



**Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)**

**A Aplicação do
Conhecimento
Científico nas
Engenharias 2**

Atena
Editora

Ano 2019

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

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

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

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-245-6

DOI 10.22533/at.ed.456190504

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

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

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O conhecimento científico é extremamente importante na vida do ser humano e da sociedade, pois possibilita entender como as coisas funcionam ao invés de apenas aceita-las passivamente. Mediante o conhecimento científico é possível provar muitas coisas, já que busca a veracidade através da comprovação.

Sendo produzido pela investigação científica através de seus procedimentos, surge da necessidade de encontrar soluções para problemas de ordem prática da vida diária e para fornecer explicações sistemáticas que possam ser testadas e criticadas através de provas. Por meio dessa investigação, obtêm-se enunciados, leis, teorias que explicam a ocorrência de fatos e fenômenos associados a um determinado problema, sendo possível assim encontrar soluções ou, até mesmo, construir novas leis e teorias.

Possibilitar o acesso ao conhecimento científico é de suma importância para a evolução da sociedade e do ser humano em si, pois através dele adquirem-se novos pontos de vista, conceitos, técnicas, procedimentos e ferramentas, proporcionando o avanço na construção do saber em uma área do conhecimento.

Na engenharia evidencia-se a relevância do conhecimento científico, pois o seu desenvolvimento está diretamente relacionado com o progresso e disseminação deste conhecimento.

Neste sentido, este E-book, composto por dois volumes, possibilita o acesso as mais recentes pesquisas desenvolvidas na área de Engenharia, demonstrando a importância do conhecimento científico para a transformação social e tecnológica da sociedade.

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O BRASIL SABE PLANEJAR?	
Thiago de Oliveira Lima Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.4561904041	
CAPÍTULO 2	4
A CONTRIBUIÇÃO DA ACREDITAÇÃO HOSPITALAR PARA A MELHORIA DOS SERVIÇOS DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE	
Tatyana Karla Oliveira Regis	
Sablina Cibele Fernandes Alves	
DOI 10.22533/at.ed.4561904042	
CAPÍTULO 3	15
SÍNDROME DE BURNOUT: NOVOS DESAFIOS PARA GESTÃO DE FUNCIONÁRIOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO	
Luís L'Aiglon Pinto Martins	
DOI 10.22533/at.ed.4561904043	
CAPÍTULO 4	26
TEORIA DAS FILAS PARA DIMENSIONAMENTO DE ATENDENTES EM EMPRESA DE SOFTWARE	
Ivete Linn Ruppenthal	
Fernanda Klein Both	
Fabrício Desbessel	
João Serafim Tusi da Silveira	
DOI 10.22533/at.ed.4561904044	
CAPÍTULO 5	42
QUALIFICAÇÃO DE FORNECEDORES EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO ALIMENTÍCIO	
Jeova Santos Gonçalves	
Larisse Oliveira Costa	
DOI 10.22533/at.ed.4561904045	
CAPÍTULO 6	46
UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NA OTIMIZAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS EM UM RESTAURANTE NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE, CEARÁ	
José Oliveira da Silva Júnior	
Kleison de Paiva Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.4561904046	
CAPÍTULO 7	50
ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS: CAPACIDADE PRODUTIVA DE UM ATELIÊ NO MUNICÍPIO DE XINGUARA-PA	
Thiago Dos Santos Paula	
Fábia Maria de Souza	
Waleriana Cavalcante Leão	
Mariele Ferreira Gonçalves	
Cristiano Carvalho da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.4561904047	

CAPÍTULO 8	62
ANÁLISE ERGONÔMICA DOS AGENTES DE LIMPEZA PÚBLICA DO CENTRO HISTÓRICO DE SÃO LUÍS -MA	
Karolayne Maria Viana Silva Basynga Franco da Silva Júlio César Moraes Vale José Ribamar Santos Moraes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.4561904048	
CAPÍTULO 9	72
GESTÃO DE RISCOS DE RUPTURAS E ESTRATÉGIAS DE RESILIÊNCIA EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS	
Márcio Gonçalves dos Santos Rosane Lúcia Chicarelli Alcântara	
DOI 10.22533/at.ed.4561904049	
CAPÍTULO 10	87
MELHORIA DOS PROCESSOS PRODUTIVOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO RAMO DE NAVEGAÇÃO	
Gabriel Lemos Ferreira Tábata Stephanie Vilela Morgado	
DOI 10.22533/at.ed.45619040410	
CAPÍTULO 11	98
AVANÇOS DA MANUTENÇÃO EM UMA OFICINA MECÂNICA DE UMA CONSTRUTORA	
Izac de Sousa Vieira José Weliton Nogueira Júnior Yuri José Luz Moura	
DOI 10.22533/at.ed.45619040411	
CAPÍTULO 12	103
DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO MARCADOR PARA PLANTIO DE FUMO	
Marlon Vinícius Medeiros João Pedro Brentano Uhry Anderson Creasso Alexandre Chapoval Neto	
DOI 10.22533/at.ed.45619040412	
CAPÍTULO 13	115
CONTROLE E MONITORAMENTO DE CARGAS COM SISTEMA SCADABR E ARDUINO	
Chagas Carvalho Teixeira de Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.45619040413	
CAPÍTULO 14	128
ANÁLISE DE POTENCIAL EÓLICO UTILIZANDO O SOFTWARE WASP E DADOS DE MEDIÇÃO DE ANEMÔMETRO DE TORRES METEOROLÓGICAS	
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva Magna Livia Neco Rabelo Antonio Marcos Teixeira Antônio Wellington Vaz dos Santos José Neurismar Bezerra de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.45619040414	

