



Atena
Editora

Ano 2020

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza
(Organizadores)

**Engenharia Elétrica
e de Computação:
Atividades Relacionadas com
o Setor Científico e Tecnológico**

2

A black and white photograph of a hand holding a square microchip. The chip has a grid of pins on its sides and a central area with several smaller components. The background is a blurred electronic circuit board with various components like capacitors and resistors.

Atena
Editora

Ano 2020

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza
(Organizadores)

**Engenharia Elétrica
e de Computação:
Atividades Relacionadas com
o Setor Científico e Tecnológico**

2

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Camila Alves de Cremo

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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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) | |
|---|---|
| E57 | <p>Engenharia elétrica e de computação [recurso eletrônico] : atividades relacionadas com o setor científico e tecnológico 2 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Marcelo Henrique Granza. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-168-8 DOI 10.22533/at.ed.688200707</p> <p>1. Ciência da computação – Pesquisa – Brasil. 2. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Granza, Marcelo Henrique.</p> <p style="text-align: right;">CDD 623.3</p> |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica e da computação é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| PARADOXOS, RISCOS E REQUISITOS DA NOVA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA | |
| Vitor Silva Duarte | |
| Mario Jorge Daher | |
| Alex Nunes de Almeida (<i>in memoriam</i>) | |
| Maria Aparecida Martinez | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007071 | |
| CAPÍTULO 2 | 14 |
| ANÁLISE DO IMPACTO DE GERAÇÕES RENOVÁVEIS SOBRE A MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO POR MEIO DE REGIÕES DE SEGURANÇA | |
| Paulo Andrade Novaes | |
| Antonio Carlos Zambroni de Souza | |
| Fábio da Costa Medeiros | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007072 | |
| CAPÍTULO 3 | 28 |
| APLICAÇÃO DE MODELO MULTIOBJETIVO DE ALOCAÇÃO DE GERADORES DISTRIBUÍDOS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO CONSIDERANDO OBRAS DE CONEXÃO DA REDE | |
| Paulo Sérgio Zanin Júnior | |
| Lina Paola Garcés Negrete | |
| Gelson Antônio Andrêa Brigatto | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007073 | |
| CAPÍTULO 4 | 43 |
| COMPLEXIDADES DA OPERAÇÃO DO SIN E SEUS IMPACTOS NO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO | |
| Vinicius Ragazi David | |
| Daniela Souza | |
| Leonardo Calabro | |
| João Carlos Mello | |
| Xisto Vieira Filho | |
| Edmundo P. Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007074 | |
| CAPÍTULO 5 | 61 |
| ESTRATÉGIAS DE O&M UTILIZADAS NA GESTÃO DE DESEMPENHO DOS PARQUES EÓLICAS, EM TEMPO REAL, PÓS OPERAÇÃO E ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO NO CURTO E MÉDIO PRAZO, MOSTRANDO OS RESULTADOS OBTIDOS COM A UTILIZAÇÃO DE BIGDATA, BUSINESS INTELLIGENCE E MACHINE LEARNING | |
| Flávio Martins ribeiro | |
| Marcus Antonius Queiroz da Cunha | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007075 | |
| CAPÍTULO 6 | 72 |
| IMPACT OF HOURLY PRICES ON FUTURE WIND FARM CONTRACTS IN BRAZIL | |
| João Carlos De Oliveira Mello | |
| Cláudio Ferreira | |
| Lucas Soares | |
| André Castro | |
| Daniela Souza | |
| Evelina Neves | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007076 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 7 | 83 |
| DESAFIOS ENCONTRADOS NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA | |
| Liliana Dutra dos Santos | |
| Rofferson Rosa Izidoro | |
| Daniel José Schmitz de Aguiar | |
| Fábio Silveira Costa | |
| Juceli Locks Junior | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007077 | |
| CAPÍTULO 8 | 96 |
| AVALIAÇÃO DE ESFORÇOS DINÂMICOS EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO CÁLCULO PARA ESTRUTURAS DE SUBESTAÇÕES | |
| Rafael Faria da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007078 | |
| CAPÍTULO 9 | 108 |
| ESTUDO E SIMULAÇÃO DE PROTEÇÃO DE ZONA MORTA EM SUBESTAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA | |
| Rodrigo Niederauer da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.6882007079 | |
| CAPÍTULO 10 | 121 |
| ELETROENCEFALÓGRAFO DE BAIXO CUSTO: CONCEITOS E PROJETO | |
| Vitor Nestro Rauffmann | |
| Pedro Bertemes Filho | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070710 | |
| CAPÍTULO 11 | 135 |
| FONTES DE CORRENTE EM TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MULTIFREQUENCIAL: ESTADO DA ARTE | |
| Lucas Cordeiro Butzke | |
| Pedro Bertemes Filho | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070711 | |
| CAPÍTULO 12 | 148 |
| TEORIA E ESTUDOS DE APLICAÇÕES DA TRANSFORMADA FRACIONAL DE FOURIER | |
| Leonardo Audalio Ferreira do Nascimento | |
| Adailton Braga Júnior | |
| Beatriz Cristina Reis Cordeiro | |
| Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro | |
| Pierre Teixeira Rodrigues | |
| Petrus Luiz Luna Pequeno | |
| Antônio Carlos Duarte Ricciotti | |
| Viviane Barrozo da Silva Duarte Ricciotti | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070712 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 13 | 166 |
| RELÉ INTELIGENTE BASEADO NA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA DE 4 VALORES MULTIFUNCIONAL - RI LPA4V | |
| Viviane Barrozo da Silva Ghendy Cardoso Júnior Antonio Carlos Duarte Ricciotti Pierre Teixeira Rodrigues Marcelo Luiz De Carvalho Ribeiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070713 | |
| CAPÍTULO 14 | 179 |
| OPEN SOURCE MODULAR DIDACTIC PLATFORM FOR POWER ELECTRONICS TEACHING | |
| Lucas Koleff Gustavo Soares Valentim Luciana da Costa Marques Victor Praxedes Rael Adrian D'Lucas Cardoso Gonçalves Wilson Komatsu Lourenço Matakas Junior | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070714 | |
| CAPÍTULO 15 | 204 |
| AUTOMAÇÃO DA CABINE DE LIMPEZA DE IMPRESSÃO 3D BINDER JETTING | |
| João Batista Machado Silva Leonardo Bevilaqua dos Santos Lucas Leandro Gomes Mariana Silva do Nascimento Gonçalves Vinícius de Moares Barboza Rogério Luis Spagnolo da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070715 | |
| CAPÍTULO 16 | 218 |
| USO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA OBTENÇÃO DE UM SENSOR AR/COMBUSTÍVEL VIRTUAL APLICADO A UM MOTOR MONOCILÍNDRICO | |
| Leonardo Faure Nardini Paschoa Sergio Ribeiro Augusto | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070716 | |
| CAPÍTULO 17 | 229 |
| INVESTIGAÇÃO DOS MÉTODOS NORMATIVOS PARA O CÁLCULO E ESTIMAÇÃO DA TEMPERATURA DO TOPO DO ÓLEO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA | |
| Daniel Carrijo Polonio Araujo Gabriel De Souza Pereira Gomes Mateus Batista De Moraes Rafael Prux Fehlberg | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070717 | |
| CAPÍTULO 18 | 242 |
| MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM A UTILIZAÇÃO DE MANTA TÉRMICA: ESTUDO DE CASO DE UMA INJETORA DE PEÇAS PLÁSTICAS | |
| Ivo Carlos Guarato Júnior Lúcio Rogério Júnior Antônio Manoel Batista da Silva Guilherme Henrique Alves | |
| DOI 10.22533/at.ed.68820070718 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 19 | 254 |
| DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM SISTEMA PARA PESQUISA DE PRODUTOS DE SUPERMERCADO Marcelo Garcia Palma DOI 10.22533/at.ed.68820070719 | |
| SOBRE OS ORGANIZADORES | 271 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 272 |

