições ativas do setor “financeiros e outros” do segmento “bancos” listados até maio de 2018 na bolsa de valores oficial do Brasil (B3) que somam um total de 25 bancos.

### 3.4 Procedimento de Coleta de Dados

Foram analisadas todas as Demonstrações Financeiras Padronizadas (DFPs) desta população entre os anos de 2013 e 2017, que somaram 73 demonstrações, coletados no site: [www.bmfbovespa.com.br](http://www.bmfbovespa.com.br), avaliando se foram divulgados os investimentos em TI e como foram divulgados.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa contempla uma amostra de 25 bancos, com um total de 73 DFPs emitidas entre os anos de 2013 a 2017.

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciaram que dos 25 bancos analisados, 19 realizaram as divulgações em todos os anos, 2 bancos divulgaram

em alguns anos e em outros não, e apenas 4 bancos não realizaram nenhum tipo de *disclosure* de seus investimentos em TI durante os anos de 2013 e 2017. Ou seja, 76% dos bancos divulgaram em todas as publicações das DFPs dos últimos 5 anos os seus investimentos em TI.

As divulgações foram feitas em suas notas explicativas, nos ativos imobilizados e ativos intangíveis. A Tabela 1 apresenta a relação dos bancos analisados, assinalando os respectivos anos em que houveram divulgação dos investimentos em TI, em que local, e em qual grupo do ativo. Conforme a Tabela 1, tanto os ativos imobilizados quanto os ativos intangíveis não tiveram um padrão de nomenclatura em sua publicação, utilizando no imobilizado (Sistema de Processamento de Dados 76%, Equipamentos de Informática 6%, Software 6%, Equipamento de Informática e Instalações 6% e Equipamentos de Processamento de Dados 6%) e no Intangível (Software 62%, Desenvolvimento de Sistemas 28,5%, Gastos de Aquisição de e Desenvolvimento de Lógicas 9,5%).

B3			DIVULGAÇÃO DOS INVESTIMENTOS EM TI								
BANCOS	CÓD	SEG	2013	2014	2015	2016	2017	Local	Imobilizado	Intangível	
ABC BRASIL	ABCB	N2	Não	Não	Não	Sim	Sim	Notas Explicativas	Não	16 e 17 - Gastos de aquisição e desenvolvimento de lógicas	
ALFA HOLDING	RPAD		Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	
ALFA INVEST	BRIV		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Desenvolvimento de Sistemas	
BANCO INTER	BIDI4	N1	Sem DFP	Sem DFP	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Saldo somente em 2017 - Software	
AMAZONIA	BAZA		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Software desenvolvido e em desenvolvimento	
BANCO PAN	BPAN	N1	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Gastos com desenvolvimento e lógicas	
BANESE	BGIP		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Software	
BANESTES	BEES		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Equipamentos de informática	Software	
BANPARA	BPAR		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Software	
BANRISUL	BRSR	N1	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Software	Direito de Uso de Software	

SANTANDER	BSAN	DR3	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Equipamentos de Informática e Instalações	Desenvolvimento de Informática
BRDESCO	BBDC	N1	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Software
BANCO DO BRASIL	BBAS	NM	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Equipamento de Processamento de dados	Software
BRB BANCO	BSLI		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Licenças de Software
BTGP BANCO	BPAC		Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Notas Explicativas	Não	Software
<b>INDUSVAL</b>	<b>IDVL</b>	<b>N2</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	não	<b>Não</b>	não
ITAUSA	ITSA	N1	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Não	Software
ITAUUNIBANCO	ITUB	N1	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Gastos com desenvolvimento de software e Gastos com Aquisição de Software
MERC BRASIL	BMEB		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Software
<b>MERC INVEST</b>	<b>BMIN</b>		<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	não	<b>Não</b>	não
NORD BRASIL	BNBR		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Software
<b>PARANA</b>	<b>PRBC</b>		<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	não	<b>Não</b>	não
PATAGONIA	BPAT	DR3	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	Sim	Sim	Notas Explicativas	Não	Custo de Desenvolvimento de Sistema
PINE	PINE	N2	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Licenças de uso de sistemas Software
SANTANDER BR	SANB		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Notas Explicativas	Sistema de Processamento de Dados	Aquisição e Desenvolvimento de Lógicas

