

Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

4



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2020

Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

4



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

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: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Luiza Batista

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

Profª Drª 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

Profª Drª 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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª 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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª 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

Profª Drª 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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^a 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^a Dr^a 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^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] : desafio para um mundo global 4 / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia. ISBN 978-65-5706-144-2 DOI 10.22533/at.ed.442202606</p> <p>1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 506</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Em “Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global 4” trazemos doze capítulos que pontuam os desafios para o desenvolvimento da sociedade a partir da ciência, tecnologia e inovação.

Temos aqui demonstradas as tecnologias que permitirão cidades inteligentes com uso consciente e ecológico de espaços públicos, que analisam alternativas à pavimentação tradicional e que demonstram preocupação com os desafios na comunicação.

Trazemos também estudos na produção de alimentos, buscando maximizar produção, minimizando desperdícios.

Além disso, temos ainda estudos avaliando os impactos de toda essa inovação no mercado de trabalho e nos trabalhadores.

Esperamos que esta obra possa contribuir para os desafios futuros da humanidade. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SMART CITY: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	
Eduardo Felipe de Araújo	
Auricélia Costa Gonçalves	
Alan Kilson Ribeiro Araújo	
Rafael Fernandes de Mesquita	
DOI 10.22533/at.ed.4422026061	
CAPÍTULO 2	19
SMART STOP: UM MODELO DE PARADA DE ÔNIBUS INTELIGENTE A SER APLICADO NA CIDADE DE SÃO LUÍS – MA	
Iago de Melo Torres	
Mariana de Sousa Prazeres	
Yara Lopes Machado	
Leticia Maria Brito Silva	
Marcos Henrique Costa Coelho Filho	
Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque	
Bruna da Costa Silva	
Thainá Maria da Costa Oliveira	
Moisés de Araujo Santos Jacinto	
Camilla Gomes Arraiz	
Jayron Alves Ribeiro Junior	
Marcio Fernando de Andrade Moreira	
DOI 10.22533/at.ed.4422026062	
CAPÍTULO 3	31
AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO <i>WHITETOPPING</i> NA RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	
Leonardo Guimarães de Sousa	
Larissa da Silva Paes Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.4422026063	
CAPÍTULO 4	40
ESTUDO, INSTALAÇÃO E MONITORAMENTO ELETRÔNICO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR COMPOSTO POR TUBOS A VÁCUO	
Ademir José Demétrio	
André Fernandes Cristofolini	
Claiton Emilio do Amaral	
Derek Soares de Melo	
Diogo Ramsdorf Souza	
Emerson José Corazza	
Fabio Krug Rocha	
Gilson João dos Santos	
Murilo Carriel Vassão	
Renato Cristofolini	
Rosalvo Medeiros	
DOI 10.22533/at.ed.4422026064	
CAPÍTULO 5	54
PROJETO NUMÉRICO E EXPERIMENTAL DE ARRANJO DE ANTENAS DE MICROFITA UTILIZANDO A GEOMETRIA FRACTAL DE MINKOWSKI	
Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira	

Pedro Carlos de Assis Júnior
Relber Antônio Galdino de Oliveira
Marcos Lucena Rodrigues
Tales Augusto Carvalho de Barros

DOI 10.22533/at.ed.4422026065

CAPÍTULO 6 66

EFEITO TRANSLAMINAR DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE *Piper amalago* var. *medium*, SOB LARVAS DE *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA:GELECHIIDAE), NA CULTURA DO TOMATEIRO

Meri Garcia Rezende
Roney de Carvalho Macedo Silva
Elaine Ferrari de Brito
Leandro do Prado Ribeiro
Edson Luiz Lopes Baldin

DOI 10.22533/at.ed.4422026066

CAPÍTULO 7 70

INGESTÃO DE ALIMENTOS? BENEFÍCIOS OU MALEFÍCIOS À SAÚDE

Raquel Costa Chevalier
Sandriane Pizato
William Renzo Cortez Vega

DOI 10.22533/at.ed.4422026067

CAPÍTULO 8 76

SECAGEM DA AMEIXA PELO MÉTODO EM CAMADA DE ESPUMA: ESTUDO SOBRE AS VARIÁVEIS DO PROCESSO E QUALIDADE DO PÓ

Cinthia Meirelly de Araújo Elpídio
Aimeé Karla Tavares Machado
Jackson Araújo de Oliveira
Maria de Fátima Dantas de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.4422026068

CAPÍTULO 9 93

OPTIMIZED COMMUNICATION PLAN AND ITS IMPACT ON THE EMERGENCY AND CONTINGENCY PLAN REGARDING RESPONSE TIMES IN CRISIS SITUATIONS IN THE AIRLINE INDUSTRY

Lúcia de Fátima Silva Piedade
Jorge Miguel dos Reis Silva

DOI 10.22533/at.ed.4422026069

CAPÍTULO 10 106

CONCEPÇÃO ATUAL DA GESTÃO DA QUALIDADE ASSEGURADA NO ÂMBITO GLOBAL DAS INDÚSTRIAS

Michely Duarte Leal Coutinho de Souza
Neide Kazue Sakugawa Shinohara

DOI 10.22533/at.ed.44220260610

CAPÍTULO 11 116

UMA PERCEPÇÃO DO TRABALHADOR NA INDÚSTRIA 4.0

Jadir Perpétuo dos Santos
Alexandre Acácio de Andrade
Júlio Francisco Blumetti Facó
Erick Bovi dos Santos
Antônio Carlos de Alcântara Thimóteo

DOI 10.22533/at.ed.44220260611

CAPÍTULO 12 124

A RELATIVIZAÇÃO DA DIGNIDADE HUMANA NAS RELAÇÕES EMPREGATÍCIAS COM A “COISIFICAÇÃO” DO TRABALHADOR

[Khimberly de Souza Santos Carvalho](#)

DOI 10.22533/at.ed.44220260612

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 135

ÍNDICE REMISSIVO 136

PROJETO NUMÉRICO E EXPERIMENTAL DE ARRANJO DE ANTENAS DE MICROFITA UTILIZANDO A GEOMETRIA FRACTAL DE MINKOWSKI

Data de aceite: 22/06/2020

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Universidade Estadual da Paraíba
João Pessoa - PB

