

Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2020

Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann
(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: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

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

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
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. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di 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
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
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
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
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 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
Profª Drª 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. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E93	<p>Evolução na ciência e engenharia de materiais [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-921-9 DOI 10.22533/at.ed.219201601</p> <p>1. Engenharia de materiais – Pesquisa – Brasil. I. Holzmann, Henrique Ajuz.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620.11</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE FIBRAS VEGETAIS NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E MORFOLOGIA DA FRATURA DE COMPÓSITOS COM FIBRAS CONTÍNUAS E ALINHADAS	
Fábio Santos de Sousa Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho Luciano Monteiro Almeida Roberto Tetsuo Fujiyama	
DOI 10.22533/at.ed.2192016011	
CAPÍTULO 2	10
COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS COM FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS CONTÍNUAS E ALINHADAS	
Luciano Monteiro Almeida César Tadeu Nasser Medeiros Branco Douglas Santos Silva Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho Roberto Tetsuo Fujiyama	
DOI 10.22533/at.ed.2192016012	
CAPÍTULO 3	23
CARACTERIZAÇÃO DE NANOFILTRO REDUTOR DE SULFETO DE HIDROGÊNIO E UMIDADE DO BIOGÁS	
Mateus Sousa Pinheiro Gabrielle Dias Coelho Maria del Pilar Hidalgo Falla	
DOI 10.22533/at.ed.2192016013	
CAPÍTULO 4	36
DESCRIÇÃO TERMODINÂMICA DE MICRODOMÍNIOS DENTRO DE PICHE MESOFÁSICO PRECURSOR PARA FIBRAS DE CARBONO	
Caio Cesar Ferreira Florindo Adalberto Bono Maurizio Sacchi Bassi	
DOI 10.22533/at.ed.2192016014	
CAPÍTULO 5	51
NANOBIOSENSOR ELETROQUÍMICO BASEADO EM APTAMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A EM CAFÉ TORRADO	
Maurília Palmeira da Costa Itala Gabriela Tavares Lima Idjane Silva de Oliveira Cesar Augusto Souza de Andrade Maria Danielly Lima de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2192016015	

CAPÍTULO 6	63
DETECÇÃO ESPECÍFICA DE SCHISTOSOMA MANSONI EM LCR USANDO UM BIOSSENSOR ELETROQUÍMICO DE DNA BASEADO EM NANOPARTICULAS DE OURO E MERCAPTOSILANO	
Giselle Soares dos Santos César Augusto Sousa de Andrade Fábio Lopes de Melo Maria Danielly Lima de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2192016016	
CAPÍTULO 7	73
PRODUÇÃO DE NANOMATERIAIS BIOMIMÉTICOS A PARTIR DE UM NOVO SISTEMA DE <i>ELECTROSPINNING</i> PARA ENGENHARIA DE TECIDOS DOS MENISCOS DO JOELHO	
Thiago Domingues Stocco Anderson de Oliveira Lobo	
DOI 10.22533/at.ed.2192016017	
CAPÍTULO 8	87
PLATAFORMA NANOSTRUTURADA BASEADA EM APTÂMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A	
Maurília Palmeira da Costa Ítala Gabriela Tavares Lima Idjane Silva de Oliveira Cesar Augusto Souza de Andrade Maria Danielly Lima de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2192016018	
CAPÍTULO 9	96
CARACTERIZAÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS PLA/ZNO POR REOLOGIA E NMR NO DOMÍNIO DO TEMPO	
Amanda Ramos Aragão Melo José Carlos Dutra Filho Maria Inês Bruno Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.2192016019	
CAPÍTULO 10	108
INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE CÁLCIO E BÁRIO EM COMPOSIÇÕES DE PEROVSKITAS $TR_{(1-x)}M_xO_3$ (TR= PR, GD), (M = CA, BA) (X= 0,2) NA ATIVIDADE CATALÍTICA	
Cássia Carla de Carvalho Anderson Costa Marques Symone Leandro de Castro Davidson Nunes de Oliveira Filipe Martel de Magalhães Borges Alexandre de Sousa Campos	
DOI 10.22533/at.ed.21920160110	
CAPÍTULO 11	119
CERÂMICAS AVANÇADAS: PRODUÇÃO DE NANOESTRUTURAS DE ÓXIDOS TERRA RARA-NÍQUEL	
Bruna Niccoli Ramirez Márcia Tsuyama Escote	
DOI 10.22533/at.ed.21920160111	