CAPÍTULO 15 135

USO DO SISTEMA GOD PARA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO À CONTAMINAÇÃO EM MARAU – RS

Gabriel D'Ávila Fernandes
Willian Fernando de Borba
Lueni Gonçalves Terra
José Luiz Silvério da Silva
Éricklis Edson Boito de Souza
Mirta Teresinha Petry

DOI 10.22533/at.ed.45619040415

CAPÍTULO 16 144

VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO À CONTAMINAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ELDORADO DO SUL-RS

Gabriel D'Avila Fernandes
Willian Fernando de Borba
José Luiz Silvério da Silva
Gustavo Rinaldo Scaburi
Pedro Daniel da Cunha Kemerich
Éricklis Edson Boito de Souza
Jennyfer Selong Redel

DOI 10.22533/at.ed.45619040416

CAPÍTULO 17 150

UTILIZAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA (LPA) NO CONTROLE DE BOMBAS DE SANGUE DE FLUXO CONTÍNUO

Gabriel Furlan
Tarcisio Fernandes Leão
José William Rodrigues Pereira
Victor Freitas Souto
Eduardo Guy Perpétuo Bock

DOI 10.22533/at.ed.45619040417

CAPÍTULO 18 162

CONFECÇÃO DE BIOMODELOS PARA PACIENTES RECÉM-NASCIDOS E CRIANÇAS MAIORES COM COARCTAÇÃO DA AORTA

Rosana Nunes dos Santos
Vinicius Oliveira Nascimento Louro
Nadine Rubliauskas Wahbe
Tiago Senra Garcia dos Santos
Aron José Pazin de Andrade
Bruno Utiyama da Silva
Carlos Augusto Cardoso Pedra

DOI 10.22533/at.ed.45619040418

CAPÍTULO 19 173

CONTROLE DO CONVERSOR BUCK PARA MÓDULOS DA CADEIRA DE RODAS COM USO DE LMIs

Ruberlei Gaino
Márcio Roberto Covacic
Rodrigo da Ponte Caun
Pedro Henrique Bonilha Mantovani

DOI 10.22533/at.ed.45619040419

CAPÍTULO 20 186

METODOLOGIA PARA A CRIAÇÃO DE UMA ROTINA DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA EM IMPLANTES DE QUADRIL

Jorge Arturo Hinostroza Medina

Bianca Aleixo

Claudio Teodoro dos Santos

Rafael de Abreu Vinhosa

Mauricio de Jesus Monteiro

Ieda Vieira Caminha

André Maués Brabo Pereira

DOI 10.22533/at.ed.45619040420

CAPÍTULO 21 199

DESENVOLVIMENTO DE UM ELETROMIÓGRAFO PARA AVALIAR PADRÕES DE RESPOSTAS MUSCULARES E EFICÁCIA DE TRATAMENTOS

Suany dos Santos Chagas

Deriks Karlay Dias Costa

Wellington José Figueiredo de Lima

Luciana de Azevedo Vieira

Rildo Cesar Dias Arrifano

Kleiber Tenório de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.45619040421

SOBRE A ORGANIZADORA..... 212

METODOLOGIA PARA A CRIAÇÃO DE UMA ROTINA DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA EM IMPLANTES DE QUADRIL

Jorge Arturo Hinostroza Medina

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

Bianca Aleixo

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Niterói - Rio de Janeiro

Claudio Teodoro dos Santos

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

Rafael de Abreu Vinhosa

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

Mauricio de Jesus Monteiro

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

Ieda Vieira Caminha

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

André Maués Brabo Pereira

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Niterói - Rio de Janeiro

RESUMO: Recentemente no Brasil, devido ao envelhecimento da população, ocorreu um aumento significativo no uso de implantes de quadril, os quais precisam ter uma resistência mecânica e resistência à corrosão adequadas. Por tanto, testes mecânicos e análise de falhas são de extrema importância. De forma

a assegurar sua eficácia e segurança, estes testes demandam o uso de muitas amostras, as quais nem sempre se encontram disponíveis. Ferramentas avançadas para digitalização da geometria de peças tornaram-se importantes para o projeto e criação de protótipos de novos implantes, bem como para a simulação de testes de amostras comercialmente disponíveis, implicando em redução de tempo e custos. No presente trabalho é apresentada uma metodologia para criação de uma rotina de simulação numérica de implantes de quadril. São comparados três métodos de digitalização de imagem: desenho assistido por computador (CAD), escaneamento 3D (E3D) e microtomografia computadorizada de raios X (μ CT). A partir dos resultados destas técnicas criou-se uma rotina de simulação pelo método dos elementos finitos (MEF) visando reproduzir as condições de carregamento e deformação nos implantes. Os resultados mostraram que a μ CT é o método de digitalização com a melhor qualidade, porém demanda maior tempo devido ao tamanho do implante. O E3D mostrou-se um método muito dependente da resolução do escâner e da habilidade do operador no escaneamento e pós-processamento da imagem. O CAD é o método mais rápido entre os três, porém o de menor confiabilidade, uma vez que pode agregar incertezas devido ao instrumento de medição e devido à habilidade

do projetista.