AUTOMAÇÃO DA CABINE DE LIMPEZA DE IMPRESSÃO 3D BINDER JETTING

Data de aceite: 01/06/2020

Data da submissão: 28/02/2020

João Batista Machado Silva

Departamento de Engenharia, Faculdades
Metropolitanas Unidas – FMU
jbjao92@hotmail.com

Leonardo Bevilaqua dos Santos

Departamento de Engenharia, Faculdades
Metropolitanas Unidas – FMU
leovique1@gmail.com

Lucas Leandro Gomes

Departamento de Engenharia, Faculdades
Metropolitanas Unidas – FMU
lucastleandrogomes96@gmail.com

Mariana Silva do Nascimento Gonçalves

Departamento de Engenharia, Faculdades
Metropolitanas Unidas – FMU
marianasng@live.com

Vinícius de Moares Barboza

Departamento de Engenharia, Faculdades
Metropolitanas Unidas – FMU
vini.foltran@hotmail.com

Rogério Luis Spagnolo da Silva

Departamento de Engenharia, Faculdades
Metropolitanas Unidas – FMU Professor nos
cursos de Engenharia Elétrica e de Controle e
Automação
Avenida Brigadeiro Luiz Antônio, 917, Bela Vista,
São Paulo, SP
rogerio.spagnolo@fmu.br

RESUMO: Atualmente, para limpeza dos modelos ortodônticos por impressoras em 3D (Binder Jetting), os equipamentos comerciais oferecem o jateamento em grande escala de peças que exigem intervenção manual de operadores. A limpeza eficiente em pequenas escalas de peças ocorre através de um processo de limpeza manual e repetitivo que até atingir a eficiência total na limpeza, podem ocorrer perdas das peças pelo manuseio do operador. A tecnologia apresentada é um modelo para otimização da etapa de limpeza dos modelos ortodônticos com foco na análise de eficiência da limpeza total dos modelos em pequenas escalas sem intervenção de operadores. A pesquisa acadêmica deste projeto tem como objetivo buscar conhecimento nas áreas de estudo da impressão em 3D, estudo e construção de placas de construção, aplicação de sistema de jateamento, montagem e elaboração de dispositivos, dimensionamento da estrutura, projeto teórico e aplicação prática.

PALAVRAS-CHAVE: Automação, Impressão 3D, Jateamento.

ABSTRACT: Nowadays, for cleaning of orthodontic models by 3D printers (Binder Jetting), commercial equipment offers the large-scale blasting of parts requiring manual intervention of operators. Efficient cleaning of small scales of parts occurs through a manual and repetitive cleaning process until the total cleaning efficiency can lead to loss of parts by operator handling. The presented technology is a model for optimization of the cleaning stage of the orthodontic models with focus on the analysis of the efficiency of the total cleaning of the models in small scales without operator intervention. The academic research of this project aims to seek knowledge in the areas of study of 3D printing, study and construction of building boards, application of blasting system, assembly and elaboration of devices, structure design, theoretical design and practical application.

KEYWORDS: Automation, 3D Printing, Blasting.

1 | INTRODUÇÃO

Para o processo de confecção de modelos ortodônticos na empresa que foi aplicado o projeto, utiliza-se a tecnologia denominada *Binder Jetting*. A tecnologia *Binder Jetting* consiste no uso de dois materiais: material de base em pó (metal ou pó de gesso) e um agente líquido. Segundo Godoy (2018), a tecnologia binder foi desenvolvida no Instituto de Tecnologia de Massachusetts em 1993 e em 1995 a AZ Corporation obteve uma licença exclusiva.