CAPÍTULO 12 133

INSERÇÃO DE ESCÂNDIO E FÓSFORO NO SEMICONDUTOR DE DIÓXIDO DE TITÂNIO PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Eduardo Felipe De Carli
Eliane Kujat Fischer
Natali Amarante da Cruz
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.21920160112

CAPÍTULO 13 146

INDUTORES DE RÁDIO FREQUÊNCIA EXTERNOS COM ALTOS FATORES DE QUALIDADE USANDO OURO, SU8 E ALUMINA

Lucas Martins Miranda de Almeida
Alexandre da Silva Nascimento
Richard Alexandrino de Macedo
Angélica dos Anjos Ayala

DOI 10.22533/at.ed.21920160113

CAPÍTULO 14 153

INCLUSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE $3Y-ZrO_2$ EM MATRIZ DE Al_2O_3 PARA CONFECÇÃO DE INSERTO CERÂMICO

Miguel Adriano Inácio
José Victor Candido de Souza
Maria do Carmo de Andrade Nono
Sergio Luiz Mineiro
Daniel Alessander Nono

DOI 10.22533/at.ed.21920160114

CAPÍTULO 15 160

OPTICAL AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES IN CDSE/CDTE AND CDSE/CDTE NANOCRYSTALS PREPARED BY AQUEOUS SYNTHESIS

Raul Fernando Cuevas Rojas
Miguel Angel González Balanta
Silvio José Prado
Pablo Henrique Menezes
Lauro Antonio Pradela Filho
Victor Ciro Solano Reynoso

DOI 10.22533/at.ed.21920160115

CAPÍTULO 16 170

PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE BY DENTAL PULP STEM CELLS IN INTERFACE WITH PLASMA MODIFIED TITANIUM

Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo
Laís Albuquerque Vasconcelos
Clodomiro Alves Junior
Jussier Oliveira Vitoriano
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha
Moacir Fernandes de Queiroz Neto
José Sandro Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.21920160116

CAPÍTULO 17 187

SÍNTESE HIDROTÉRMICA ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS DE ALUMINA TRI-HIDRATADA

Ricardo Ritter de Souza Barnasky
Cristiane Wienke Raubach Ratmann
Marciel Gaier
Mário Lúcio Moreira
Sergio da Silva Cava

DOI 10.22533/at.ed.21920160117

CAPÍTULO 18 201

MODIFICAÇÃO QUÍMICA DA LIGA DE ALUMÍNIO 5052 PARA OBTENÇÃO DE SUPERFÍCIES SUPER-HIDROFÓBICAS

Rafael Gleymir Casanova da Silva
Maria Isabel Collasius Malta
Severino Leopoldino Urtiga Filho
Sara Horácio de Oliveira
Magda Rosângela Santos Vieira

DOI 10.22533/at.ed.21920160118

CAPÍTULO 19 207

INFLUENCE OF THE ALUMINA ADDITION IN THE WEAR RESISTANCE OF THE SINTERED AISI 52100 STEEL

Bruna Horta Bastos Kuffner
Gilbert Silva
Carlos Alberto Rodrigues
Geovani Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.21920160119

CAPÍTULO 20 212

IMPROVEMENT OF TITANIUM SURFACE WITH PLASMA NITRIDING TREATMENT

Laís Albuquerque Vasconcelos
Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo
Clodomiro Alves Junior
Jussier Oliveira Vitoriano
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha
Moacir Fernandes de Queiroz Neto
José Sandro Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.21920160120

CAPÍTULO 21 226

AValiação de termofosfatos de alumínio com a adição de escória siderúrgica

Maria Sílvia Camarão de Sousa
Oscar Jesus Choque Fernandez
Edilson Carvalho Brasil
Marcondes Lima da Costa
Érika Raiol Pinheiro
Marlo Oliveira Costa

DOI 10.22533/at.ed.21920160121

CAPÍTULO 22 236

CARACTERIZAÇÃO DA LAMA DE ALTO-FORNO DE UMA SIDERÚRGICA INTEGRADA DO SUDESTE DO PARÁ

Wellington Bruno Silva de Jesus
Alacid do Socorro Siqueira Neves
Emanuel Negrão Macêdo
José Antônio da Silva Souza
Luiz Felipe Silva Pereira
Roseane de Lima Silva
Verônica Scarpini Cândido
Antonio Lourenço da Costa Neto
Raimunda Figueiredo da Silva Maia
Daniel José Lima de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.21920160122

CAPÍTULO 23 242

MÉTODO EQUACIONADO PARA PREVISÃO DO TEMPO DE REMOAGEM DE MINÉRIO DE FERRO

Simone Silva Neves
Filipe Mattos Gonçalves
Júnia Soares Alexandrino
Telma Ellen Drumond Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.21920160123

SOBRE O ORGANIZADOR..... 254

ÍNDICE REMISSIVO 255

INDUTORES DE RÁDIO FREQUÊNCIA EXTERNOS COM ALTOS FATORES DE QUALIDADE USANDO OURO, SU8 E ALUMINA

Data de aceite: 08/01/2020

Lucas Martins Miranda de Almeida

Faculdade de Tecnologia de São Paulo (Fatec – SP), Departamento de Sistemas Eletrônicos (DSE).