PALAVRAS-CHAVE: Implantes de quadril, micro tomografia, escâner 3D, simulação, Elementos Finitos.

ABSTRACT: Recently in Brazil, due to the aging of the population, there has been a significant increase in the use of hip implants, which must have good mechanical and corrosion resistance. Thus, mechanical tests of these implants are extremely important to avoid failure. In order to ensure its effectiveness and safety, these tests require the use of many specimens, which are not always available. Advanced tools for scanning geometry of objects have become important for the process of design and creation of prototypes of new implants, as well as for the simulation of implants, leading to reduced time and costs. This paper presents a methodology for the creation of a numerical simulation routine of hip implants. Three methods of image scanning are compared: Computer Aided Design (CAD); 3D scanning (3DScan); and Micro Computed Tomography (μ CT). From the results of these techniques a simulation routine was created by the finite element method (FEM) to reproduce the different loading and deformation conditions in the implants. The results showed that μ CT is the scanning method with the best quality, but it demands longer time due to the size of the implant. The 3DScan method showed to be very dependent on the resolution of the scanner and the ability of the operator to scan and post-process the raw image. CAD is the fastest method among the three, but it is the less reliable method, since it can add uncertainties due to the measuring instrument and due to the ability of the designer.

KEYWORDS: Hip prosthesis, micro tomography, 3D scanning, simulation, FEM.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento da população e da expectativa de vida levou ao aumento do número de pessoas afetadas por acidentes ou doenças. Como consequência, houve um aumento significativo no uso e na demanda de implantes cirúrgicos para a substituição ou reparação de ossos ou dentes (BARBOSA et. al, 2009). No seu ciclo de vida, estes implantes são submetidos a diferentes tipos de cargas e deformações, por isto precisam ter resistência mecânica adequada ao serviço. Além disso, devido ao ambiente de trabalho (corpo humano) precisam ter boa resistência à abrasão e resistência à corrosão.

O objeto de estudo deste trabalho, o implante total de quadril é formado por três componentes básicos: uma haste metálica, a qual é fixada dentro do canal femoral (com ou sem cimento ósseo); uma esfera de metal ou de cerâmica que substitui a cabeça do fêmur; e o acetábulo, normalmente feito de metal com a região interna de polietileno de alta densidade, cerâmica ou metal (SIMIONI, 2012). Na Fig. 1 são mostrados os componentes do implante de quadril.

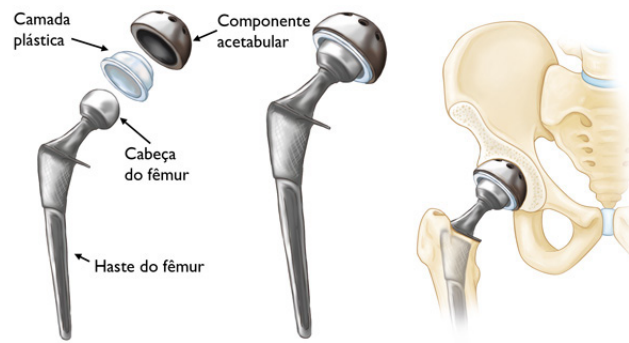


Figura 1. Componentes do implante de quadril (Fonte: www.orthoinfo.aaos.org.)

Para garantir o bom desempenho dos implantes, testes de laboratório são feitos no intuito de reproduzir as solicitações mecânicas e o meio de aplicação. O Laboratório de Caracterização de Propriedades Mecânicas e Microestruturais (LACPM) do INT possui infraestrutura e experiência necessárias para a realização de ensaios mecânicos e de corrosão em implantes ortopédicos, sendo o ensaio de fadiga-corrosão o mais utilizado para avaliação da estabilidade mecânica e resistência a corrosão de implantes de quadril. O ensaio de corrosão por atrito é realizado em um implante real com forças simulando as solicitações mecânicas no corpo durante um número de ciclos, que é superior ao previsto para o tempo em serviço no corpo humano. Na Fig. 2 é mostrado o esquema de um ensaio de corrosão por atrito realizado no LACPM.

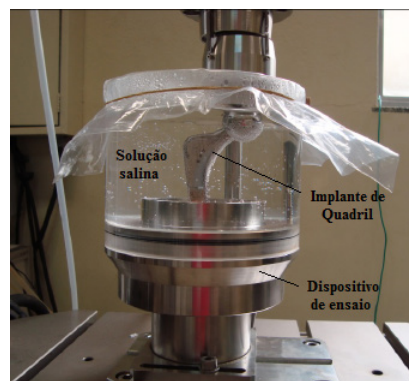


Figura 2. Esquema de ensaio de fadiga - corrosão (Fonte: Os autores).