Pedro Carlos de Assis Júnior

Universidade Estadual da Paraíba
Patos – PB

Relber Antônio Galdino de Oliveira

Universidade Estadual da Paraíba
João Pessoa – PB

Marcos Lucena Rodrigues

Universidade Estadual da Paraíba
Patos – PB

Tales Augusto Carvalho de Barros

Universidade Estadual da Paraíba
Patos – PB

RESUMO: As Telecomunicações vêm passando por muitas inovações em termo de novos serviços e aplicações, principalmente aplicações em tecnologias 4G e 5G. Nesse contexto as antenas de microfita devido às suas diversas características, tais como: baixo peso, baixo perfil, conformidade a superfícies onduladas e principalmente um baixo custo associado tem ganhado bastante destaque nas pesquisas atuais envolvendo o eletromagnetismo aplicado. Tais dispositivos se apresentam como candidatos em potencial

a aplicações em sistemas de comunicações móveis, uma vez que a miniaturização dos dispositivos e a operação em várias faixas de frequências são requisitos desejáveis aos aparelhos de comunicação modernos, como os *smartphones*, *tablets*, etc. O objetivo desse artigo consiste no projeto e análise de um arranjo linear de antenas patches em microfita baseado na geometria fractal de Minkowski, com aplicação direta na faixa de frequência da banda ISM (*industrial, scientific and medical*), ou seja, na frequência compreendida entre 2,400 – 2,483 GHz. O projeto do arranjo de antenas proposto será realizado todo ele através do *Ansys software*TM, que implementa por trás de sua interface gráfica o método numérico de onda completa dos momentos (MoM). A estrutura investigada será excitada pela técnica de linha de transmissão (TLM) em microfita caracterizada fora de linha e terá seus diversos parâmetros de espalhamento analisados, dentre os quais se destacam: a perda de retorno (RL), diagrama de radiação, impedância de entrada, coeficiente de onda estacionária (VSWR) e sua largura de banda (BW).

PALAVRAS-CHAVE: Arranjo de antenas de microfita, Micro-ondas, Comunicação sem fio.

ABSTRACT: Telecommunications has been undergoing many innovations in terms of new services and applications, mainly applications

in 4G and 5G technologies. In this context, the microstrip antennas due to their diverse characteristics, such as: low weight, low profile, conformity to wavy surfaces and mainly a low associated cost have gained a lot of prominence in the current research involving applied electromagnetism. Such devices present themselves as potential candidates for applications in mobile communications systems, since the miniaturization of devices and operation in various frequency ranges are desirable requirements for modern communication devices, such as smartphones, tablets, etc. The objective of this article is the design and analysis of a linear array of microstrip patches antennas based on Minkowski fractal geometry, with direct application in the frequency range of the ISM band (industrial, scientific and medical), that is, in the frequency between 2.400 - 2.483 GHz. The design of the proposed antenna array will be carried out entirely through Ansys softwareTM, which implements behind its graphical interface the full-wave numerical method of the moments (MoM). The investigated structure will be excited by the transmission line technique (TLM) in microstrip characterized offline and will have its various spreading parameters analyzed, among which stand out: return loss (RL), radiation pattern, input impedance, standing wave coefficient (VSWR) and its bandwidth (BW).

KEYWORDS: Microstrip antenna array, Microwave, Wireless communication.

1 | INTRODUÇÃO

O grande avanço nos sistemas de telecomunicações contrasta com as dimensões dos mais diversos dispositivos utilizados, com isso a grande inspiração dos pesquisadores da grande área do eletromagnetismo aplicado consiste em buscar soluções que atendam aos diversos requisitos tecnológicos exigidos nos setores de telecomunicações, tais como: dispositivos mais leves, mais compactos, flexíveis e principalmente com o custo acessível. Um exemplo é o desenvolvimento das tecnologias de quarta (4G) geração, dessa forma buscando soluções técnicas que atendam aos requisitos das aplicações atuais, por exemplo, serviços comerciais e serviços militares (GARG, et al., 2001).

Neste contexto, projeto envolvendo estruturas planares, tais como antenas de microfita e seus derivados têm se mostrado de grande valia devido a suas características e quantidade de aplicações possíveis em altas frequências, principalmente na faixa de frequência das micro-ondas. Entre as mais conhecidas, destacam-se a comunicação móvel e navegação, comunicação via radares e satélite (BALANIS, 1997). A busca por tais características tem impulsionado a academia a buscarem soluções para os mais diversos serviços de telecomunicações projetando circuitos/dispositivos com as mais variadas geometrias e estruturas. No mercado atual, o surgimento de novas tecnologias sem fio resulta em demandas crescentes por antenas compactas e com características multibanda, que permitam, por exemplo, a união de diferentes tecnologias sem fio em dispositivos portáteis sem perda de desempenho. O uso da geometria fractal no projeto de arranjo de antenas apresenta vantagens em termos de miniaturização e a capacidade de operar em múltiplas bandas de frequência de ressonância com características de radiação similares (PUENTE,

et al., 1998).

Em comunicações de longa distância, uma antena com baixa capacidade diretiva deixa de ser atrativa. Neste sentido, para contornar esse problema um arranjo de antenas proporciona um melhor desempenho, uma vez que por meio da radiação de seus elementos agregados, permite irradiar o máximo da energia em uma direção particular e muito pouca em outras direções (BALANIS, 1997), (GARG, et al., 2001). Dessa forma, uma maior concentração de energia em uma determinada região apresenta uma melhor capacidade de irradiação por parte da antena, conseqüentemente apresenta um maior diretividade e um maior ganho quando comparado a uma antena patch retangular convencional (BALANIS, 1997). Neste contexto, a busca por dispositivos cada vez menores e sem perda de desempenho vem impulsionando as pesquisas na área de telecomunicações e do eletromagnetismo aplicado, o qual é a proposta do Grupo de Eletromagnetismo e Matemática Computacional Aplicada (GEMCA) da Universidade Estadual da Paraíba.

O arranjo de antenas projetado será capaz de funcionar em altas frequências, mais precisamente na faixa de frequência das micro-ondas em 2,45 GHz. A análise numérica desses dispositivos será toda ela realizada utilizando o simulador de onda completa, neste caso o *Ansys Software*™ que implementa o método dos momentos (MoM) na análise precisa do parâmetro de espalhamento (S11) associado aos arranjos propostos. A faixa de frequência de 2,45 GHz foi escolhida em virtude de pertencer a banda ISM (do inglês *industrial, scientific and medical*), o qual é não licenciada e livre para teste das mais diversas aplicações envolvendo a tecnologia de microfita e demais estruturas planares.