São Paulo – SP

Alexandre da Silva Nascimento

Faculdade de Tecnologia de São Paulo (Fatec – SP), Departamento de Sistemas Eletrônicos (DSE).

São Paulo – SP

Richard Alexandrino de Macedo

Faculdade de Tecnologia de São Paulo (Fatec – SP), Departamento de Sistemas Eletrônicos (DSE).

São Paulo – SP

Angélica dos Anjos Ayala

Faculdade de Tecnologia de São Paulo (Fatec – SP), Departamento de Sistemas Eletrônicos (DSE).

São Paulo – SP

RESUMO: Este trabalho apresenta o projeto e a simulação de indutores dedicados a aplicações de Rádio Frequência (RF), externos ao substrato ativo do circuito integrado. Os indutores são projetados em um substrato com características eletromagnéticas diferentes do substrato onde os dispositivos ativos são

projetados. O principal objetivo é aumentar o desempenho dos indutores, representado pelo Fator de Qualidade (Q). Além disso, os indutores externos ajudam a melhor utilizar a área no substrato ativo, pois os indutores ocupam grandes áreas.

PALAVRAS-CHAVE: Indutores Internos, Rádio Frequência, Fator de Qualidade

EXTERNAL RF INDUCTORS WITH HIGH QUALITY FACTORS USING GOLD, SU8 AND ALUMINA

ABSTRACT: This work presents the design and simulation of external inductors for RF applications. These inductors are outside the active substrate of an integrated circuit. The inductors have been designed on a substrate with different electromagnetics characteristics in relation to the substrate that are the active devices. The principal goal is increase the inductors performance, represented by the Factor Quality. Furthermore, external inductors help to save the area of the active substrate, because inductors occupy a large area.

KEYWORDS: External Inductors, Radio Frequency, Quality Factor.

1 | INTRODUÇÃO

Dispositivos eletrônicos estão cada vez mais conectados em uma rede, cada vez mais

utilizados e controlados remotamente, e isso aumenta com a vinda da Internet das Coisas. Para esses dispositivos serem conectados a alguma rede, é necessário que eles utilizem algum meio de comunicação com ela. Como a tendência é de que não haja excesso de cabos e fios físicos, a utilização de tecnologias sem fio (as famosas redes *wireless*) estão cada vez mais sendo estudadas e aplicadas. Mas para organizar esses tipos de comunicação, o IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos), os separou e criou protocolos para cada um deles. Dois dos tipos de comunicação que vem sendo amplamente utilizados são o Bluetooth e o Wi-Fi, onde o primeiro opera em frequência central de 2,45 GHz e o segundo pode operar em 2,4 GHz e 5 GHz.

Para projetar circuitos integrados de rádio frequência, o caso do Bluetooth e do Wi-Fi, componentes eletrônicos reativos (aqueles que sua impedância é dependente da frequência) são requeridos, justamente por ter essa mudança de comportamento atrelado à variação da frequência. Esses componentes reativos são basicamente dois, os capacitores com sua reatância sendo X_C e os indutores de reatância X_L . Porém, os valores de capacitância e de indutância desses componentes são dependentes de sua geometria, o que faz com que eles ocupem áreas grandes dependendo da frequência a ser utilizada, principalmente os indutores.

$$X_C = -\frac{1}{j\omega C}; X_L = j\omega L$$

Onde,

- C é a capacitância em Faraday;
- ω é a velocidade angular, que pode ser traduzida como frequência ($\omega = 2\pi \cdot f$), onde f é a frequência em Hertz;
- L é a indutância em Henry;
- j é o que indica que essa reatância é uma componente imaginária.

Contudo, foram estudadas maneiras para diminuir a área ocupada pelos indutores em uma pastilha de circuito integrado, e também maneiras de aumentar a performance deste componente, já que em circuitos integrados foi observado que os efeitos que degradam o seu funcionamento estão bem presentes.