Os testes que visam avaliar a resistência dos implantes, no entanto, são longos e dispendiosos, podendo levar semanas ou até meses para serem finalizados. Uma redução considerável de custo, tempo e recursos consumidos pode ser obtida com a utilização de ferramentas de simulação numérica. A simulação numérica das condições de carga e deslocamento dos implantes requer um modelo tridimensional, ou seja, a captura da sua geometria, a qual é complexa e varia de acordo com o fabricante. Dados das dimensões dos implantes são limitados e muitas vezes restritos, o que torna ainda mais difícil a modelagem. No intuito de modelar a geometria destes implantes são estudadas as seguintes técnicas de captura de geometria: desenho assistido por computador (CAD), escaneamento 3D (E3D) e microtomografia computadorizada de

raios X (μ CT). Estas técnicas são utilizadas, comparadas e validadas com a finalidade de se conhecer as vantagens e desvantagens na captura da geometria de implantes de quadril. Neste trabalho será desenvolvida uma rotina de captura de geometria, discretização do modelo e simulação numérica de próteses de quadril de aço inoxidável. A Fig. 3 mostra o diagrama seguido neste estudo.

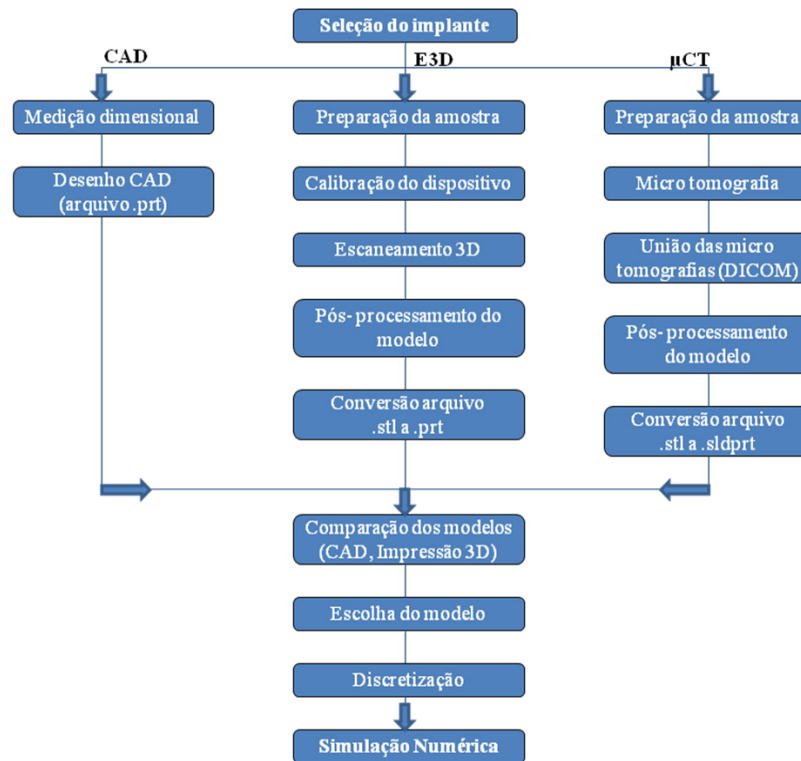


Figura 3. Diagrama desenvolvido neste estudo
(Fonte: Adaptado de AZARI et al., 2008 e JUN et al., 2010).

2 | METODOLOGIA

2.1 Amostra de Implante de Quadril

Na Fig. 4 é mostrado o implante de quadril a ser avaliado neste estudo. O conjunto cabeça-haste é feito de aço inoxidável UNS S31673 (ASTM F138). A prótese usada é nova, indicada para artroplastia usando cimento ósseo (superfície polida)(ORTEGA et al., 2016).



Figura 4. Implante de quadril (Fonte: Os autores)

2.2 Desenho CAD

O software usado para o desenho CAD do implante foi o SolidWorks 2016. As medidas foram tomadas usando um paquímetro calibrado (Fig. 5). O esquema de desenho foi feito baseado nas uniões das seções transversais do implante, usando a ferramenta “loft”. Tanto o esquema de desenho quanto o desenho final e renderizado são mostrados na Fig. 6.



Figura 5. Esquema de medição

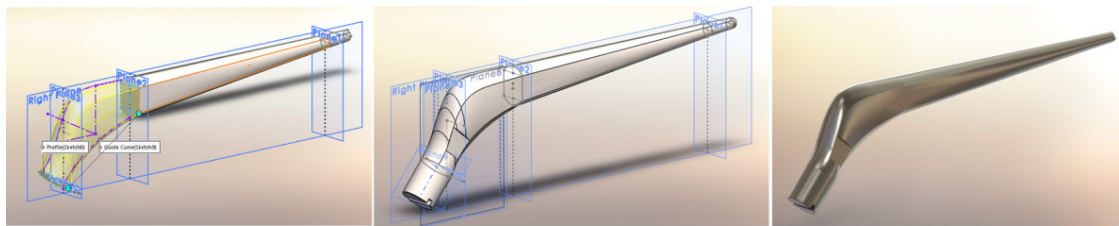


Figura 6. Esquema de desenho CAD do implante e imagem renderizada.

2.3 Escaneamento 3D (E3D)

Como o implante possui a superfície polida e reflexiva, foi necessário cobri-la com tinta fosca para reduzir reflexos que prejudicam a captura da geometria, conforme mostrado na Fig. 7.



Figura 7. Pintura do implante.