A seção II descreve a geração da curva de Minkowski. Na seção III é descrito a metodologia e a estrutura da antena proposta. Os resultados simulados e experimentais são apresentados na Seção IV. A seção V apresenta as conclusões desse artigo.

2 | GEOMETRIA FRACTAL: GERAÇÃO DA CURVA DE MINKOWSKI

O termo fractal remete a uma geometria com características irregulares, de dimensão fracionária, que pode ser divisível indefinidamente e onde ao pegarmos um pequeno pedaço de alguma forma fractal, esse segmento ou mesmo um pedaço ínfimo é uma cópia idêntica ao todo. Essa estrutura foi originalmente estudada e proposta pelo pesquisador Benoit Mandelbrot nos anos de 1970 (MANDELBROT, 1983).

Esse tipo de geometria apresenta duas características interessantes, principalmente quando aplicadas a circuitos e/ou dispositivos de alta frequência, como por exemplo as antenas e arranjos de antenas de microfita. A característica são:

i) Auto similaridade: se caracteriza por simetria através de escalas. Um objeto é dito auto similar quando apresenta o mesmo perfil em uma escala menor de observação. Essa característica quando aplicada em projetos de antenas e arranjo de antenas de microfita, proporciona uma característica de comportamento multibanda, ou seja, com ressonância em várias frequências.

ii) Preenchimento do espaço: ela é responsável pelo aumento do perímetro da estrutura ou da figura fractal. Essa importante característica quando aplicada em projetos de antenas e arranjo de antenas é responsável pela redução nas dimensões do dispositivo, isso em virtude do seu comprimento elétrico ter aumentado.

Para a geração de diferentes curvas fractais, existe o método denominado de IFS (*Iterative Function System*). Escolhemos utilizar esse método por ser de fácil implementação e por apresentar uma literatura vasta a seu respeito (OLIVEIRA, 2008). A Equação (1) mostra as 8 (oito) transformações afins necessárias para obtenção da curva fractal de Minkowski. A transformação utilizada, $q_i: R^2 \rightarrow R^2$, é dada por:

$$q_i(x, y) = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_i \\ f_i \end{pmatrix} \quad (1)$$

A Figura 1 ilustra os passos envolvidos no processo de construção da curva fractal de Minkowski de nível 1 a partir dos lados de um quadrado (forma inicial da curva). A curva de Minkowski de nível 1, será exatamente a forma geométrica do arranjo de antenas patches de microfita projetada para a faixa de frequência de 2,45 GHz.

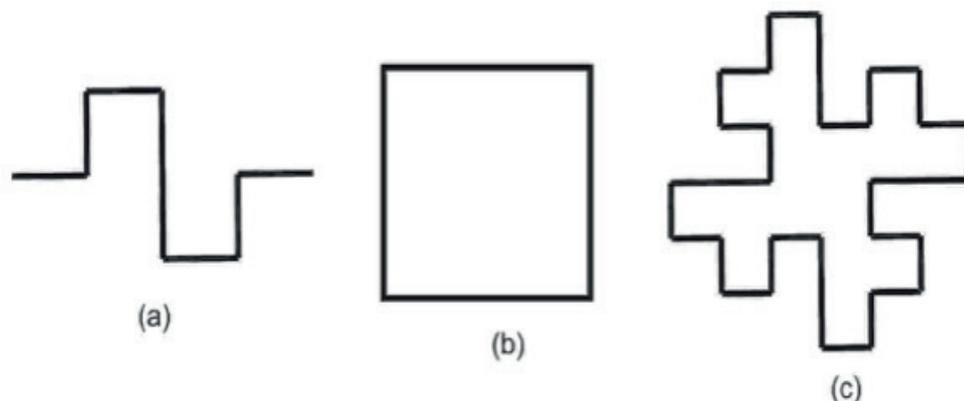


Figura 1 – Curva de Minkowski obtida por meio do método IFS. (a) curva geradora; (b) forma quadrática (nível 0 da curva de Minkowski); (c) Curva de Minkowski nível 1.

3 | METODOLOGIA EMPREGADA E ESTRUTURA DO ARRANJO DE ANTENAS FRACTAL PROPOSTO

A metodologia empregada nesse artigo consiste basicamente em projetar, analisar e caracterizar experimentalmente (por meio de medições dos parâmetros S de espalhamento) o arranjo de antenas proposto, o qual será denominado de AM1 (Arranjo Minkowski nível 1). Os parâmetros investigados para essa estrutura são: i) perda de retorno (S11); ii) diagrama de radiação; iii) coeficiente de onda estacionária (VSWR); iv) impedância de entrada e v) largura de banda (BW). Diante desses resultados é possível direcionar as possíveis aplicações para esses dispositivos dentro da faixa de frequência proposta como investigação (faixa de frequência das micro-ondas), bem como, propor melhorias e novas configurações

de arranjos de antenas de microfita, visando otimizar a performance dessa estrutura e dessa forma potencializar sua aplicação em sistemas de comunicação sem fio.

Para isso será feito uso das equações de projeto descritas em BALANIS (1997) baseado no modelo da linha de transmissão (TLM). Uma vez projetado o arranjo proposto nesse artigo, o mesmo será analisado pelo software comercial *Ansys Designer™* que implementa o método dos momentos na análise precisa do comportamento eletromagnético do arranjo de antenas proposto. A Figura 2 mostra a estrutura e as dimensões (em milímetros) do arranjo de antenas proposto, baseado diretamente na curva fractal de Minkowski de nível 1. Também é mostrado a fotografia do protótipo construído, e suas dimensões são mostradas na Tabela 1.