O fator que retrata a performance do indutor, é o fator de qualidade (Q). Nele, se apresenta a relação entre sua componente puramente reativa, ou seja, imaginária (Im), e sua componente resistiva, que indica que há um efeito parasitário de resistência, ou seja, uma componente real (R). Em um indutor, quanto menor é a sua componente real, ou resistiva, maior é o seu Q , que, portanto, pode ser traduzido como um parâmetro de idealidade do componente.

Os efeitos que degradam o funcionamento do indutor são: efeito pelicular, efeito de proximidade e correntes de Eddy. O primeiro indica que ao aplicar uma frequência

consideravelmente alta em um fio condutor, o campo elétrico irá fazer com que a corrente flua apenas nas extremidades deste fio, aumentando, então, sua resistência. O efeito de proximidade ocorre quando dois fios que conduzem uma certa corrente elétrica, induz campo eletromagnético que faz com que os elétrons fluam pela extremidade oposta do fio, aumentando, também, sua resistência, a Figura 1 ilustra estes dois efeitos.

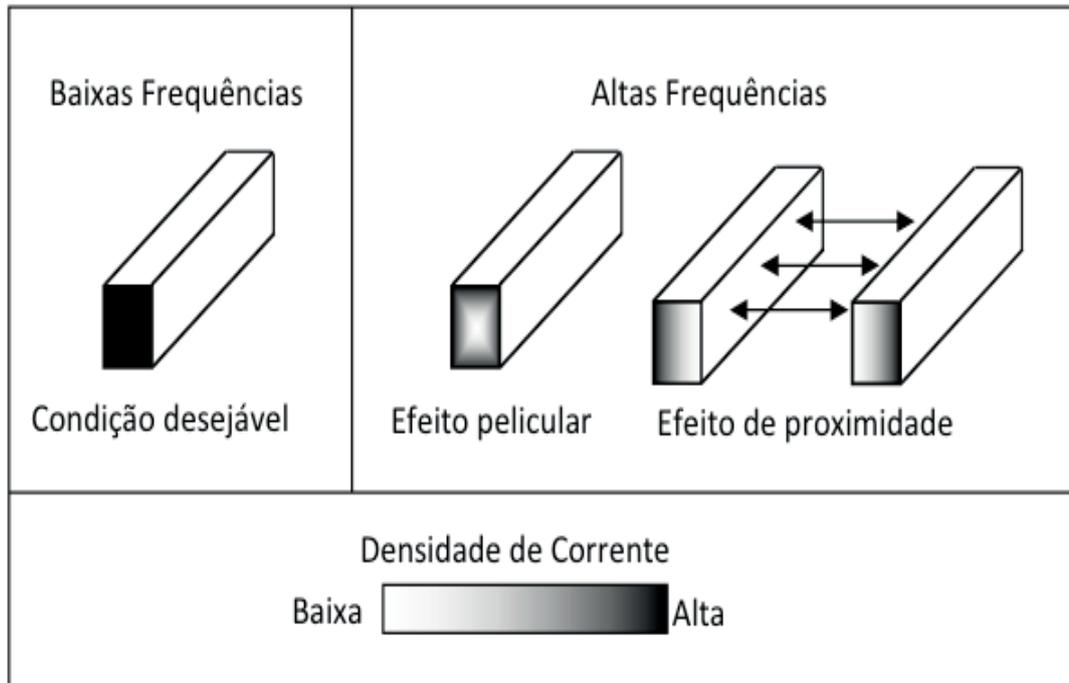


Figura 1: Efeitos pelicular e de proximidade

Já a corrente de Eddy, é a corrente induzida pelas bobinas do indutor que acabam se infiltrando no substrato, gerando ruído nos componentes que compõem esta pastilha, a Figura 2 ilustra como este efeito se comporta.