Foi utilizado o escâner óptico 3D de luz estruturada da marca Range Vision, modelo HD. A unidade óptica é composta por duas câmeras digitais com 1,8 MP e

um projetor de luz branca Vivitek HD 1085 (resolução 1920x1080). O campo de visão usado foi de 50 cm (x) x 60 cm (y) x 50 cm (z) e a resolução espacial conseguida foi de 0,0012 mm. Os softwares usados para o processamento das imagens foram o Scan Center v. 2014 e o Scan Merge v.2014. Na Fig. 8 é mostrado o Escâner 3D, o processo de calibração do equipamento e o processamento de imagens.

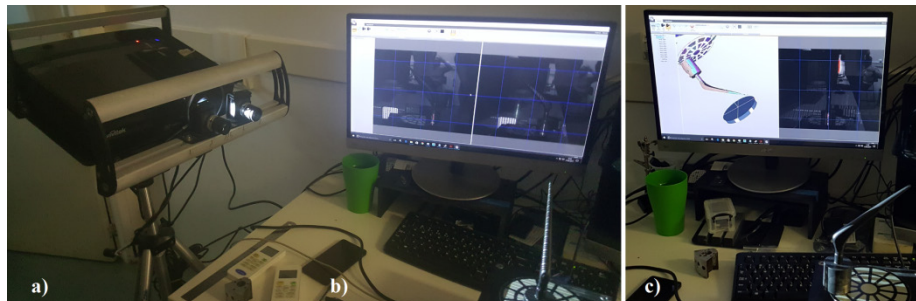


Figura 8. a) Escâner 3D, b) Calibração, c) Processamento de imagens

Após processamento, foram gerados arquivos em formato *.stl* e posteriormente convertidos a formato *.sldprt* no software SolidWorks. Neste software foi corrigida a superfície do topo do cone da haste, a qual não pode ser escaneada por encontrar-se colada à base de apoio, conforme mostrado na Fig. 9. Finalmente, na Fig. 10 é mostrado o modelo final e sua respectiva imagem renderizada.

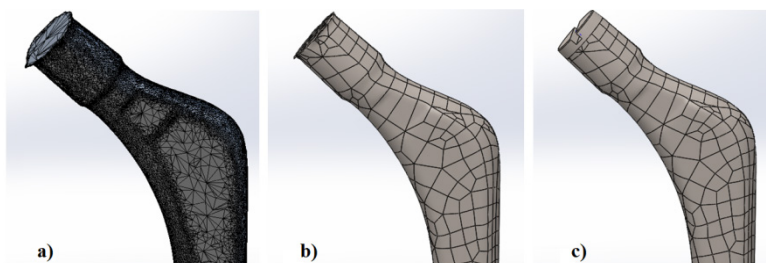


Figura 9. a) Imagem formato *.stl*, b) Imagem formato *.sldprt*, c) Superfície do topo completada.

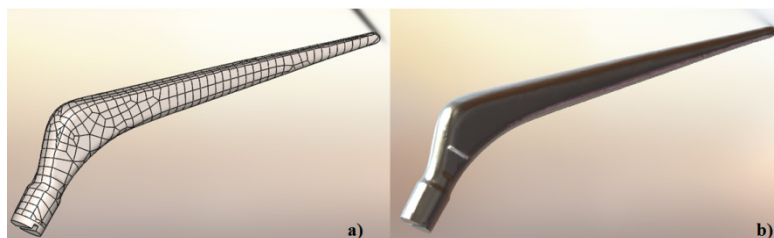


Figura 10. a) Modelo final (CAD), b) Imagem renderizada.

2.4 Microtomografia Computadorizada (μ CT)

Na Fig. 11 são mostradas as etapas de preparação da base de apoio do implante que foi fixada ao suporte do microtomógrafo. A resina de polimetilmetacrilato (PMMA), da marca Dencrilon é preparada a partir de uma parte líquida (monômero) e uma parte em pó (polímero) na proporção de 1:2 respectivamente. O equipamento usado

para tomografar o implante foi o microtomógrafo da Marca XRadia, modelo Versa XRM 510 (localizado no departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense - UFF Niterói). Este equipamento permite gerar imagens de projeção de raios X e converter este conjunto de imagens em seções que representam uma imagem tridimensional (PEREIRA et al., 2016). Os principais parâmetros usados foram: voltagem de 80 kV, Potência de 7 W, resolução de $51,5 \mu\text{m}$., e fatias com $51,5 \mu\text{m}$. de espessura.



Figura 11. Esquema de preparação da base de apoio do implante.

O implante escaneado apresenta dimensões relativamente grandes (150 mm. aprox. de altura), impedindo que o escaneamento fosse feito com a peça na posição vertical e em apenas uma tomografia. Para isto, diversos arranjos de inclinação e quantidade de tomografias foram realizados, com o intuito de obter uma boa combinação entre tempo de aquisição e qualidade da imagem (resolução). O melhor arranjo entre angulação e quantidade de microtomografias é apresentado na Fig. 12.