Tabela 1– Características das divulgações dos investimentos em TI

Fonte: Dados da Pesquisa

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidencia que a maioria dos bancos estão divulgando os seus

investimentos em TI, tanto dos seus ativos imobilizados quanto dos ativos intangíveis. Divulgam em suas notas explicativas que segundo os analistas de investimentos é o local mais apropriado para a coleta destas informações e que também seguem os critérios de contabilização do CPC 04 e da Resolução N 4.534 do Banco Central do Brasil (BCB) para contabilização dos ativos intangíveis.

Por fim este trabalho contribuir para que as instituições financeiras saibam da importância da divulgação dos seus investimentos em TI, pois são informações relevantes para a análise de analistas e investidores, contribui com os investidores pois demonstra que 76% das instituições financeiras listadas na B3 estão realizando as divulgações destes investimentos além de contribuir para o preenchimento de uma lacuna existente pela falta de artigos acadêmicos sobre este tema.

## REFERÊNCIAS

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Resolução nº 4.534, de 24 de novembro de 2016*. São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/downloadNormativo.asp?arquivo=/Lists/Normativos/Attachments/50288/Res\\_4534\\_v1\\_O.pdf](http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/downloadNormativo.asp?arquivo=/Lists/Normativos/Attachments/50288/Res_4534_v1_O.pdf)>. Acesso em 02 mai.2018.

BELTRAME, Mateus Michelini. **Valor da TI para as organizações: uma abordagem baseada em benefícios estratégicos, informacionais, transacionais, transformacionais e de infraestrutura**. 2008. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BM&FBOVESPA. *Empresas listadas*. Disponível em: <[http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/renda-variavel/empresas-listadas.htm](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/renda-variavel/empresas-listadas.htm)>. Acesso em: 10 de mai. 2018.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS. *Pronunciamento técnico CPC 04 (r1) Ativo Intangível*. Brasília, 2010. Disponível em: <[http://static.cpc.aatb.com.br/Documentos/187\\_CPC\\_04\\_R1\\_rev%2012.pdf](http://static.cpc.aatb.com.br/Documentos/187_CPC_04_R1_rev%2012.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2018.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS. Pesquisa FEBRABAN de Tecnologia Bancária 2018. *Investimento em tecnologia por setores*. São Paulo, 2018. Disponível em: <[https://issuu.com/revistaciab/docs/pesquisa\\_febraban\\_de\\_tecnologia\\_ban\\_9c8ac659c68c67](https://issuu.com/revistaciab/docs/pesquisa_febraban_de_tecnologia_ban_9c8ac659c68c67)>. Acesso em: 04jun.2018.

GLAZER, Rashi. Marketing in an Information Intensive Environment: Strategic Implication of Knowledge as an Asset. **Journal of Marketing**, v. 55, n.4, p.1-19. 1991.

IUDÍCIBUS, Sérgio de. **Teoria da contabilidade**. 11ª ed., São Paulo: Atlas, 2015. 368 p.

IUDÍCIBUS, Sérgio de *et al.* **Manual de contabilidade societária**. 3ª ed., São Paulo: Atlas, 2018. 222 p.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas 2015.

MAÇADA, A. C. G. et al. (2012). **IT business value model for information intensive organizations**. BAR, Braz. Adm. Rev., Rio de Janeiro, v.9,n. 1,p. 44-65

MEIRELLES, Fernando de Souza. **Estudo dos gastos e investimentos em Tecnologia de Informação: avaliação, evolução e tendências nos Principais Bancos no Brasil**. 2016. 68 f. Relatório de Pesquisa (GV pesquisa) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas. São Paulo, 2016.

MEIRELLES, F. S.; FONSECA, C. E. C.; Visão e Futuro da Tecnologia Bancária. CONGRESSO INTERNACIONAL DE AUTOMAÇÃO BANCÁRIA DA FEBRABAN, XX Ciab - Congresso Internacional de Automação Bancária da Febraban, 2010.