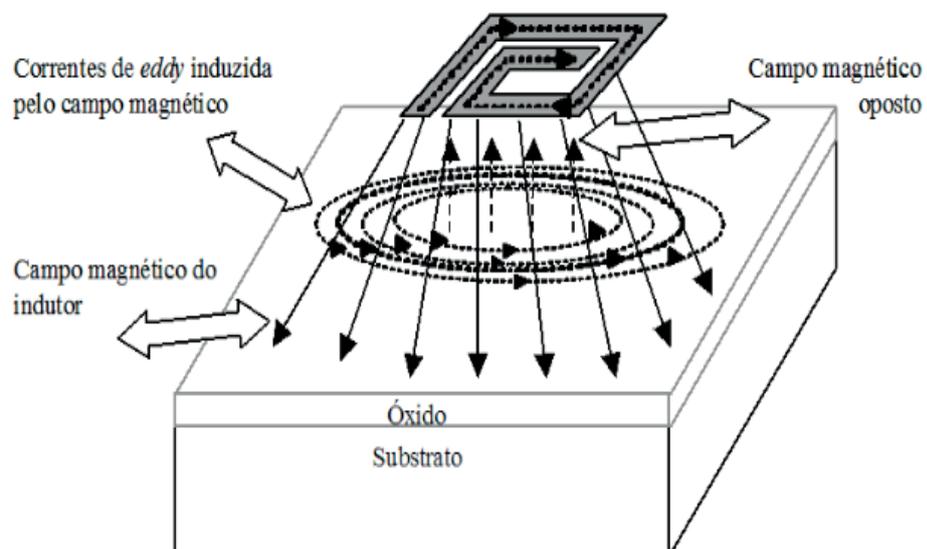


Figura 2: Correntes induzidas

2 | PROJETO

Tendo em vista todas as questões que degradam o funcionamento do indutor em circuitos integrados, foram propostas algumas soluções. Em circuitos integrados, geralmente, os indutores são implementados nas últimas camadas metálicas. Para fundamentar o projeto, foi utilizado como comparação uma tecnologia de circuitos integrados da fabricante AMS (Austrian Microsystems) denominada 0,35 μm CMOS.

A Figura 3 ilustra um exemplo de estrutura projetada na tecnologia da MAS. E como dito, os indutores são construídos nas últimas camadas de metal, no caso o Metal 4.

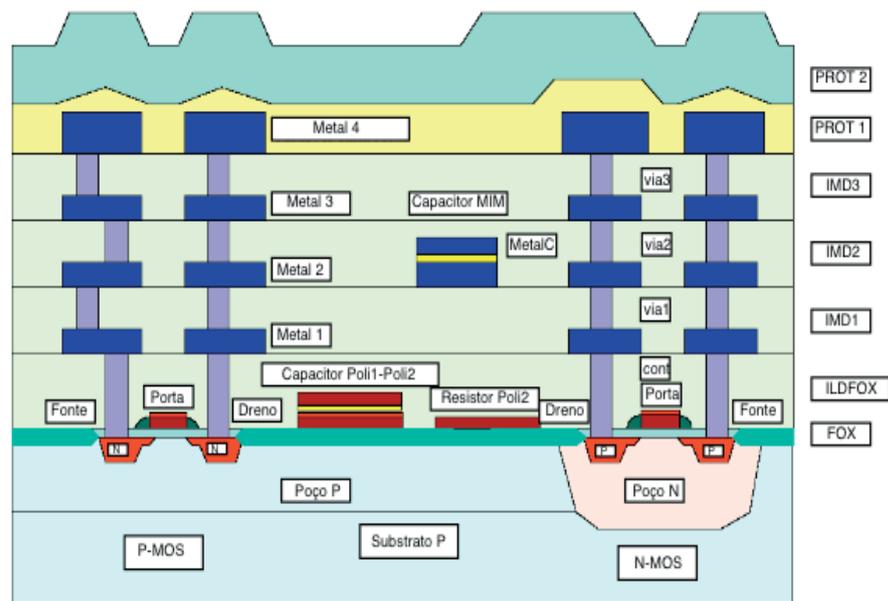


Figura 3: Estrutura da tecnologia de comparação (AMS 0,35 μm)

No desenvolvimento dos indutores externos, a estrutura está ilustrada na Figura 4.

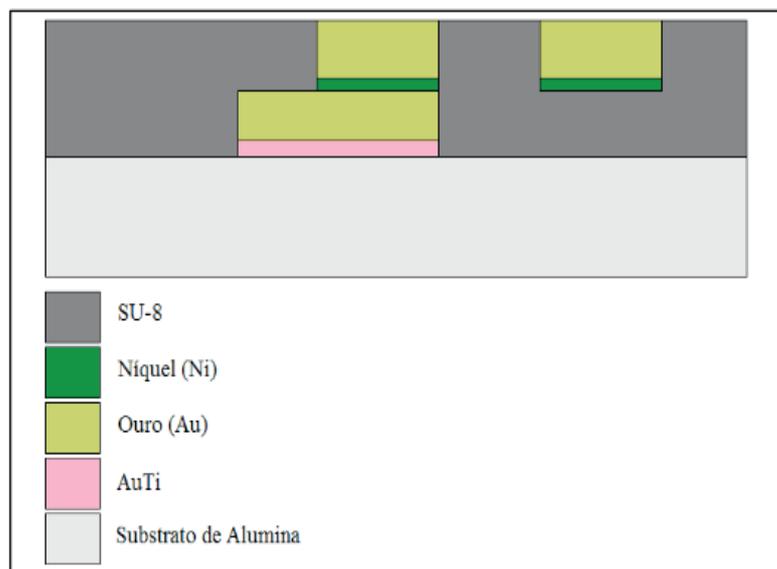


Figura 4: Estrutura dos indutores externos.