A linha de produção estudada nesse artigo consiste de uma impressora em 3D que deposita uma camada de pó de gesso na placa de construção e a cabeça de impressão a jato de tinta jorra o *binder* que é o agente de ligação, para unir as camadas formando os modelos ortodônticos.

A vantagem desse processo é que permite que as impressoras trabalhem com impressão 3D em grandes lotes, desde que estejam dentro da área placa de construção. Em média, são impressos 16 modelos ortodônticos em uma impressão de quatro horas, totalizando 8 pares de modelos ortodônticos (maxilar e mandíbula), porém, a desvantagem é o grande excesso de pó de gesso que fica ao redor destes modelos.

A partir disto, vários outros objetivos foram surgindo: minimizar o tempo do processo de limpeza, reduzir a quebra de modelos, aumentar a produtividade da linha de produção, evitar o comprometimento da saúde do operador durante o processo e melhorar a qualidade final do produto.

Em função do aumento da demanda por modelos ortodônticos, constatou-se que o processo de limpeza é demorado e que também haviam perdas de peças pelo manuseio do operador. Assim, iniciou-se um estudo de viabilidade do projeto para automatizar este processo de limpeza com impressora em 3D e tecnologia *Binder Jetting*

2 | A EVOLUÇÃO DA IMPRESSÃO 3D

Segundo WISHBOX (2018), a primeira impressora 3D surgiu em 1980 e, apesar dos diferentes tipos de impressão, todas se baseiam no mesmo princípio de deposição de camadas. Portanto, a diferença entre os tipos é caracterizada pela maneira que ocorre a distribuição da matéria prima. A **Tabela 1** apresenta a Evolução da Impressora 3D:

| Ano | Fato |
|------|---|
| 1984 | Criado por Chuck Hull o primeiro método de impressão por prototipagem rápida, (estereolitografia), ou seja, uma fabricação aditiva que utiliza recipiente de foto polímeros líquidos de resina que é solidificada através da exposição de raios ultravioleta. |
| 1988 | Após quatro anos da criação é feita a comercialização da impressora SLA – 250, com método FDM (<i>Fused Deposition Modeling</i>) modelagem por fusão e deposição, este é o método mais utilizado de fabricação aditiva por sobreposição apesar de ser mais lento que a estereolitografia, a empresa Scott Scrup foi a desenvolvedora. |
| 2005 | Lançamento de impressoras mais compactas como a Spectrum Z510, da corporação Z, que evoluiu também a resolução e melhor qualidade em cores. |
| 2014 | A iBox Nano inova na produção de objetos pequenos gerando custo benefício para projetos de produtos menores, até hoje é a menor impressora e mais leve no mercado. |
| 2016 | A empresa HP lançou a 3D Multi Jet Fusion, não utiliza laser, funciona com uma técnica em aplicar camada de pó seguido por uma matriz térmica de tinta que introduz um agente químico e funde o material, com este equipamento é possível utilizar até três materiais diferentes simultaneamente. |
| 2018 | pode considerar a “inovação da inovação”, uma impressora dez vezes mais rápida foi desenvolvida por engenheiros do instituto de tecnologia de Massachusetts – MIT. Enquanto as impressões tradicionais levam uma hora para imprimir uma peça Lego, a inovadora faz em questão de minutos, fato que ocorre devido o cabeçote compacto e duas ferramentas que aceleram o processo de “derreter” o material através de laser proporcionando maior rapidez. |

Tabela 1 – Evolução da impressora 3D.

Fonte: DANTAS, et al., 2018.

3 | DESENHO TÉCNICO INICIAL

Devido a fragilidade dos modelos ortodônticos, todas as partes mecânicas do sistema foram projetadas especificamente para uma limpeza mais suave, para que não venha quebrar ou apresentar fissuras no gesso. O esboço do protótipo inicial mostrado é ilustrado na **Figura 1**:

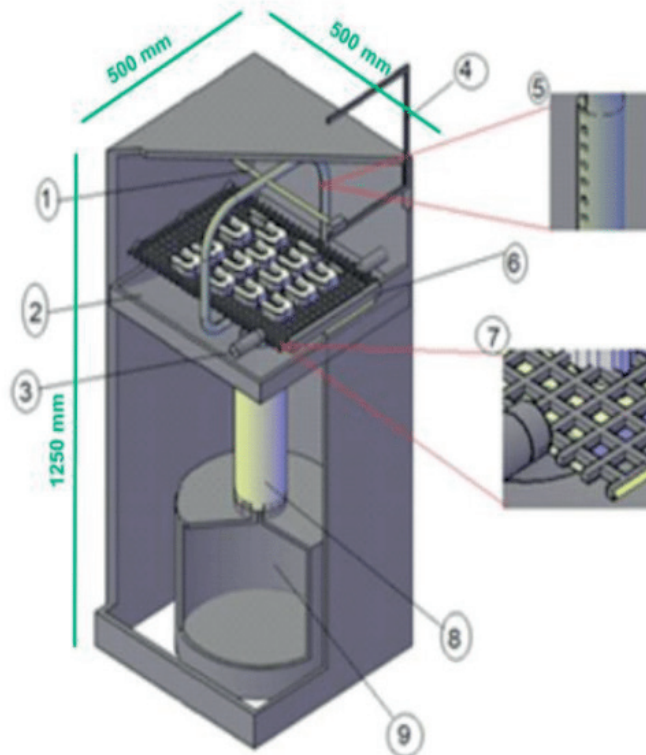


Figura 1 – Desenho do Protótipo Inicial.

Fonte: próprio autor.