MEIRELLES, F. S.; ROXO, G.; DINIZ, E. H. *Visão e Futuro da Tecnologia Bancária*. In: XXI Ciab - Congresso Internacional de Automação Bancária da Febraban, 2011.

MENESES, A. F. et al. *Determinantes do nível de disclosure de ativos intangíveis em empresas brasileiras*. **Revista Base** (Administração e Contabilidade) da UNISINOS, vol. 10, núm. 2, abril-junio, 2013, pp. 142-153 Universidade do Vale do Rio dos Sinos São Leopoldo, Brasil.

SANTOS, C. R. C. *et al.* A relevância do valor da TI na avaliação de empresas que fazem uso intensivo de informação: Um estudo sob a ótica dos profissionais de investimentos. INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS & TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI, XIII, 2016, FEA-USP, São Paulo.

## ANÁLISE PRELIMINAR DA EXPOSIÇÃO À VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS: ESTUDO DE CASO MOTOSSERRAS NA CAFEICULTURA

Data de aceite: 18/05/2020

Data da submissão: 23/04/2020

### **Amanda de Carvalho Ferreira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, Muzambinho - MG

### **Geraldo Gomes de Oliveira Júnior**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, Muzambinho - MG

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9496893511394203>

### **Irlon de Ângelo da Cunha**

Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO, São Paulo - SP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2134275107385101>

### **Adriano Bortolotti da Silva**

Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS, Alfenas - Minas Gerais

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4141564972275445>

### **João Carlos Teles Ribeiro da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, Muzambinho - MG

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8949035416462568>

### **Raphael Nogueira Rezende**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, Muzambinho - MG

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5653321519148702>

### **Lucas Deleon Ramirio**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, Muzambinho - MG

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1580637610208144>

### **Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, Muzambinho - MG

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2146333328487914>

**RESUMO:** Motosserras são importantes equipamentos mecânicos portáteis utilizados para diversas atividades em propriedades cafeeiras. No entanto, a utilização desses equipamentos pode expor o trabalhador a vibrações de mãos e braços (VMB) a partir da transferência da vibração mecânica da ferramenta para as mãos e braços do operador. Neste sentido objetivou-se, no presente estudo, uma análise preliminar da exposição à vibração de mãos e braços em modelos de motosserras a combustão, considerando-se as informações disponíveis pelos fabricantes. O trabalho foi desenvolvido a partir de consulta realizada em 40 manuais de instrução de dois fabricantes de motosserras (A e B). Foram coletados os níveis de VMB informados pelo fabricante tanto para a empunhadura direita quanto para

a esquerda. Os resultados demonstraram que nenhum dos 40 modelos analisados apresentou valores de vibração abaixo do valor correspondente ao nível de ação de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$ . Pode-se observar que 72,5% das motosserras analisadas apresentaram níveis totais de aceleração equivalente ( $a_{\text{hv eq}}$ ) superiores ao valor correspondente ao limite de exposição (VMB) de  $5 \text{ ms}^{-2}$  em pelo menos um dos cabos de acoplamento das mãos com a ferramenta. O maior nível de vibração encontrado foi de  $10,2 \text{ ms}^{-2}$  na empunhadura direita, estimando-se um tempo máximo de 1,92 horas para que o limite de exposição seja superado. O trabalho também indica que, no momento da aquisição destas ferramentas manuais motorizadas, torna-se necessário que o produtor busque por modelos que atendam as suas necessidades técnicas, produtivas e econômicas sem se esquecer de considerar os níveis de vibração de mãos e braços (VMB) produzidos por estes equipamentos que possam ao longo do tempo trazer agravos à saúde dos operadores, bem como limitar o tempo de utilização dos mesmos.