Onde,

- SU-8 é um fotorresiste (material sensível a luz) utilizado como isolante elétrico;
- Níquel é o metal utilizado para fazer a eletrodeposição de ouro em cima do SU-8;
- Ouro é o material condutor, onde a corrente elétrica fluirá;
- AuTi é uma liga de ouro e titânio para fazer a eletrodeposição do ouro no substrato de alumina;
- Alumina é utilizada como substrato do dispositivo.

Foram colhidos dados da tecnologia da AMS e dos materiais a serem utilizados no projeto e foram plotados na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

CAMADA	MATERIAL	PARÂMETRO
Metal:	Alumínio	$R_s = 40 \text{ m}\Omega/\square$
Substrato	Silício-P	$\rho = 19 \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$
Dielétrico	PROT1	$\rho = 1 \times 10^{10} \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$

Tabela 1: Materiais da tecnologia AMS 0,35 μm CMOS

CAMADA	MATERIAL	PARÂMETRO
Metal:	Ouro	$R_s = 4,8 \text{ m}\Omega/\square$
Substrato	Alumina	$\rho = 1 \times 10^{14} \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$
Dielétrico	SU-8	$\rho = 2,8 \times 10^{16} \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$

Tabela 2: Materiais dos indutores externos

Onde,

- R_s é a resistência de folha (resistência por quadrado) do metal;
- ρ é a resistividade do material;
- Silício-P é a pastilha de silício dopada com elementos trivalentes (Ex. Boro).

Percebe-se que com a resistência de folha dos materiais, é possível reduzir a resistência parasitária do indutor e com o substrato com maior resistividade, é possível limitar a corrente de Eddy que é induzida pelo próprio indutor.

A não utilização do ouro em uma tecnologia CMOS convencional se dá por conta da contaminação que ele pode provocar nas outras estruturas do circuito. Por isso, só é possível sua utilização em substratos isolados, como no caso do projetado, onde não há componentes ativos (transistores).

Por fim, o objetivo declarado era comparar cinco indutores quadrados com indutâncias de 1 a 5 nH que operam na frequência de 2,45 GHz, utilizando as duas

tecnologias. Foi utilizado o software ASITIC (*Analysis and Simulation of Spiral Inductors and Transformers for Integrated Circuits*).

3 | RESULTADOS

A estrutura projetada para ambas as tecnologias é ilustrada na Figura 5.

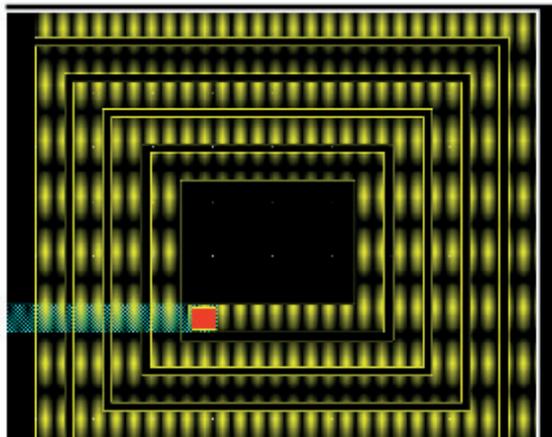


Figura 5: Estrutura dos indutores projetados

Nas Tabelas 3 e 4 estão o resultado da simulação das duas tecnologias, na qual estão demonstrados os valores de indutância, os fatores de qualidade na frequência de 2,45 GHz e a razão entre as tecnologias. Para os indutores internos foram utilizados dados da Tecnologia AMS 0,35 μm CMOS (Figura 3) e para os indutores externos os processos descritos na Figura 4.

Indutância ideal	Indutância Obtida [nH]		Fator de Qualidade (Q)		
	Interno	Externo	Interno	Externo	$Q_{\text{ext}} / Q_{\text{int}}$
1 nH	1,019	1,011	5,121	38,234	7,466
2 nH	2,020	2,012	5,167	40,863	7,909
3 nH	2,973	3,022	5,424	33,732	6,219
4 nH	3,926	3,999	5,478	30,383	5,546
5 nH	4,854	4,873	4,351	31,815	7,312

Tabela 3: Resultados obtidos nas duas tecnologias em 2,45 GHz

Nas Figuras 6 e 7, estão mostradas as curvas em função da frequência dos parâmetros medidos (L – Indutância e Q – Fator de Qualidade) das duas tecnologias utilizadas.