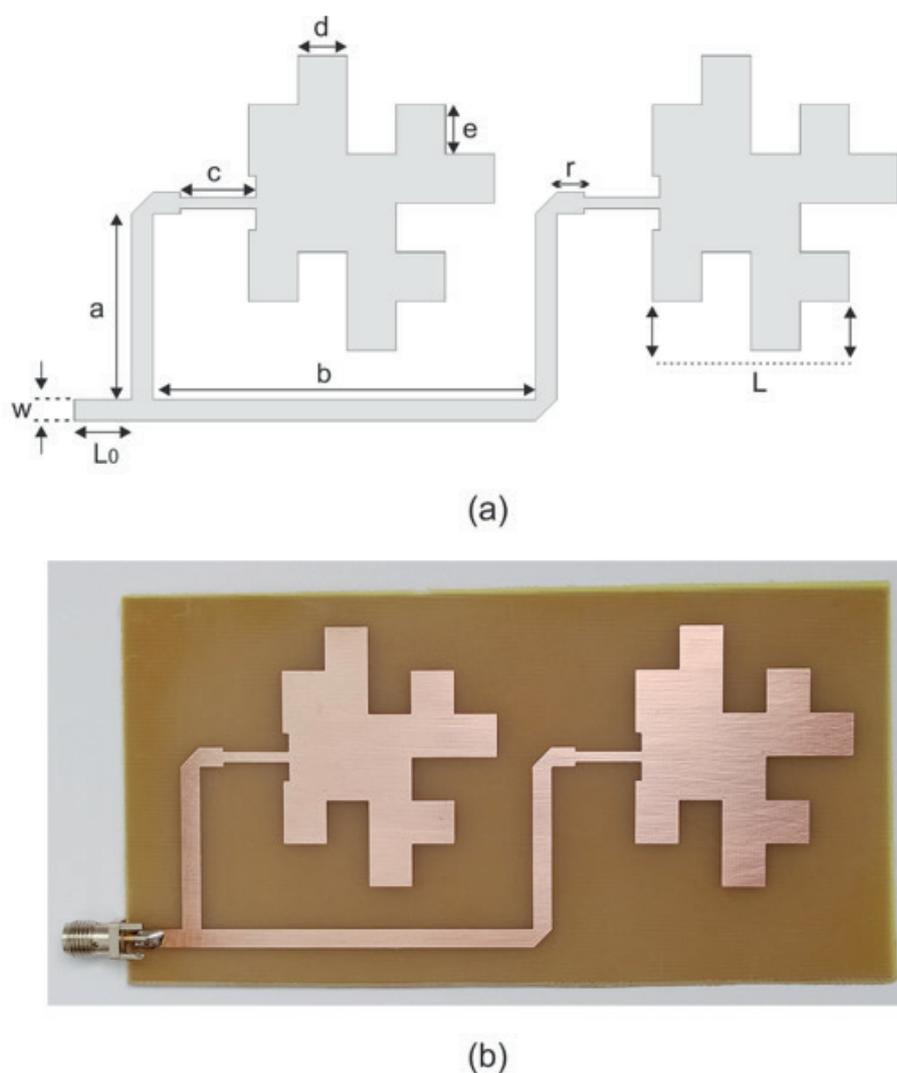


Figura 2 – Arranjo de antenas de microfita fractal proposto: (a) Estrutura do arranjo com suas dimensões em milímetros; (b) Protótipo construído.

Como o projeto do arranjo AM1 foi baseado na aplicação da curva fractal de Minkowski a uma estrutura de nível 0 (arranjo de antenas nível 0), conforme encontrado em RODRIGUES et al. (2016), houve um aumento do comprimento elétrico dessa estrutura (Figura 2b), o que acarreta em uma diminuição na frequência fundamental do arranjo AM1. Diante disso, os autores acharam interessante aplicar um fator de ajuste as dimensões do arranjo AM1

proposto com a finalidade de trazer a sua frequência fundamenta para a frequência inicial de projeto desejada, que é de 2,45 GHz. Para isso, foi feito uso do cálculo do fator de compressão (CF), segundo a Equação (2), as dimensões do arranjo AM1 (OLIVEIRA, 2008). Dessa forma, suas dimensões foram redimensionadas para a frequência de projeto de 2,45 GHz, o que acarretou em um novo dispositivo com dimensões reduzidas, denominado de AM1 miniaturizado (AM1 mini), para essa frequência de projeto. As novas dimensões para o arranjo de antenas fractal AM1 mini também é mostrado na Tabela 1.

$$CF = (Fr(GHz)/2,45 (GHz)) \times 100\% \quad (2)$$

Parâmetro	Dimensão (AM1)	Dimensão (AM1 mini)
L	28,7 mm	19,77 mm
d	7,18 mm	4,94 mm
L ₀	8,37 mm	5,77 mm
W	3,12 mm	2,15 mm
e	7,18 mm	4,94 mm
r	4,0 mm	2,75 mm
a	27,1 mm	18,67 mm
c	10,0 mm	6,89 mm
b	55,9 mm	38,51 mm

Tabela 1 - Dimensões do arranjo de antenas AM1 e AM1 mini propostos.

Toda a análise numérica desse dispositivo foi realiza no simulado *Ansys Designer*TM. A Figura 3 mostra a interface gráfica do simulador na fase de caracterização numérica do mesmo. A parte final do projeto consistiu na construção do dispositivo proposto e sua posterior caracterização experimental nas dependências do laboratório telecomunicações utilizando um analisador de rede vetorial modelo N523A da *Agilent Technologies*, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

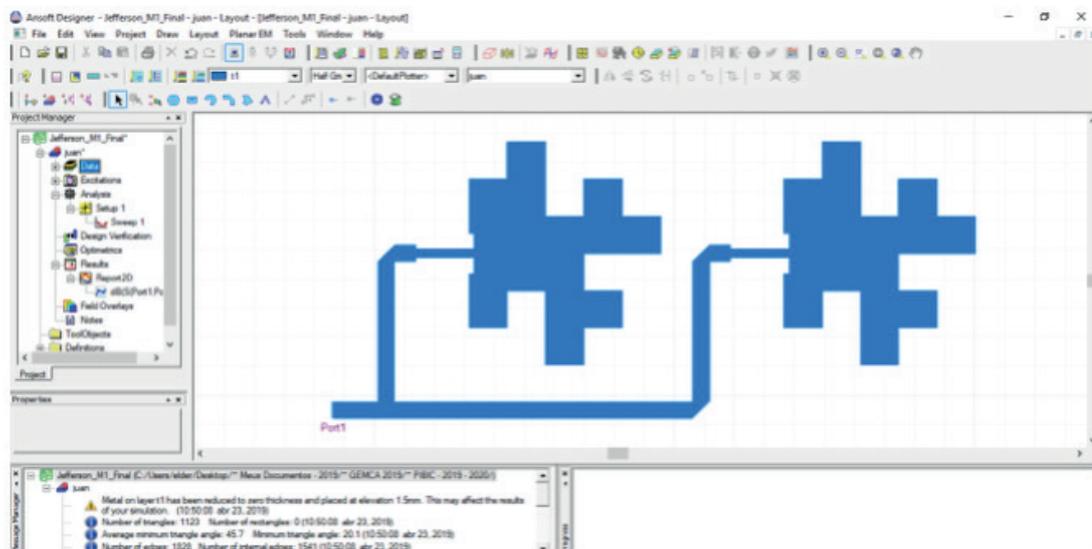


Figura 3 – Interface gráfica do simulador Ansys DesignerTM empregado na simulação do arranjo fractal proposto (AM1 e AM1 mini).