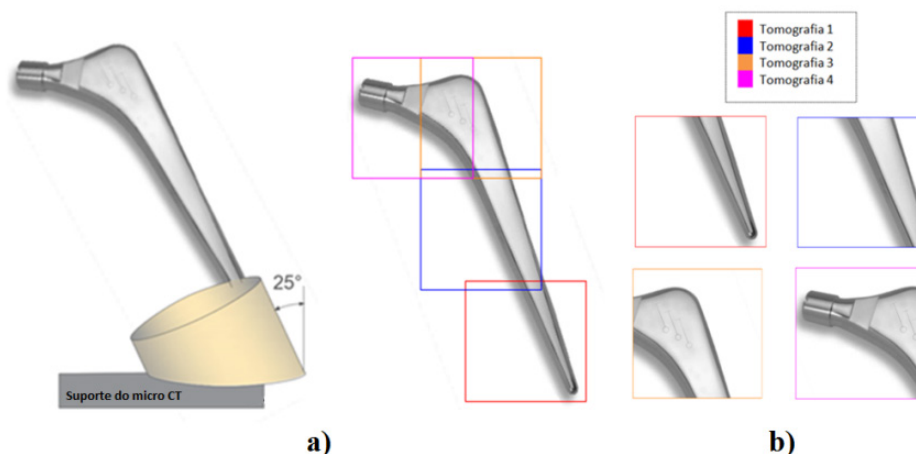


Figura 12. a) Arranjo entre angulação; b) Quantidade de tomografias do implante.

Na Fig. 13 são mostradas algumas seções capturadas nas 4 tomografias realizadas no implante, no total foram geradas 1012 fatias por tomografia, totalizando 4048 imagens. Já na Fig. 14 é mostrado um esquema do pós processamento, união das 4 tomografias e geração da geometria final. O software utilizado para o processamento das imagens foi o Avizo Fire v. 8.1.

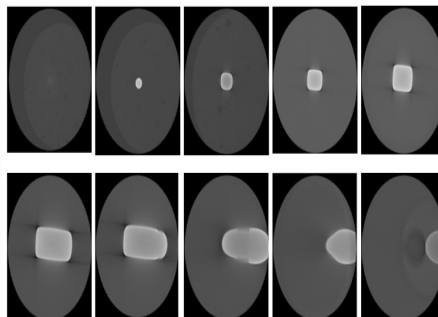


Figura 13. Seções capturadas nas tomografias feitas no implante.

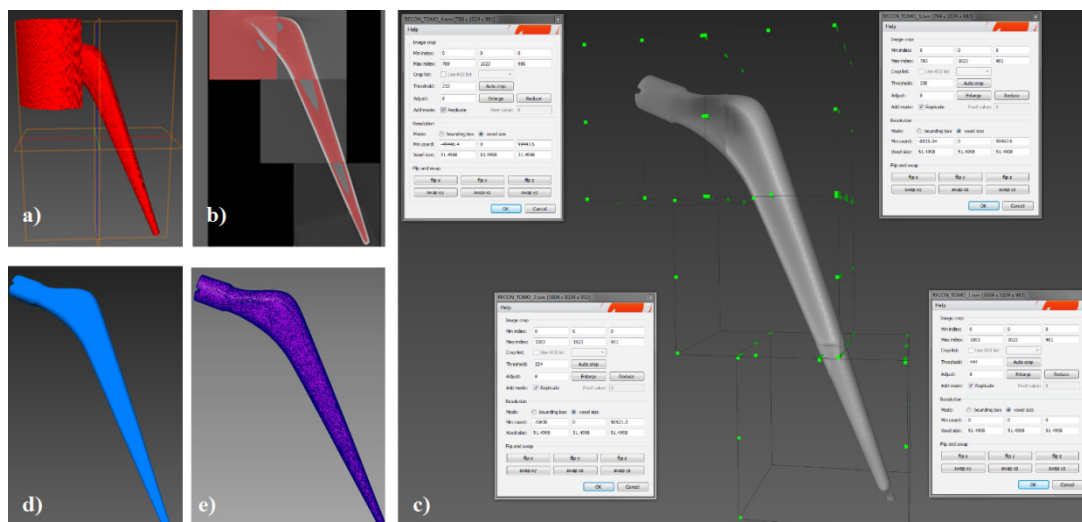


Figura 14. a) e b) Segmentação, c) e d) União das tomografias, e) Geração da geometria final.

Após processamento, os arquivos foram salvos em formato **.stl** e convertidos para o formato **.sldprt** (Fig. 15), tal como foi realizado nas imagens escaneadas. Finalmente, na Fig. 16 é mostrado o modelo final e sua respectiva imagem renderizada.

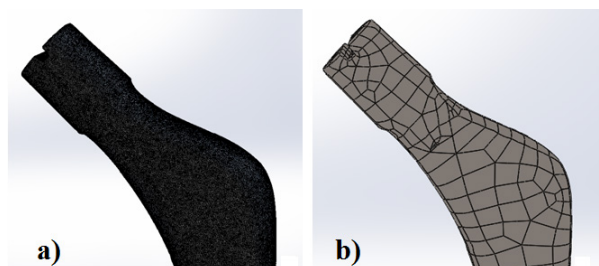


Figura 15. a) Imagem formato **.stl** , b) Imagem formato **.sldprt**.