**PALAVRA-CHAVE:** Ferramenta portátil; Limite de Exposição, Vibração localizada;

#### PRELIMINARY ANALYSIS OF EXPOSURE TO HANDS AND ARMS VIBRATION: CASE STUDY OF CHAIN-SAWS IN COFFEE CROP

**ABSTRACT:** Chain-saws are important portable mechanical equipment used for several activities on coffee properties. However, the use of this equipment can expose the worker to hands and arms vibrations (HAV) from the transfer of mechanical vibration from the tool to the operator's hands and arms. So, the objective of this study was to carry out a preliminary analysis of the exposure to hand and arm vibration in combustion chain-saw models, considering the information available by the manufacturers. The study was developed through consultation with 40 instruction manuals from two chain-saw manufacturers (A and B). The HAV levels reported by the manufacturer for both right and left grips were collected. Results showed that none of the 40 models analyzed presented vibration values below the value corresponding to the action level of  $2.5 \text{ ms}^{-2}$ . It can be observed that 72.5% of the chain saws analyzed presented total levels of equivalent acceleration ( $a_{\text{hv eq}}$ ) higher than the value corresponding to the exposure limit (HAV) of  $5 \text{ ms}^{-2}$  in at least one of the hand coupling cables with the tool. The highest level of vibration found was  $10.2 \text{ ms}^{-2}$  on the right grip, with a maximum time of 1.92 hours estimated to exceed the exposure limit. The study also indicates that, when purchasing these motorized hand tools, it is necessary for the producer to search for models that meet their technical, productive and economic needs without forgetting to consider the levels of hand and arm vibration (HAV) produced by this equipment that can, over time, bring harm to the operators health, as well as limit the time of their use.



## 1 | INTRODUÇÃO

O café é, historicamente, um dos mais importantes produtos do agronegócio brasileiro, apresentando grande relevância na economia do país, além de contribuir positivamente na geração de emprego e renda (SARAIVA et al., 2018; MOREIRA et al., 2019). Ao longo do tempo, a cafeicultura vem passando por mudanças, em especial no que se refere ao processo de mecanização e semimecanização de atividades e operações que anteriormente eram realizadas manualmente (SILVA et al., 2018; OLIVEIRA JUNIOR, 2019).

Na cafeicultura, vários são os equipamentos semimecanizados utilizados para realização dos tratamentos culturais e dinâmica do ciclo produtivo, dentre os quais se destacam as roçadoras, derriçadoras, podadores, sopradores e motosserras. As motosserras são ferramentas portáteis utilizadas para atividades que vão desde abate de árvores, corte de lenha para a queima em fornalhas, além de podas das plantas em sistemas de manejo, tais como recepça do cafeeiro.

Muito embora o uso destes equipamentos semimecanizados sejam necessários para reduzir os custos de produção e aumentar o rendimento das operações agrícolas, observa-se que os mesmos também podem expor trabalhadores a riscos ocupacionais como ruído e vibrações (SCHUTZER, 2018; OLIVEIRA JUNIOR, 2019).

Sabe-se que a exposição a níveis elevados de Vibração de Mãos e Braços (VMB) pode implicar o aparecimento de sintomas vasculares, neurológicos, osteoarticular e musculares (FUNDACENTRO, 2013). No Brasil, as normas regulamentadoras NR 15, Norma Regulamentadora NR 09 e Norma de Higiene Ocupacional NHO 10, utilizadas como referência nacional na avaliação do agente, estabelecem como sendo aceitável a exposição de trabalhador a uma aceleração de até  $5 \text{ m s}^{-2}$  para uma jornada de 8 horas, sendo que a partir de  $2,5 \text{ m s}^{-2}$  já se ultrapassa o nível de ação (BRASIL, 2014; FUNDACENTRO, 2013).

Neste contexto, torna-se necessário conhecer os níveis de vibração que podem ser gerados pelas ferramentas manuais portáteis. A análise preliminar da exposição tem por objetivo reunir informações de modo a obter a convicção técnica de que as situações de exposição sejam aceitáveis ou inaceitáveis. De acordo com a NHO 10, na etapa de análise preliminar da exposição, deve-se considerar vários aspectos tais como: informações fornecidas pelo fabricante, estado de conservação das ferramentas, dados de medições existentes, dados de ferramentas similares e estimativa de tempo de exposição (FUNDACENTRO, 2010).