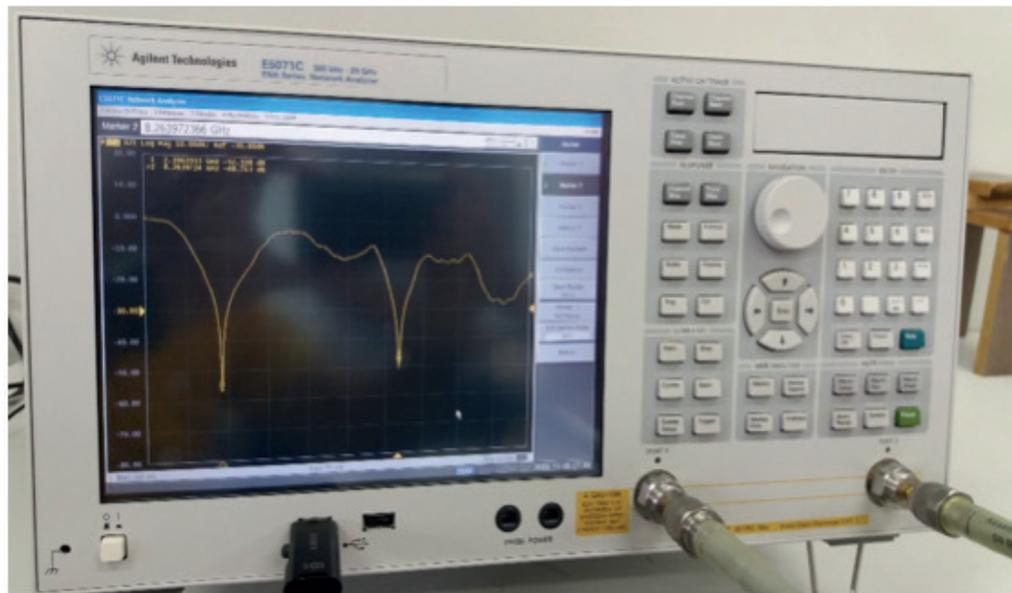


Figura 4 – Analisador de rede vetorial utilizado na medição dos parâmetros de espalhamento do arranjo AM1 proposto.

4 | RESULTADOS SIMULADOS E MEDIDOS PARA A ANTENA PROPOSTA

Para a construção do arranjo proposto, ver Figura 2(b), foi utilizada uma placa de circuito impresso de fibra de vidro (FR4), com as seguintes características: espessura ($h = 1,5$ mm), permissividade elétrica ($\epsilon_r = 4,4$) e tangente de perda ($\tan\delta = 0,02$). Também foi feito uso de um conector SMA de 50Ω de impedância com a finalidade de energizar o dispositivo.

A análise experimental desse dispositivo visa validar o projeto proposto, por meio de comparações entre os resultados medidos e simulados dos parâmetros de espalhamento (também conhecidos como parâmetros S) para esse dispositivo (BALANIS, 1997), (GARG, 2001).

Um dos parâmetros investigado nesse artigo para o arranjo de antenas proposto é a perda de retorno (RL) no terminal de entrada da antena, que segundo a literatura especializada é definida como sendo a relação em decibel (dB) entre as potências incidente e refletida no terminal do dispositivo, onde a mesma pode ser expressa em termos no coeficiente de reflexão (S11), conforme Equação (3) (BALANIS, 1997).

$$RL = -20 \log |S_{11}| \quad (3)$$

Dessa forma, o primeiro resultado desse artigo é mostrado na Figura 5, que mostra uma comparação entre as perdas de retorno simulada e medidas para o arranjo AM1 proposto. É possível observar do resultado um comportamento *dual band* (duas ressonâncias) para o arranjo AM1. Uma boa concordância entre os resultados simulado e medido foram alcançados, onde o resultado medido apresentou duas ressonâncias em 1,73 GHz e 2,45 GHz, respectivamente. Ambas as ressonâncias apresentaram a mesma largura de banda de 80 MHz. Essa última ressonância se mostrou interessante, pois é nessa faixa de frequência

de 2,45 GHz onde temos aplicações em sistemas de comunicação sem fio.

Outro parâmetro importante na análise de antenas e arranjo de antena de microfita é o coeficiente de onda estacionária (VSWR). Ele consiste na medida da energia que volta a fonte geradora por meio de ondas estacionárias na linha de alimentação, o que muitas vezes acontece entre um descasamento de impedância entre a linha de alimentação e o elemento patch (BALANIS, 1997). O VSWR é dado pela razão entre os coeficientes de reflexão das ondas incidentes e refletidas no terminal, conforme dado pela Equação (4).

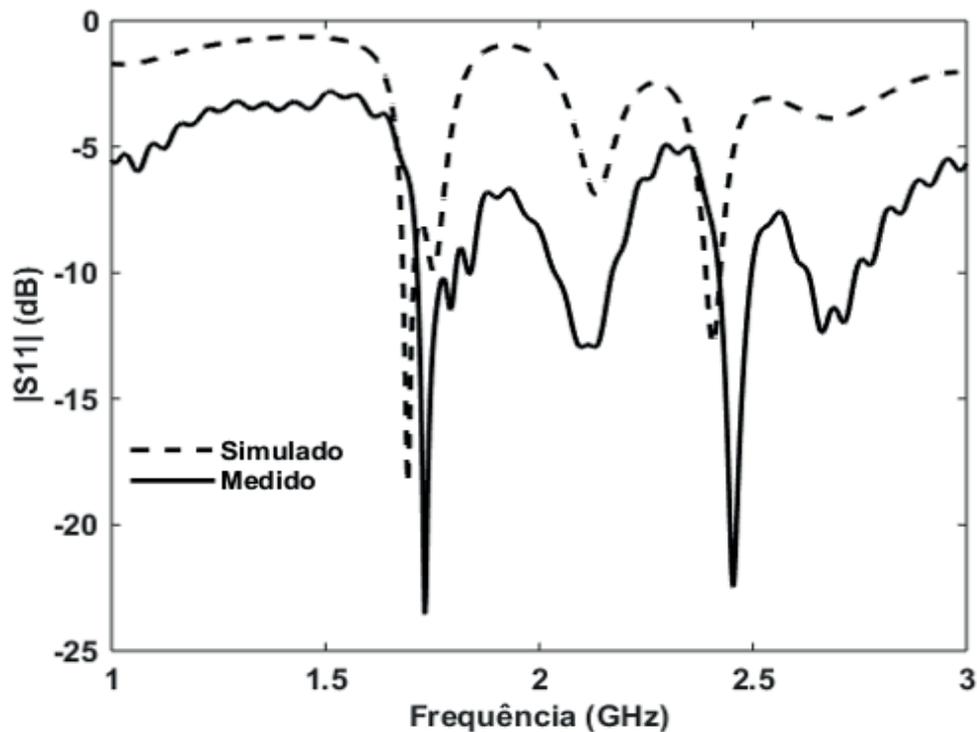


Figura 5 - Comparação entre simulação e medição da perda de retorno para o arranjo de antenas AM1 proposto.