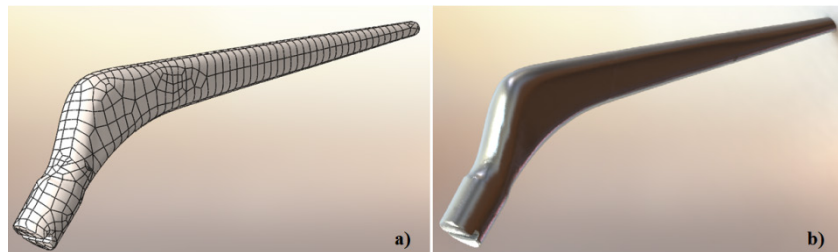


Figura 16. a) Modelo final (CAD) b) imagem renderizada.

2.5 Comparações entre os modelos

Na Fig. 17 são mostrados os três modelos obtidos a partir das técnicas estudadas. Uma comparação inicial foi realizada considerando os volumes geométricos dos modelos em relação ao volume real da amostra. Já na Tabela 1 são mostrados os volumes geométricos e massas dos modelos, os que foram obtidos diretamente no software SolidWorks, enquanto que o volume da amostra real foi calculado considerando a massa medida em uma balança eletrônica e a densidade obtida pela técnica de difração de raios X (média de 7,80 g/cm³). Na Tabela 2 é mostrada a comparação de volumes em % dos modelos obtidos em relação à amostra real.

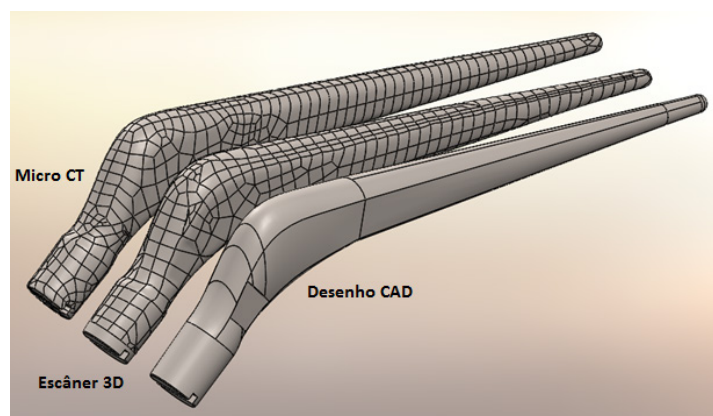


Figura 17. Modelos obtidos em desenho CAD, escâner 3D e Micro CT.

	Amostra Real (1)	Scan 3D (2)	CAD (3)	Micro CT (4)
Volume (mm ³)	18339,0	18110,7	18408,2	18000
Peso (g)	144,0	142,3	144,6	141,4

Tabela 1. Volumes e pesos obtidos.

Δ Volume 1-2 (%)	1,3
Δ Volume 1-3 (%)	0,4
Δ Volume 1-4 (%)	1,9

Tabela 2. Comparação dos volumes dos modelos obtidos em relação à amostra real.

Os modelos foram impressos usando uma impressora 3D da marca Up Box, tipo FDM (Fused Deposition Modeling), o software usado foi o Up Studio v.2.18 e o material de impressão foi o copolímero ABS. Então, foi realizada uma comparação visual e de

suas medidas finais verificando a semelhança aparente entre os modelos. Na Fig. 18 são mostrados os três modelos impressos, a partir de cada técnica estudada, e a amostra real. Após as comparações visuais e no software CAD foi observado que os três modelos são muito próximos ao real, em dimensões e detalhes, sendo que existe uma ligeira vantagem do E3D e μ CT (principalmente em detalhes) em comparação ao modelo obtido por CAD. Isto pode variar de acordo com a complexidade da amostra a ser desenhada ou ao tratamento realizado após o escaneamento ou tomografia. Assim, para esta geometria em particular, foi escolhido o modelo E3D pela rapidez na obtenção da geometria.

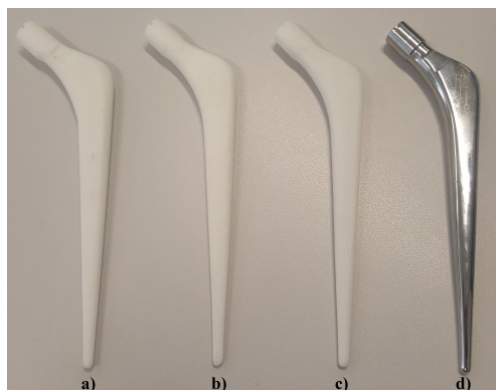


Figura 18. a) Modelo impresso a partir de desenho CAD, b) Modelo impresso a partir de escaneamento 3D, c) Modelo impresso a partir de micro CT, d) Amostra Real.

2.6 Simulação numérica

Na Tabela 3 são mostradas as principais propriedades mecânicas do aço do implante (UNS S31673), as quais foram usadas na simulação numérica.

Modulo de Elasticidade	200 GPa
Coefficiente de Poisson	0,27
Resistência ao Escoamento	325 MPa
Resistência à Ruptura	440 MPa

Tabela 3. Propriedades Mecânicas do aço inox. UNS S31673.