A Norma Regulamentadora - NR 09, em seu anexo 1, estabelece que as ferramentas manuais vibratórias que produzam níveis de vibração superiores a  $2,5$

$\text{ms}^{-2}$  devem informar no manual de instruções a vibração emitida e as normas de ensaio que foram utilizadas na sua determinação (BRASIL, 2014). Neste sentido, objetivou-se, no presente, estudo realizar análise preliminar da exposição à vibração de mãos e braços em 40 modelos de motosserras a combustão, considerando-se as informações disponíveis pelos fabricantes no manual de instrução.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas análises exploratórias com base nos dados dos manuais de instruções de dois grandes fabricantes de motosserras denominados no presente estudo como Fabricante A e B. A análise preliminar de exposição foi realizada através da coleta das informações disponíveis pelos fabricantes conforme recomendado pela NHO 10. Foram considerados neste estudo 40 modelos com cilindradas variando entre (30,1 a 94  $\text{cm}^3$ ) e potência entre (1,3 a 5,4 KW).

Os valor total de vibração equivalente ( $a_{\text{nv, eq}}$ ) tanto para a empunhadura esquerda, quando para a empunhadura direita, descritos nos manuais de instrução e obtidos de acordo com a norma ISO 22867 foram tabulados e agrupados em classes de aceleração ( $\text{ms}^{-2}$ ) seguindo o critério de julgamento e tomada de decisões descritas na NHO 10 (Tabela 1).

( $\text{ms}^{-2}$ )	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 2,5	Aceitável	No mínimo, manutenção da condição existente.
>2,5 a <3,5	Acima do nível de ação	No mínimo, adoção de medidas preventivas.
3,5 a 5,0	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária
Acima de 5,0	Acima do limite de exposição (LE)	Adoção imediata de medidas corretivas

Tabela 1 - Critérios de julgamento e tomada de decisões da NHO 10

Fonte - Adaptado da NHO 10.

Visto que para operar a ferramenta motosserra o operador precisa segurar a mesma com as duas mãos, os modelos foram agrupados considerando-se o maior valor entre as duas empunhaduras (Tabela 1).

Em seguida, os valores obtidos foram comparados com o limite de exposição (LE) e nível de ação (NA) das normas NR 15, NR 09 e NHO 10.

Para os modelos que apresentaram níveis de vibração superiores ao limite de exposição ( $5\text{ms}^{-2}$ ), foi calculado o tempo máximo de exposição a partir da equação 1 (Eq.1) de acordo com *American Conference Of Governmental Industrial Hygienist* (2018):

$$t_{exp} = 8h \left( \frac{5 \text{ m s}^{-2}}{a_m} \right)^2 \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo:

T. exp - Tempo máximo de exposição;

$a_m$  - Aceleração fornecida pelos fabricantes com base nos dados de ensaio das motosserras

Para análise do conjunto de dados, utilizou-se da estatística descrita através da frequência relativa % e amplitude.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, está apresentada a distribuição percentual (*fr%*) das motosserras analisadas que se enquadram dentro das faixas de aceleração utilizadas como critério de julgamento e tomadas de decisão da Norma de Higiene Ocupacional (NHO) 10. Os resultados demonstraram que nenhum dos 40 modelos de motosserras analisados apresentou valores de vibração abaixo do valor correspondente ao nível de ação (Tabela 2).

VMB*	Consideração Técnica <sup>(2)</sup>	Motosserras <sup>(3)</sup>
$a_{hv \text{ eq}}^{(1)} - \text{ms}^{-2}$	NHO 10	<i>fr%</i>
0 a 2,5	Aceitável	0
>2,5 a <3,5	Acima do Nível de Ação	5
3,5 a 5,0	Região de Incerteza	22,5
Acima de 5,0	Acima do Limite de Exposição	72,5
Total	-	100%

Tabela 2 - Distribuição % quantitativa das motosserras analisadas em relação aos critérios de julgamento e tomadas de decisões da NHO 10

\*Vibração de Mãos e Braços; <sup>(1)</sup> Valor total de vibração equivalente; <sup>(2)</sup> Consideração técnica estabelecida na Norma de Higiene Ocupacional - NHO 10; <sup>(3)</sup> Frequência relativa (*fr%*) percentual motosserras;

Pode-se observar que 72,5% das motosserras analisadas apresentaram níveis totais de aceleração equivalente ( $a_{hv \text{ eq}}$ ) superiores ao valor correspondente ao limite de exposição (VMB) em pelo menos um dos cabos de acoplamento das mãos com a ferramenta (Tabela 1), evidenciando que fica limitado o tempo de trabalho diário com estes equipamentos. Ainda vale ressaltar que 22,5% dos equipamentos apresentaram níveis de vibração entre 2,5 e 5,0  $\text{ms}^{-2}$ , situação colocada em uma região de incerteza de acordo com a NHO 10, sendo necessária a adoção de medidas preventivas e corretivas, visando à redução da exposição diária em condições de trabalho.