$$VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|} \quad (4)$$

A Figura 6 mostra o resultado medido do coeficiente de onda estacionária (VSWR) para o arranjo AM1. Desse resultado podemos observar um valor de VSWR igual a 1,28 para o resultado simulado e um valor de 1,15 para o resultado medido. Ambos os valores se encontram abaixo da condição limite para um bom funcionamento da antena, o qual corresponde a um valor de VSWR igual a 2,0.

Por sua vez, o resultado de perda de retorno medido e simulado para o arranjo AM1 mini projetado é mostrado na Figura 7.

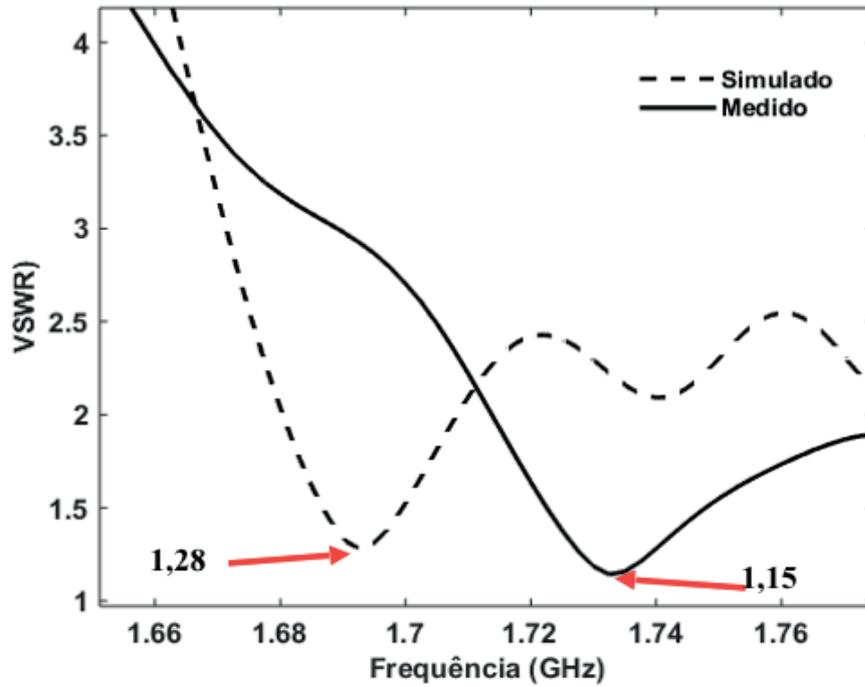


Figura 6 - Curva de VSWR medido e simulado para o arranjo AM1 proposto.

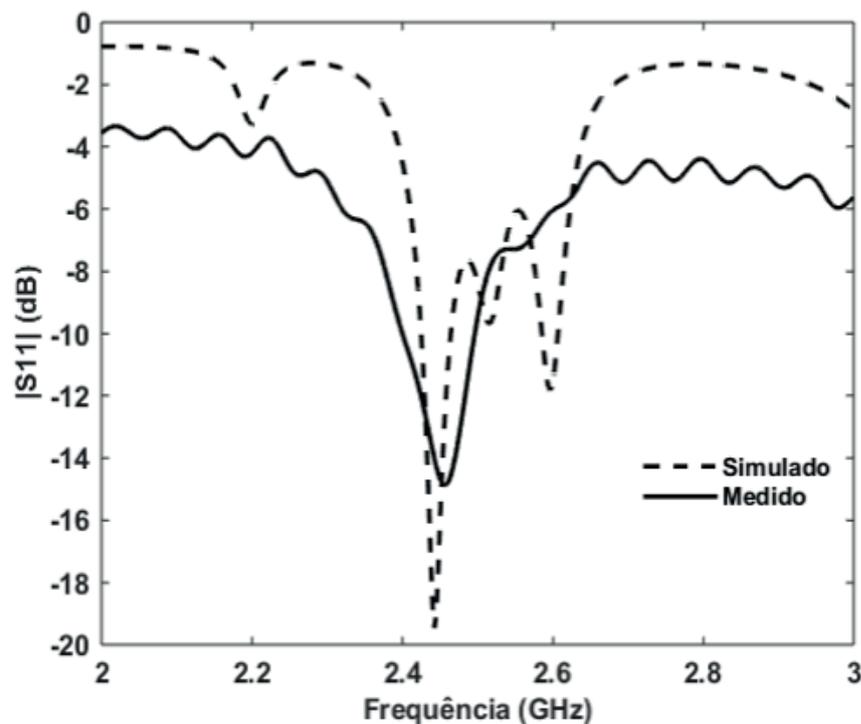


Figura 7 - Comparação entre simulação e medição da perda de retorno para o arranjo de antenas AM1 mini proposto.

Desse resultado podemos observar que houve uma boa concordância entre os resultados simulado e medido, com ambos convergindo para a frequência de 2,45 GHz. Onde o resultado simulado apresentou uma frequência de ressonância igual a 2,44 GHz com largura de banda de 40 MHz. Já o resultado medido apontou para uma frequência de ressonância de 2,45 GHz com uma largura de banda de 90 MHz.

O resultado medido na carta de Smith da impedância de entrada para a antena AM1

mini é mostrado na Figura 8, onde o valor obtido foi de $40,03 \Omega$, caracterizando assim um bom casamento de impedância para essa estrutura.