Onde:

1. Eixo Giratório (Fuso) de Locomoção
2. Base para tubulação de sucção;
3. Suporte de fixação;
4. Porta;
5. Arco para jateamento;
6. Suporte para remoção de placa de construção;
7. Placa perfurada de perfil quadrado;
8. Tubulação para o motor de sucção;
9. Recipiente para armazenamento de pó com resíduos;

4 | FABRICAÇÃO DA PLACA DE CONSTRUÇÃO

A área de impressão dos modelos é denominada placa de construção. Sendo assim, além dos modelos que são formados na área onde estão os desenhos em 3D, ao redor e no interior da base destes é gerado um grande excesso de pó de gesso em função da impressora empurrar o material para toda área da placa de construção. Entretanto, somente na área que se encontram os desenhos em 3D, através de um reagente, os

desenhos são realizados pelo software da impressora.

Para remoção do pó de gesso acumulado entre os modelos e dentro das bases, uma nova placa de construção foi fabricada, composta por dois componentes: uma chapa de aço inox de tipo moeda e placa de construção (que para prototipagem usou-se madeira, substituindo a placa de construção original de metal), como ilustra a **Figura 2**:



Figura 2 – Vista Frontal da nova Placa de construção com a capa de aço inox.

Fonte: próprio autor.

Na parte inferior desta base de placa de construção foi necessário fazer furos para encaixar nos pinos dentro da impressora e ficar corretamente posicionada para não influenciar na hora da impressão, como ilustrado na **Figura 3**:

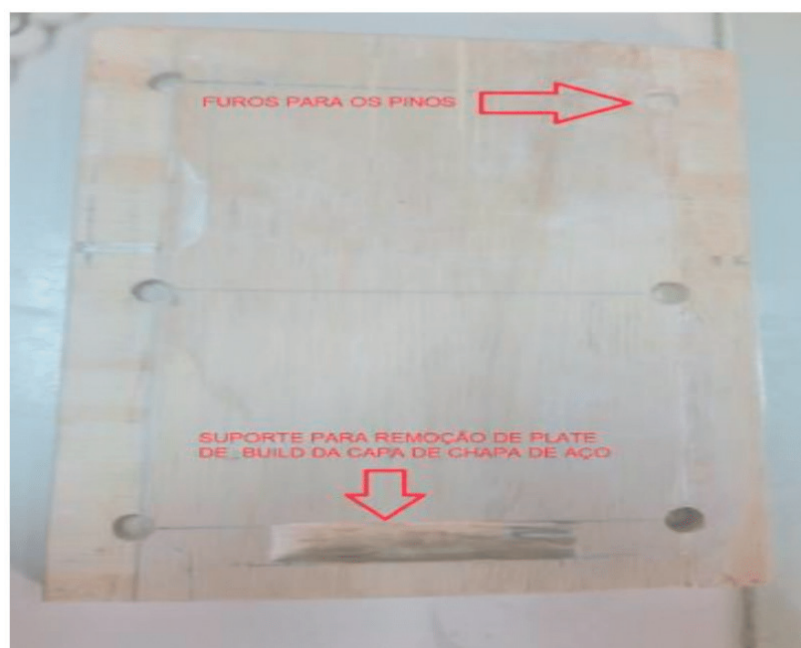


Figura 3 – Vista Inferior da nova placa de construção

Fonte: próprio autor.

4.1 TESTE PLACA CONSTRUÇÃO NA CABINE

A cabine possui um sistema que trava a capa de aço inox para que o operador consiga puxar a placa de construção para fora da máquina, diminuindo o acúmulo de pó de gesso e, para a remoção pelo operador, foi construído um suporte na parte inferior da placa de construção.

A placa de construção encaixou perfeitamente na impressora e realizou a impressão corretamente conforme ilustra a **Figura 4**:



Figura 4 – Teste da nova placa de construção na impressora.

Fonte: próprio autor

A **Figura 5** ilustra, como comparativo, o acúmulo de pó de gesso na placa de construção original após finalizar o ciclo de confecção dos modelos ortodônticos:



Figura 5 – Resultado da impressão com a placa de construção original.
Fonte: próprio autor.

A **Figura 6** ilustra o resultado da impressão nos modelos ortodônticos com a nova placa de construção na impressora:



Figura 6 – Resultado da impressão com a placa de construção original.
Fonte: próprio autor.

Como pode ser observado na **Figura 6**, no teste com a nova placa de construção, o

pó de gesso da lateral esquerda onde não foram desenhados os modelos e no interior da base dos modelos, foram removidos, como esperado.

5 | MONTAGEM ESTRUTURA DA CABINE

Para facilitar a montagem e desmontagem da cabine, a cabine foi construída em três partes (inferior, central e superior).

Na parte inferior está o sistema de sucção; na parte central ocorre o processo de limpeza dos modelos e na parte superior os sistemas de eletrônicos e de controle da cabine de limpeza juntamente com o painel para comunicação do operador com a cabine.

Para agilizar o acesso à manutenção e para que não ocorra contaminação com o pó de gesso, os sistemas eletrônicos e de controle foram instalados somente na parte superior. A **Figura 7**, ilustra a vista frontal da cabine:

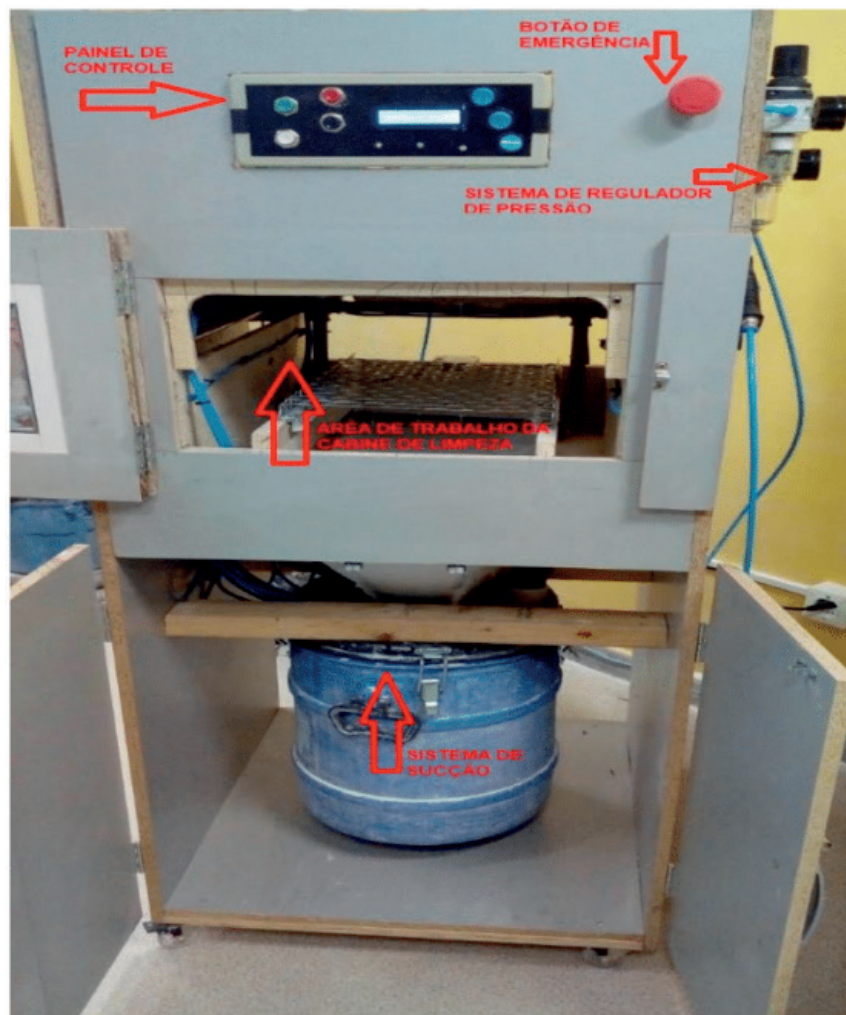


Figura 7 – Vista frontal da cabine.

Fonte: próprio autor.

6 | SISTEMA DE SUCÇÃO

Para o projeto foi utilizado um sistema reservatório de aspiração ciclone, que consiste de um separador de pó e ar usando a física da força centrípeta. Segundo Junior (2014), os ciclones são equipamento classificados como separadores ciclônicos e são utilizados na remoção de partículas sólidas contidas em um gás.

A partir da definição acima, verifica-se que a mistura de pó e ar entra em alta velocidade dentro de um recipiente, gerando um ciclone dentro deste, o que faz com que o pó (a parte mais densa da mistura) se deposite nas paredes e o ar (por ser menos denso) permaneça no centro separando-os.

A **Figura 8** ilustra o sistema de sucção tipo ciclone:

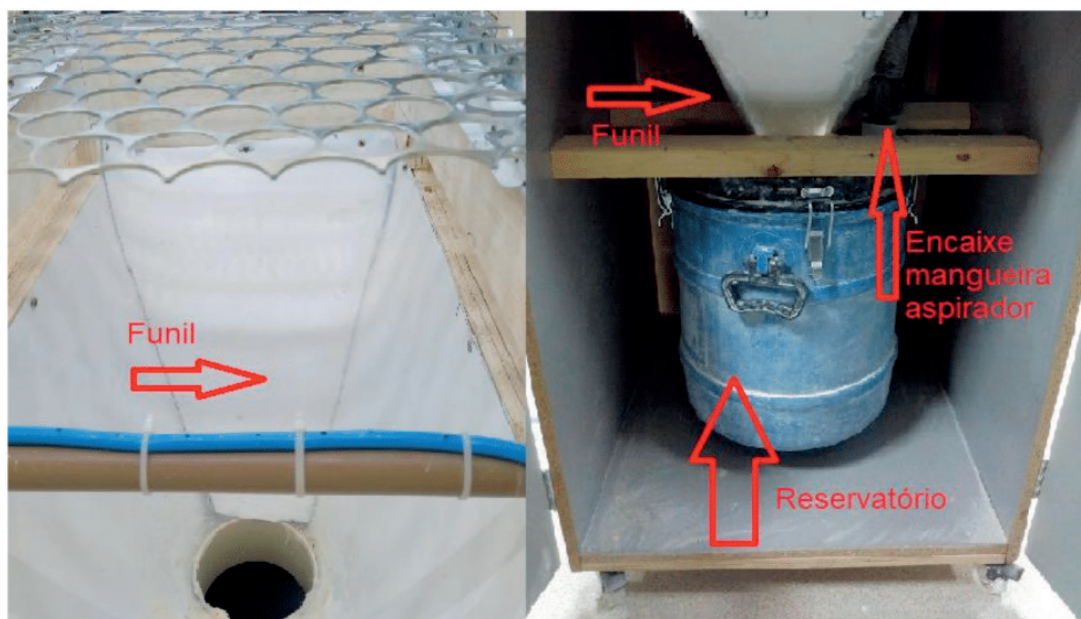


Figura 8 - Sistema de sucção tipo ciclone.

Fonte: próprio autor.