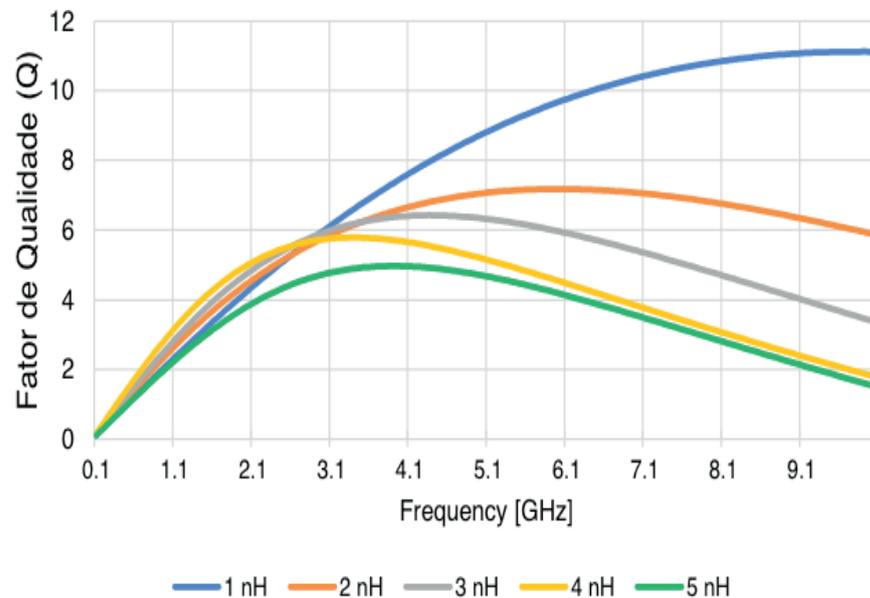


Figura 6: Fator de Qualidade em função da Frequência para cada valor de Indutância (0,35 µm CMOS)

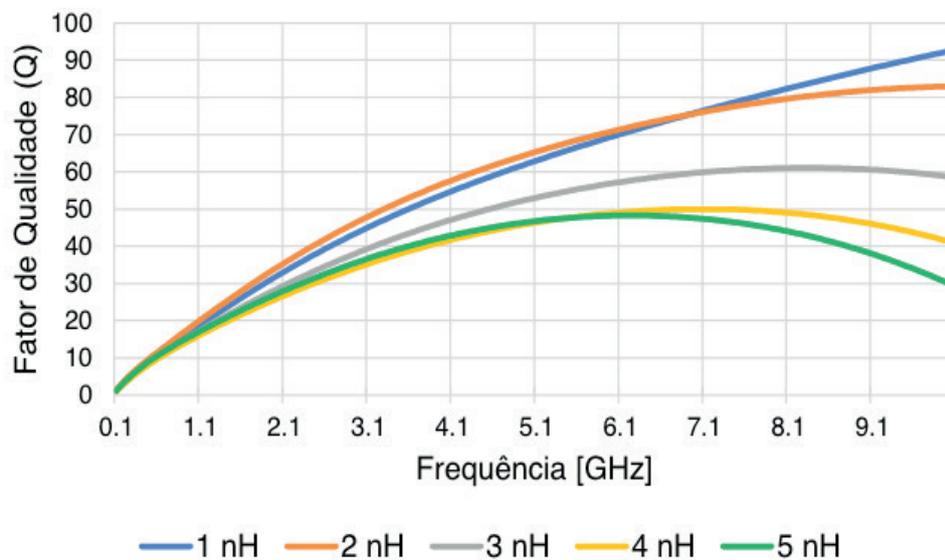


Figura 7: Fator de Qualidade em função da Frequência para cada valor de Indutância (externo)

4 | CONCLUSÃO

Após a simulação do projeto, foi possível observar que o Q dos indutores externos foi melhorado em relação ao dos internos (da tecnologia 0,35 µm CMOS da AMS). Em todos os casos, houve pouca variação do valor de indutância (L) na frequência de interesse (2,45 GHz) em relação ao valor esperado idealmente. Contudo, pode-se dizer que indutores de RF podem ser projetados sobre substratos isolados, tanto para economia de área ativa, quanto para melhoria de seu desempenho.