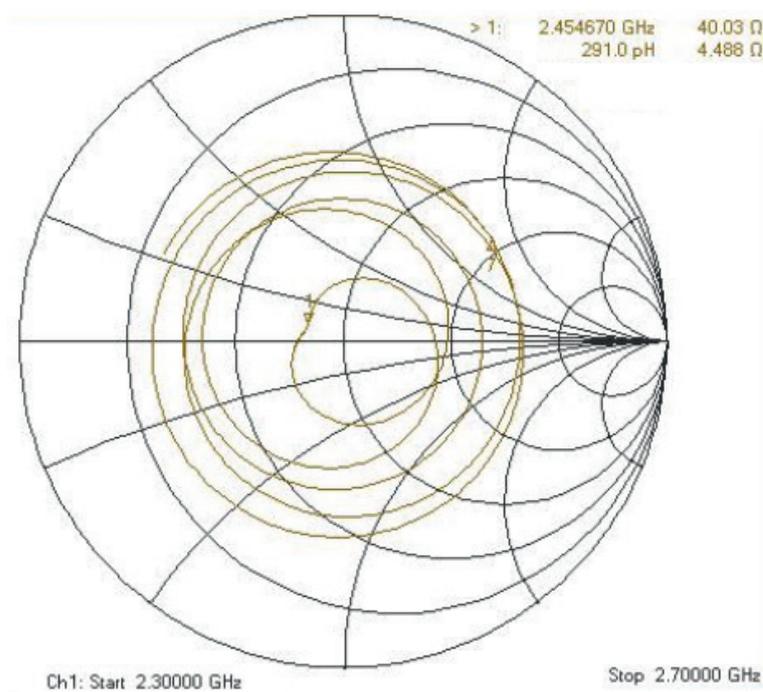


Figura 7 - Impedância de entrada medida na carta de Smith para a antena AM1 mini.

O diagrama de radiação 2D e 3D para o arranjo AM1 mini são mostrados da Figura 8, onde é possível observar um diagrama sem deformações e com características diretivas. No diagrama 2D, podemos observar larguras de feixes de meia potência não simétricas (49,04 graus e 46,01 graus), isso aconteceu devido aos dois elementos patches ressonantes da estrutura. Por sua vez, o diagrama de irradiação 3D nos mostra que o arranjo AM1 mini apresentou um ganho de 5,71 dB na região de máxima radiação (região de campo distante).

A Figura 9 mostra a distribuição de corrente nos patches irradiante da antena AM1 proposta. Devido à natureza não simétrica dos elementos patches baseadas no fractal de Minkowski, foi possível observar um comportamento diferente da energia nos elementos, onde no primeiro elemento patch a radiação se concentrou mais na metade superior do elemento, o que por sua vez, no segundo elemento a concentração da energia se deu na parte inferior do patch.

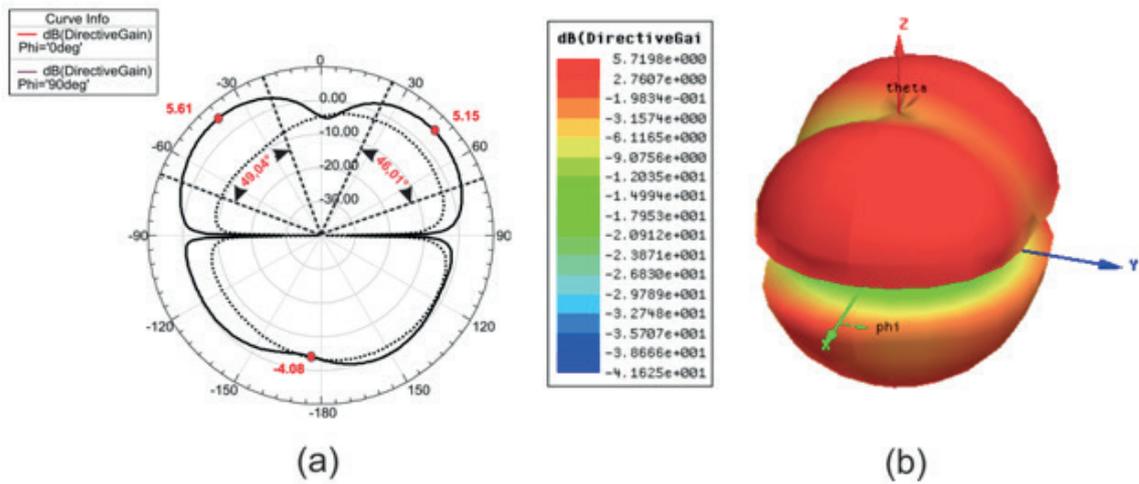


Figura 8 – Diagrama de irradiação 2D para o arranjo de antenas AM1 proposto.

Todos os resultados obtidos para o arranjo de antenas AM1 mini se encontram resumidos na Tabela 2.

Resultados	Arranjo AM1 mini	
	Simulado	Medido
Frequência de ressonância (Fr)	2,44 GHz	2,45 GHz
Perda de retorno (RL)	-19,5 dB	-14,9 dB
VSWR	1,28	1,15
Largura de banda (BW)	40 MHz	90 MHz
Largura de banda percentual (BW%)	1,64%	3,67%
Impedância de Entrada	–	40,03 Ω

Tabela 2 – Resultados simulados e medidos para o arranjo de antenas AM1 mini proposta.

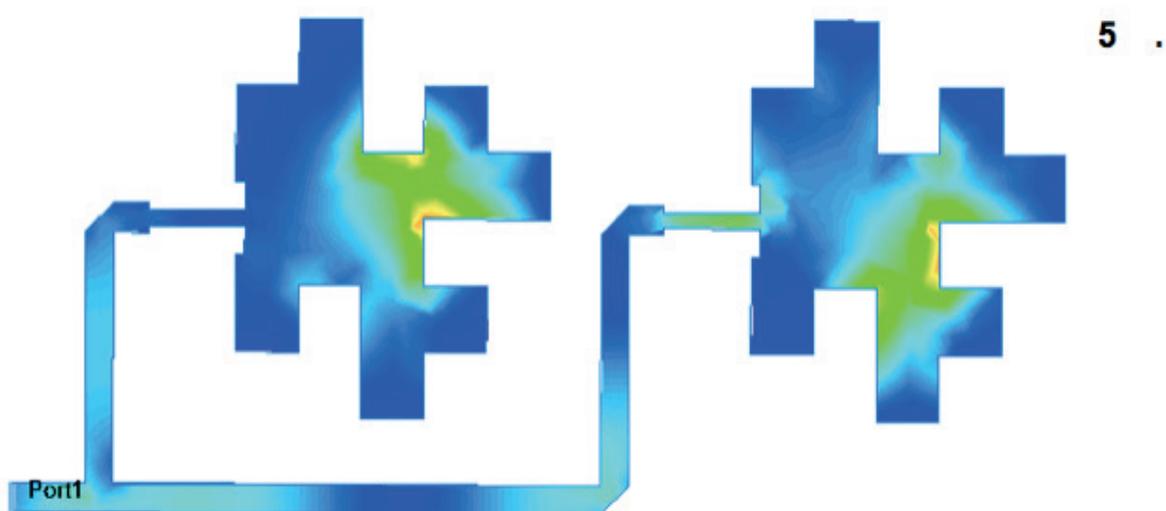


Figura 9 – Distribuição de corrente no arranjo AM1 proposto.