7 | SISTEMA DE JATEAMENTO

Para exemplificar a estrutura do jateamento, fez-se em duas partes o sistema de jateamento da cabine de limpeza: a primeira que acompanha um mesmo movimento linear horizontal e a segunda fixa nas laterais acompanhando o suporte da placa de construção. A **Figura 9** ilustra esta estrutura do jateamento:

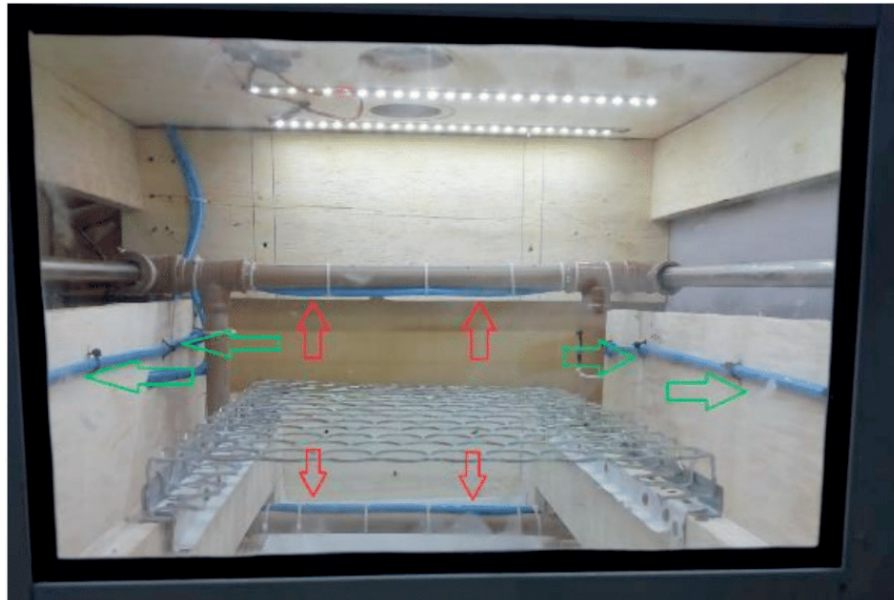


Figura 9 – Estrutura do jateamento.

Fonte: próprio autor.

Como pode ser observado na **Figura 9** nas flechas vermelhas, o suporte que está envolvendo os modelos sob a chapa de aço inox em forma de um arco foi fixado à mangueira pneumática para realizar o jateamento na parte superior e inferior.

A parte inferior do arco trabalha com jatos verticais de baixo para cima diretamente na parte inferior dos modelos. Já a parte superior do arco, trabalha com jatos verticais de cima para baixo diretamente na parte superior dos modelos.

Nas laterais, as mangueiras representadas pelas flechas verdes, foram fixadas na própria lateral da cabine de limpeza com jatos laterais nos modelos simultaneamente.

Durante os testes foi observado que na saída de pressão para a limpeza nas etapas do ciclo houve pressões diferentes, sendo a superior e inferior com 50psi e as laterais com 15psi. A alternância de pressão se justifica pela diferença de excesso de acúmulo de pó de gesso nos modelos.

Um ciclo de limpeza é composto por uma repetição de jateamento na parte inferior dos modelos, no qual o arco percorre toda a extensão da placa de construção. Ao terminar o jateamento inferior será iniciado o jateamento superior fazendo novamente o arco percorrer toda a extensão da placa de construção com uma repetição de jateamento e quando finalizado vem os dois últimos jateamentos laterais que ocorre de forma simultânea.

8 | ACIONAMENTO DOS SISTEMAS

O motor e as válvulas são acionados através de relés, que por sua vez são acionados pela plataforma Arduino®. As válvulas são ligadas com polo **GND** diretamente na fonte de 12V AC/DC e o seu polo **VCC** é ligado no relé em seu terminal normalmente aberto.

O motor por sua vez é ligado ao polo **GND** e o polo **VCC** é ligado em outro rele ambos na posição comum e ambos os reles estão ligados numa ligação **X**, assim possibilita quando o sistema ative N/A de um dos relés e N/F do outro e vice-versa é possível alterar o sentido de rotação do motor.

A **Figura 10** ilustra o esquema de ligações descrito para o acionamento dos sistemas:

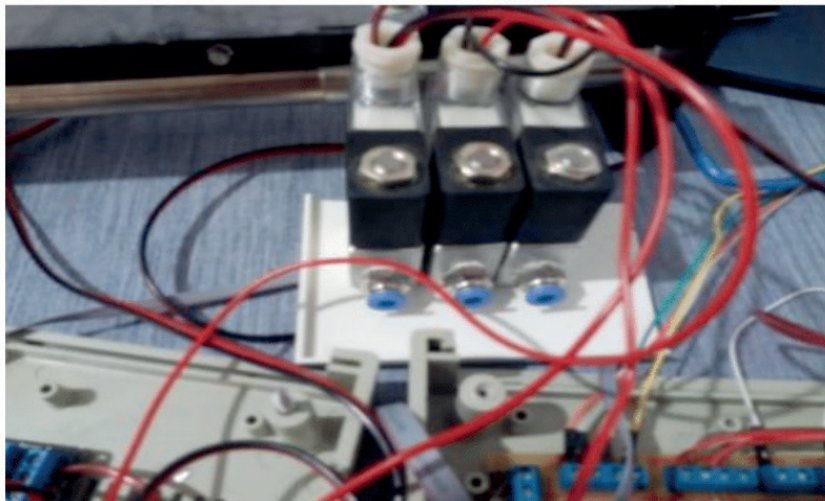


Figura 10 – Válvulas Solenoides

Fonte: próprio autor.

9 | PLACA DE INTERFACE

Para facilitar a acomodação dos cabos e a ligação dos mesmos nos demais periféricos foi projetada e desenvolvida uma placa de interface com borneiras para conexão rápida de seus cabos, facilitando também na manutenção do sistema. Na placa, estão instalados resistores para leitura dos sinais que os botões e sensores transmitem para a plataforma do Arduino® conforme ilustra a **Figura 11**:

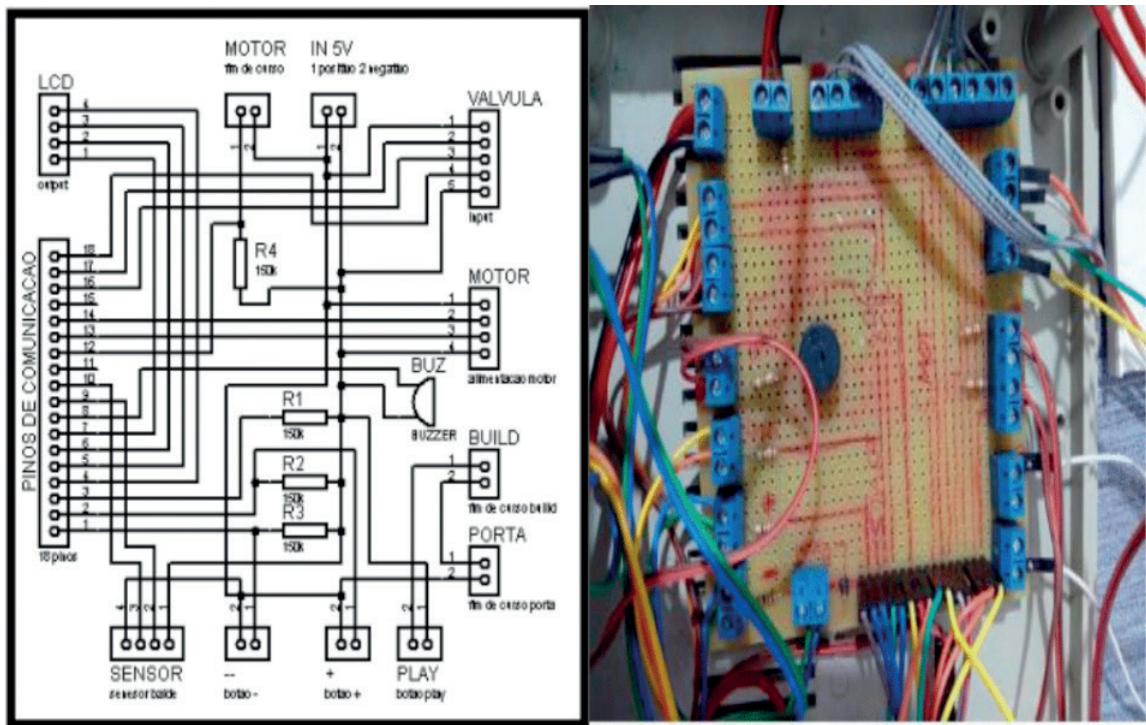


Figura 11– Placa de Interface projetada e conexões.

Fonte: próprio autor.

10 | INTERFACE DE COMUNICAÇÃO

A fim de proporcionar uma interface de comunicação bem intuitiva entre o operador e a cabine de limpeza, foi implementado uma LCD 16x2, onde o usuário pode observar quantos ciclos foram determinados para que os modelos ortodônticos estejam limpos e quantos ciclos ainda faltam para completar.

Os botões são usados para definir as funções do processo tais como o acionamento geral da cabine, ascender e apagar a iluminação interna, ligar e desligar o sistema, quantidade de ciclos e início do processo. Foi implementando também um botão de emergência com a finalidade de paralisar o procedimento realizado e proteger a qualquer imprevisto existente no processo.

A **Figura 13** ilustra o fluxograma de funcionamento da máquina:

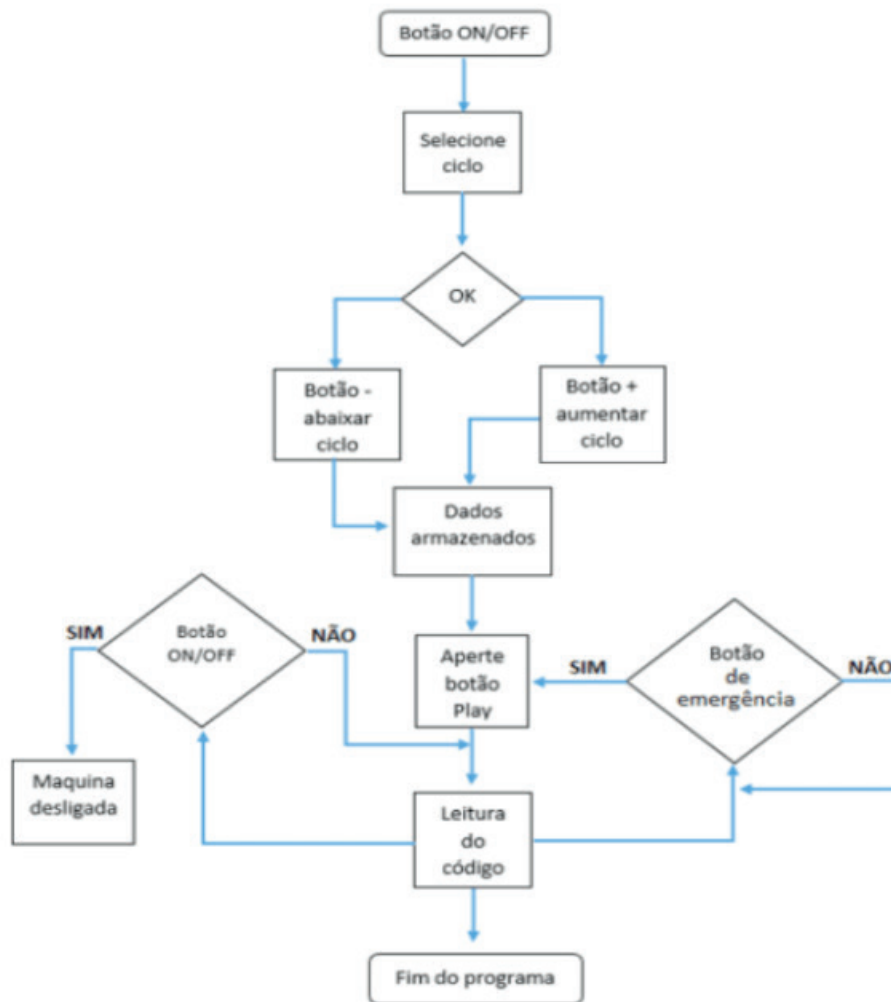


Figura 12 – Fluxograma do Processo de Trabalho da Máquina.