Na tabela 3, estão apresentados os níveis totais de aceleração equivalente ( $\text{ms}^{-2}$ ) dos 29 modelos de motosserra que superaram o limite de exposição (LE), bem como a estimativa do tempo máximo de trabalho permitido com a ferramenta para que o LE não seja ultrapassado.

Modelo	Fabricante	Cilindrada	Potência	Peso	EE <sup>(1)</sup>	ED <sup>(2)</sup>	TME <sup>(3)</sup>
	(A ou B)	$\text{cm}^3$	KW	Kg	$\text{m/s}^2$	Horas	
Mod. 1	A	30,1	1,3	3,9	4,2	5,9	5,74
Mod. 2	A	30,1	1,3	4,2	4,2	5,9	5,74
Mod. 3	B	38,0	1,4	5	5,3	6,7	4,45
Mod. 4	B	38,2	1,4	4,9	5,3	5,7	6,15
Mod. 5	B	35	1,4	4,4	6,7	5,8	4,45
Mod. 6	A	31,8	1,5	3,9	6,6	7,8	3,28
Mod. 7	A	31,8	1,5	4,2	7,6	7,4	3,46
Mod. 8	B	40,0	1,52	4,6	6,7	5,8	4,45
Mod. 9	A	35,2	1,6	4,4	6,0	7,2	3,85
Mod. 10	A	40,2	2,0	4,9	5,2	7,2	3,85
Mod. 11	A	40,2	2,0	4,7	6,9	8,9	2,52
Mod. 12	A	45,4	2,3	4,7	5,2	7,2	3,85
Mod. 13	A	45,4	2,3	4,6	6,9	8,9	2,52
Mod. 14	B	61,5	2,9	6,1	6,2	6,9	4,20
Mod. 15	B	61,5	2,9	6,3	6,6	7,7	3,37
Mod. 16	A	56,5	3,0	5,9	4,6	5,7	6,15
Mod. 17	A	64,1	3,4	5,9	5,9	5,1	5,74
Mod. 18	B	72,2	3,6	6,3	6,6	7,7	3,37
Mod. 19	B	70,7	3,9	6,1	5,7	8,0	3,12
Mod. 20	B	70,7	3,9	6,3	5,7	8,0	3,12
Mod. 21	A	72,2	3,9	6,2	5,4	5,4	6,85
Mod. 22	B	80,7	4,2	7,6	7,6	9,6	2,17
Mod. 23	A	76,5	4,4	6,6	4,2	6,0	5,55
Mod. 24	B	87	4,5	7,6	9,4	10	2,00
Mod. 25	A	84,9	4,8	7,3	6,7	6,7	4,45
Mod. 26	B	94,0	4,9	7,9	6,5	10,2	1,92
Mod. 27	A	91,1	5,0	7,4	8,3	7,4	2,90
Mod. 28	A	91,6	5,2	7,3	7,0	7,0	4,08
Mod. 29	A	91,1	5,4	7,4	6,9	5,6	4,20

Tabela 3 - Níveis totais de vibração equivalente para mãos e braços ( $\text{ms}^{-2}$ ) das motosserras e tempo máximo de exposição

<sup>(1)</sup>Empunhadura esquerda (EE); <sup>(2)</sup> Empunhadura Direita (ED); <sup>(3)</sup>Tempo máximo de trabalho para atingir o limite de exposição (LE).

Os maiores níveis de vibração foram encontrados para o modelo (Mod. 26) com  $10,2 \text{ ms}^{-2}$  na empunhadura direita, estimando-se um tempo máximo de 1,92 horas para que o limite de exposição seja superado. Pode-se evidenciar que dos 29 modelos analisados, 83% apresentaram maior nível de vibração para a empunhadura direita (Figura 1).