5 | CONCLUSÃO

Neste artigo foi proposta um arranjo linear de antenas patches de microfita com 2 elementos irradiantes. A estrutura da antena foi baseada na curva fractal de Minkowski nível 1 para a frequência de 2,45 GHz, sendo essa uma faixa de frequência com aplicações em sistemas de comunicação sem fio livre de licença. O arranjo miniaturizado (AM1) proposto apresentou uma redução de 31,0% em relação ao arranjo AM1 com 100% de suas dimensões físicas, bem como em relação a um arranjo retangular com elementos convencionais (AKQ0) propostos em (RODRIGUES, et al., 2016). A estrutura apresentou boas características de radiação na frequência de 2,45 GHz, com baixas perdas de retorno.

Uma boa concordância entre os resultados simulados e medidos foi observada, tanto para o arranjo de antenas AM1 quanto para o arranjo AM1 mini. O destaque ficou por conta da largura de banda de 90 MHz para o arranjo AM1 mini. Esse valor é superior aos 83,5 MHz de largura de banda mínima para aplicações em comunicação sem fio. Como trabalhos futuro, os autores pretendem estender o nível do fractal de Minkowski para o nível 2 e então aplicar no projeto de um arranjo de antenas, com o intuito de se conseguir uma antena ainda menor, com boa largura de banda e sem perda de desempenho.

A ideia desse tipo de trabalho é sempre enfatizar a análise experimental desses dispositivos, visando sua viabilidade de aplicação em sistemas de comunicação sem fio que exijam baixo perfil, sem degradar sua performance e desempenho.

REFERÊNCIAS

BALANIS, C. A. **Antenna theory-analysis and design**, 2nd ed. USA: John Wiley & Sons, 1997.

GARG, R.; BHARTIA, P.; BAHL, I.; ITTIPIBOON, A. **Microstrip Antenna Design Handbook**, Boston, USA: Artech House, Inc., 2001.

MANDELBROT, Benoit. **The Fractal Geometry of Nature**, New York: W. H. Freeman, 1983.

RODRIGUES, R. R. M. OLIVEIRA, E. E. C.; OLIVEIRA, M. A.; SILVA, P. H. F.; SILVA, R. C. F. **Projeto e Análise de um Arranjo Pré-Fractal de Antenas Tipo Patch em Microfita**, 17º SBMO - Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 12º CBMag - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo, Porto Alegre, 2016.

Ansoft Designer (part of ANSYS Inc.) [Online]. Available: www.ansoft.com.

PUENTE, C.; ROMEU, J.; POUS, R; CARDAMA, A. **On the Behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna**, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 46, pp. 517-524, 1998.

OLIVEIRA, E. E. C. **Antenas de Microfita com Patch Quase-Fractal para Aplicações em Redes WPAN/ WLAN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)–Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, 2008.

MORETTI, Isabella. “Regras da ABNT para TCC: conheça as principais normas”. 2017. Disponível em: <https://viacarreira.com/regras-da-abnt-para-tcc-conheca-principais-normas>. Acesso em: 03/05/2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 19, 20, 21, 25, 29, 30
Alergia 70, 71
Ameixa 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89
Aquecedores 40, 41, 42, 52
Arranjo de antenas de microfita 54, 56, 58

B

Batimento 76, 79, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89

C

Capitalismo 124, 130
Celíacos 70, 73
Cidades inteligentes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 14, 15, 16, 18, 21
Clientes 2, 106, 108, 109, 110, 113, 114
Comunicação sem fio 54, 58, 61, 65
Construção civil 20
Custos 2, 21, 26, 29, 32, 34, 35, 36, 37, 106, 108, 111, 112, 114, 119, 130, 131

D

Desenvolvimento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 14, 15, 16, 20, 21, 29, 30, 43, 52, 55, 70, 72, 73, 74, 77, 94, 106, 107, 109, 112, 113, 119, 120, 121, 126, 133, 135
Desenvolvimento sustentável 1, 5, 15, 16, 29
Dignidade 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134

E

Energia 2, 6, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 35, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 53, 56, 61, 63, 117, 121
Energia solar 20, 29, 40, 44, 45, 53

F

Ferramentas 1, 14, 106, 108, 110, 111, 113, 121
Fidelização 106, 108

G

Gestão da Qualidade 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114

I

Indústria 4.0 116, 117, 118, 119, 120, 122

Inovação 116, 117, 119, 121, 122

Intolerância 70, 71, 74

L

Lactose 70, 71, 72, 73, 74, 75

M

Micro-ondas 54, 55, 56, 57, 65, 77

O

Objetificação 124, 132

P

Pavimento rígido 31, 33, 36, 38

Pavimentos 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39

Produtos 53, 66, 70, 71, 72, 74, 86, 87, 88, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120

Projeto 2, 4, 6, 7, 14, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 36, 44, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 65, 113, 115

Propriedades físico-químicas 77, 87, 88

Proteína do Leite 70, 71

Q

Qualidade 2, 4, 5, 6, 14, 19, 29, 30, 32, 37, 38, 72, 74, 76, 78, 88, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117

R

Recuperação 17, 31, 32, 38

Revolução 4.0 116

Robôs 116, 120, 121

S

Satisfação 106, 107, 108, 109, 113, 133

Secagem em camada de espuma 76, 77, 78, 80, 89

Subordinação 124, 125, 128

T

Tecnologias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 14, 16, 20, 21, 23, 25, 29, 30, 41, 54, 55, 73, 105, 116, 117, 119, 120, 135

Tempo 2, 15, 29, 32, 35, 37, 41, 50, 51, 67, 69, 76, 77, 78, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 94, 112, 116, 118, 119, 121

Tubular 27, 41, 42, 43, 48, 53

V

Valorização 124, 125, 132, 133

Viabilidade 20, 21, 29, 31, 32, 36, 40, 41, 42, 53, 65

W

Whitetopping 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39

 **Atena**
Editora

2 0 2 0