Fonte: próprio autor.

Na **Figura 12** observa-se que ao ligar a cabine de limpeza será solicitado ao operador selecionar um valor de ciclos, através disso, o controlador irá armazenar os dados e preparar para início, assim que os dados forem armazenados o usuário poderá dar início ao processo apertando ao botão **PLAY**, ao ler o código de programação o sistema sempre estará atento caso ocorra um imprevisto e seja acionado o botão **RESET** ou o próprio botão designado para emergência. Ao finalizar o código de programação o operador será informado do fim e será acionado o alarme de sinalização de fim de processo e consequentemente poderá retirar os modelos limpos da estação de limpeza.

11 | CONCLUSÃO

Neste processo de fabricação e testes, concluiu-se ser possível e viável a automação do processo de limpeza dos modelos ortodônticos. Os resultados apresentaram alta taxa de limpeza das peças, já que até a fase atual, estas obtiveram uma limpeza total de até 90%, com margem de melhora dependendo da dimensão e quantidade de peça. Entretanto,

devido ao projeto encontrar-se em fase de prototipagem, pode-se rever alternativas para garantir uma melhor eficácia na limpeza.

A redução de danos e quebras demonstrou uma excelência ótima no processo de produção, já que a pressão de jateamento e as características físicas da máquina foram calculadas e projetadas para evitar ao máximo a quebra do modelo.

Tais características podem ser assim consideradas como aumento na produtividade com um fator determinante pela decisão de automatizar o processo de limpeza: maior garantia nos modelos ortodônticos e maior correspondência com a impressão original, atenuando as ocorrências de desvios e falhas.

Observou-se também, uma organização no processo de produção mais clara e definida, gerando uma estimativa de tempo para término da limpeza em grande escala, desatrelando o tempo a subjetiva qualidade de cada operador.

Por fim, este projeto proporcionou também maior segurança de trabalho, com a presença de um sistema de segurança mais eficaz com um botão especialmente destinado para qualquer emergência que possa ocorrer com a máquina.

REFERÊNCIAS

JUNIOR J. C., **Avaliação do desempenho de um ciclone *Stairmand* adaptado com bicos injetores de água**, 2014. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4144/6116.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13.02.2018.

GODOY, A., **Quais são os tipos de impressão 3D**, 2018. Disponível em: <<https://blog.escoladeimpressao3d.com.br/quais-sao-os-tipos-de-impressao-3d+227476>>. Acesso em: 13.02.2018.

WISHBOX TECHNOLOGIES, Evolução das impressoras 3D, 2016. Disponível em: <<http://blog.wishbox.net.br/2016/03/31/a-evolucao-das-impressoras-3d/>>. Acesso em: 13.02.2018.

DANTAS, I.M., PACHECO, L.N., SILVA, R.F., SANTOS, S.L., BOTELHO, W.C.. **Implantação de impressão 3D: melhoria no processo de projetos no grupo aço tubo**. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/impressora_3d-artigo_final225-5-18.pdf>. Acesso em: 13.02.2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Automação 10, 64, 94, 120, 133, 165, 204, 216, 256

C

Compulsória 1, 12

Confiabilidade 2, 18, 43, 45, 47, 94, 95, 133, 163, 166, 167, 173, 176

E

Eficiência energética 10, 242, 243, 244, 250, 252

Energética 10, 1, 2, 3, 8, 13, 37, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 58, 59, 242, 243, 244, 250, 252, 253

G

Geração 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 59, 61, 64, 67, 83, 166, 167, 168, 173, 177, 243, 256

Geração distribuída 28, 31, 42, 45, 166, 173, 177

Grau 1, 4, 5, 10, 30, 32, 65, 66, 137, 162, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 263

I

Ilhamento 149, 150, 161, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

Impressão 3D 10, 204, 206

Intermitência 2, 8, 15, 16, 17, 31, 40, 43, 45, 47, 49, 50

J

Jateamento 204, 207, 212, 213, 217

M

Manta térmica 10, 242, 244, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Máquina injetora 242, 245, 246, 251

Matriz de energia elétrica brasileira 8, 1, 2

N

Novas fontes 2, 43, 49

O

Oferta 1, 3, 8, 9, 10, 16, 29, 44, 45, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 57, 59, 167, 255

P

Paraconsistente 10, 166, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178

Pesquisa 7, 11, 6, 13, 37, 42, 44, 106, 120, 165, 204, 243, 244, 253, 254, 255, 256

Processamento 129, 130, 132, 133, 134, 137, 149, 150, 161, 163, 164, 165, 177, 243, 259, 261

Produtos 11, 44, 50, 206, 253, 254, 255, 256, 264, 265, 266

Proteção 9, 24, 29, 30, 34, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 166, 167, 172, 177, 231, 241, 242, 244, 246, 248, 250, 251, 252

Proteção térmica 242, 244, 246, 248, 250, 251, 252

R

Rede neural 166, 169, 173, 175, 176, 219, 220, 223, 224

Regularização 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 220, 225

Relé inteligente 10, 166, 168, 169, 171, 174, 175

S

Sazonalidade 1, 2, 5, 8, 9, 10, 29

Segurança 8, 5, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 59, 88, 91, 92, 93, 94, 138, 166, 167, 171, 217, 231, 246

Sinais 11, 121, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 148, 149, 150, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 172, 174, 175, 214, 245

Supermercado 11, 254, 255, 256, 268

T

Térmica 10, 1, 4, 8, 10, 11, 12, 21, 23, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 206, 230, 231, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Transformada de Fourier 149, 152

Transformada fracional de Fourier 9, 148, 149, 150, 157, 159, 161, 165

 **Atena**
Editora

2 0 2 0