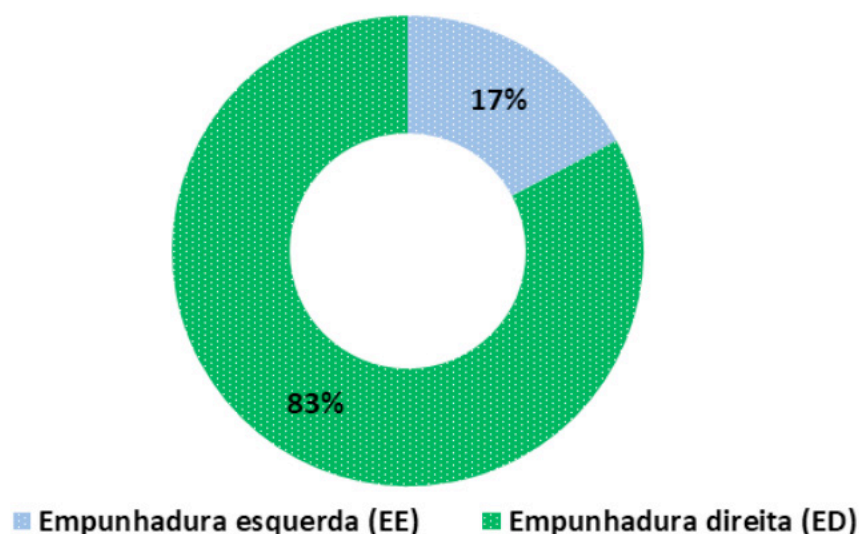


Figura 1 - Percentual dos equipamentos que apresentaram maior nível de vibração equivalente para a empunhadura esquerda (EE) e empunhadura direita (ED).

É importante reiterar que, de acordo com a NBR ISO 22867, os valores obtidos em condições de ensaio destinam-se a serem representativos da média da magnitude de vibração, sendo que os valores reais irão variar ao longo do tempo em função de vários fatores, que dependem do operador, da tarefa e do estado de manutenção da própria máquina (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018).

O trabalho também indica que, no momento da aquisição destas ferramentas manuais motorizadas, torna-se necessário que o produtor busque por modelos que atendam as suas necessidades técnicas, produtivas e econômicas sem se esquecer de considerar os níveis de vibração de mãos e braços (VMB) produzidos por estes equipamentos. Isso porque, ao longo do tempo, tais níveis de vibração podem trazer agravos à saúde dos operadores, bem como limitar o tempo de utilização desses equipamentos.

#### 4 | CONCLUSÃO

A partir da análise preliminar, foi possível identificar que a maioria das motosserras analisadas (72,5%) apresentam níveis de vibração superiores ao valor correspondente ao limite de exposição, requerendo ações de prevenção e controle do risco, decorrentes do uso diário prolongado desses equipamentos.

O trabalho também reforça a necessidade da análise preliminar da exposição

no momento em que se pretende adquirir ferramentas mecânicas portáteis novas. Dessa maneira, torna-se possível verificar se as situações de exposição serão aceitáveis ou inaceitáveis em razão do seu tempo e condições de utilização.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 22867: Máquinas florestais e de jardinagem - Código de ensaio de vibração para máquinas manuais portáteis com motor de combustão interna - Vibração nas empunhaduras.** Rio de Janeiro, 2018. 31p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria nº 1297 de 13 de Agosto de 2014. Aprova o Anexo I - Vibração da Norma Regulamentadora nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), altera o anexo 8 - Vibração da Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres, e da outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, 2014.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional - Procedimento Técnico. Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços. NHO 10.** São Paulo, p. 54, 2013.

MOREIRA, P. C.; MOREIRA, G. C.; CASTRO, N. R.; SILVA, R. P da. Produtividade e Economia de Fatores de Produção na Cafeicultura Brasileira. **Revista Política Agrícola**, Brasília, DF, n. 2, p. 6-21, 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, G. G de. O. **Exposição a Vibrações Ocupacionais de Mãos e Braços no uso de Equipamentos Mecânicos Portáteis na Cultura do Cafeeiro.** 2019. 97f. Tese (Doutorado em Agricultura Sustentável) – Universidade José do Rosário Velano - UNIFENAS, campus Alfenas – MG, 2019.