REFERÊNCIAS

ANJOS, A. **Comparação de Ferramentas para Modelagem de Indutores na tecnologia CMOS**

(dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2007.

ANJOS, A. **Integração de blocos RF CMOS com indutores usando tecnologia Flip Chip (tese de doutorado)**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2012.

HUAN-SHANG TSAI; JENSHAN LIN; FRYE, R.C.; TAI, K. L.; LAU, M.Y.; KOSSIVES, D.; HRYCENKO, F.; YOUNG-KAI CHEN: **Investigation of Current Crowding Effect on Spiral Inductors**. IEEE MTT-S Symposium on Technologies for Wireless Application Digest, pp. 139-142, Feb. 1997.

KYTHAKYAPUZHA, S. R. **Modeling of Spiral Inductors and Transformers (dissertação de mestrado)**. Dept. Electrical of Engineering and Computer Engineering, Kansas State University, Manhattan, 2001.

NASCIMENTO, A.; ALMEIDA, L.; ALEXANDRINO, R. **Projeto e Simulação de Indutores Planares Externos ao Die para RF em 2,45GHz e 5GHz**. Fatec-SP. 2017.

NIKNEJAD, A. **ASITIC (Analysis and Simulation of Spiral Inductors and Transformers)**. Disponível em: <<http://rfic.eecs.berkeley.edu/~niknejad/asitic.html>>. Acesso em: 6 de março de 2017.

YU CAO; GROVES, R.A.; XUEJUE HUANG; ZAMDMER, N.D.; PLOUCHART, J.-O.; WANCHNIK, R.A.; TSU-JAE KING; CHENMING HU: **Frequency- Independent Equivalent-Circuit Model for On-Chip Spiral Inductors**. IEEE J. Solid State Circuits, vol. 38, no. 3, pp. 419-426, Mar. 2003

YUE, C.P.; WONG S.S.: **On-Chip Spiral Inductors with Patterned Ground Shields for Si Based RF IC's**. IEEE J. Solid-State Circuits, pp. 85-86, 12-14 Jun 1997.

SOBRE O ORGANIZADOR

Henrique Ajuz Holzmann: Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alumina-zircônia 154, 156

Aptasensor 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 87, 88, 91, 92, 93

Área específica 108, 115, 116, 117, 142, 143

B

Biogás 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35

Biomateriais 74, 75, 209

C

CdTe/CdSe 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 170

Compósito 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Conversão 108, 110, 112, 115, 116, 118

E

Eletrofiação 73, 74, 75, 77, 79, 80, 81, 83, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 131

Eletroquímica 52, 53, 55, 57, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 87, 88, 89, 91, 92, 189

Engenharia tecidual 74

Espaçamento de fibra 1

F

Fase Anatase 133, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Fator de Qualidade 146, 147, 151, 152

Fibra de Juta 10, 12, 22

Fibra de vidro 10, 12, 13, 20, 21

Fibras de carbono 36, 37, 38, 40, 49

Fibras de sisal 1, 2, 3, 7, 14

Fibras naturais 1, 2, 10, 11, 12, 13, 21

Filtro 23, 28, 33, 97

Fosfato metálico 133

Fotocatálise 133, 134, 135, 142, 144

G

Gelatina 108, 110, 111

Genossensores 64, 65, 66

H

H₂S 23, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 34

Híbrido 10, 13, 21

I

Indutores Internos 146, 151

L

Laminados 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21

LaNiO₃ 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131

M

Meniscos 73, 74, 75, 80, 81, 83

Microdomínios 36, 38, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 49

N

Nanocompósito 96, 99, 101, 104, 105

Nanocristais 162

Nanopartículas de Ouro 63, 66, 68

Nanotubo de carbono 51, 87

Neuroesquistossomose 63, 64, 65, 70, 71, 72

Núcleo/casca 162

O

Ocratoxina A 51, 52, 87, 88

Óxido de zinco 51, 52, 54, 87, 89, 90, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 205, 206

P

Pechini 23, 24, 27, 34, 108, 109, 110, 111, 118

Perovskita 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 120

Piche mesofásico 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49

Poli(ácido láctico) 96, 97

Propriedades mecânicas 1, 2, 5, 10, 12, 13, 21, 36, 37, 38, 49, 75, 83, 97, 98, 104, 106, 154, 155, 156, 158, 159, 209

R

Rádio Frequência 146, 147

S

Síntese coloidal 162

Sol-Gel 122, 132, 133, 134, 136, 144

T

Teoria mesoscópica do contínuo 36, 39

U

Umidade 12, 14, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 52, 77, 97, 123, 137, 230, 239, 240, 241