SARAIVA, C. E do. A. B.; FERNANDES, A. M.; LIMA, A. P. A.; COSTA, L. T da.; CUNHA, C. N. Competitividade da Cafeicultura Brasileira. **Revista Política Agrícola**, Brasília, DF, n. 3, p. 9-16, 2018.

SCHUTZER, V. M. **Avaliação de parâmetros ergonômicos: Vibrações e ruído em roçadeiras laterais.** 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista campus, Bauru - SP, 2018.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Samuel Miranda Mattos** - Professor de Educação Física, Mestre e Doutorando em Saúde Coletiva pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). MBA em Gestão de Academias e Negócios em Esporte e Bem-Estar pelo Centro Universitário Farias Brito (FFB). Membro do Grupo de Pesquisa Epidemiologia, Cuidado em Cronicidade e Enfermagem (GRUPECCE-CNPq). Pesquisador na área da atividade física e saúde, promoção de saúde, epidemiologia e doenças crônicas não transmissíveis. E-mail para contato: [profsamuelmattos@gmail.com](mailto:profsamuelmattos@gmail.com).

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agrícola 2, 3, 21, 23, 57, 161, 162, 179, 196

Agropecuário 18, 21, 57, 179

Água 7, 2, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 36, 37, 55, 56, 134, 135, 136, 140

Alimentos 1, 21, 22, 25

Ambiente 18, 23, 44, 46, 58, 61, 69, 71, 72, 78, 79, 131, 152, 161, 164, 171, 173, 174, 178, 179

### B

Biodiversidade 1, 9, 17, 19, 165

### C

Calibração 60, 62, 66, 67, 68, 72

Clientes 74, 75, 77, 80, 81, 82, 83, 146, 149, 151, 183

Consumo 21, 24, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 40, 42, 43, 98, 135, 143, 160

Cultivar 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179

### F

Fiscalização 10, 11, 13, 21, 167, 169, 176

Fotografias 61, 73

Frutas 22

### G

Genético 1, 7, 8, 12, 16, 161, 164, 170, 175

### M

Método 1, 22, 23, 25, 26, 31, 36, 38, 46, 49, 56, 60, 75, 76, 84, 88, 96, 99, 102, 104, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 121, 125, 129, 134, 136, 137, 140, 143, 152, 172, 184

Modelo 5, 7, 17, 23, 24, 26, 36, 37, 39, 40, 41, 47, 65, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 88, 113, 115, 116, 118, 153, 161, 163, 174, 194, 195

Monitoramento 10, 60, 61, 62, 96, 97, 98, 99, 102, 103, 104, 105, 167

### N

Naturais 1, 7, 163

Natureza 1, 7, 16, 88, 162, 163, 175, 176

### P

Planejamento 60, 61, 62, 64, 65, 72, 75, 173



Planta 2, 12, 13, 21, 162, 163, 170

Pressão 22, 28, 29, 30, 35, 36, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 137, 141

## Q

Qualidade 1, 2, 11, 12, 21, 27, 35, 56, 57, 71, 76, 79, 81, 83, 99, 123, 129, 155, 169, 170, 171, 176, 177, 178

## S

Sistema 3, 4, 5, 6, 7, 10, 13, 15, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 58, 62, 65, 66, 67, 70, 72, 97, 98, 99, 102, 108, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 119, 124, 125, 126, 147, 149, 152, 153, 157, 159, 161, 162, 166, 167, 178, 179, 185, 186

## T

Técnica 1, 13, 15, 21, 74, 75, 79, 84, 88, 95, 112, 176, 184, 191, 192, 193

Tubo endotraqueal 96, 97, 106

## U

Usuários 18, 23, 80, 179, 184

## V

Validação 75, 78, 82, 84

Vegetal 1, 2, 5, 11, 13, 14, 162, 163, 166, 169

Veículos aéreos 61, 108, 109

Ventilação mecânica 96, 97, 98, 106

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**