Após escolhido o modelo, foram analisadas as condições de posição, carga e fixação dos implantes. A configuração, carga e posicionamento dos implantes para ensaios que visam calcular a resistência a fadiga é definida na norma ABNT NBR ISO 7206-4:2016 “Implantes para cirurgia - Próteses parcial e total de articulação de quadril. Parte 4: Determinação de propriedades de resistência à fadiga e desempenho de componentes femorais com haste”. Segundo este documento, a angulação e a posição do implante em relação à base deve ser como mostrado na Fig. 19.

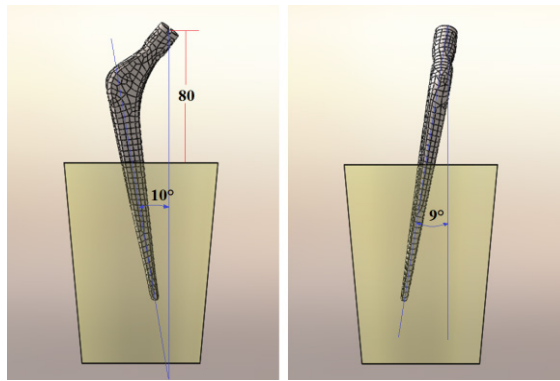


Figura 19. Angulação e posição do implante em relação à base (dimensões em mm.)

As condições de restrição foram feitas seguindo a norma ASTM F2996-13 “Standard Practice for Finite Element Analysis (FEA) of Non-Modular Metallic Orthopaedic Hip Femoral Stems”, onde é recomendado realizar um corte 10 mm abaixo do plano do cimento ósseo, como mostrado na Fig. 20. Na simulação, esta superfície terá restrição de deslocamento tridimensional (engastada).

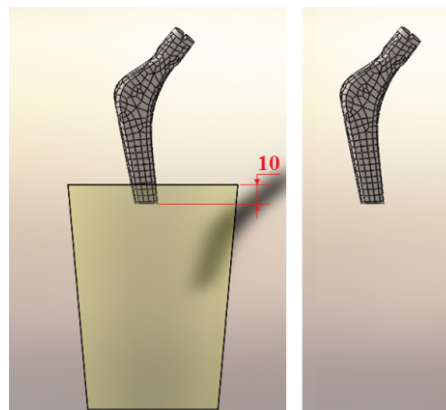


Figura 20. Corte do modelo segundo a norma ASTM F2996-13 (dimensões em mm).

A discretização da geometria é realizada usando elementos sólidos 3D, tetraédricos de tamanho médio 1,5 mm, como mostrado na Fig. 21. Nesta mesma imagem são apresentadas as condições de força e restrição do modelo. A carga foi aplicada na área de contato entre o pescoço e a cabeça.

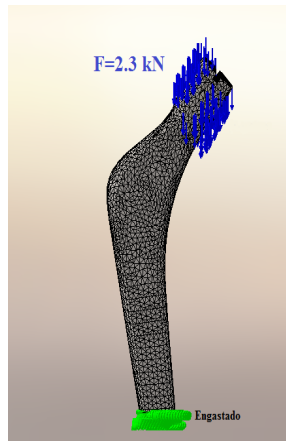


Figura 21. Discretização, condições de contorno e carregamento no implante.

Na Fig. 22 é apresentada a distribuição de tensões de von Mises no implante analisado. Pode-se observar que as tensões máximas encontram-se na região de engaste do implante, tanto na parte submetida a compressão quanto na submetida a tração. Estes valores são superiores ao limite de escoamento (325 MPa), o que significa que houve plastificação da peça nesta região, o que coincide com os testes feitos em laboratório, mas as tensões não chegaram ao limite de ruptura. O deslocamento vertical da parte do pescoço onde é aplicada a carga atingiu o valor máximo de 0,45 mm.

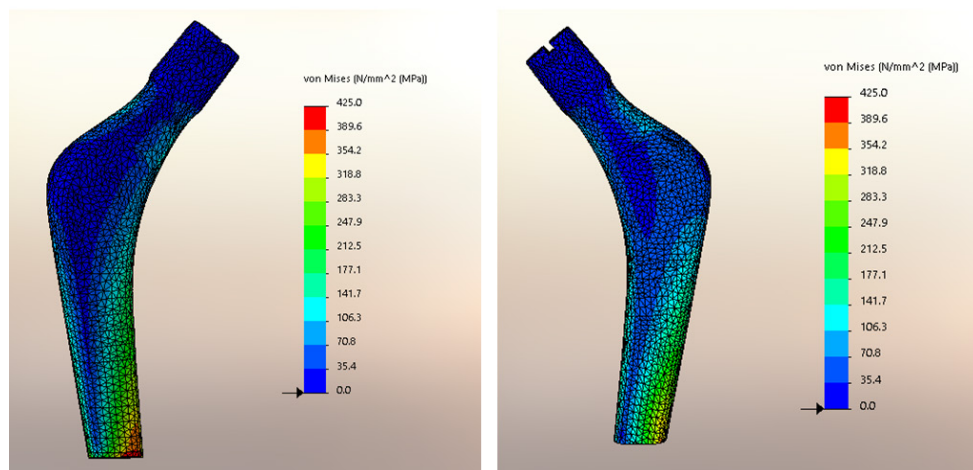


Figura 22. Distribuição de tensões

3 | CONCLUSÃO

A captura da geometria do implante de quadril de aço inoxidável pode ser realizada por quaisquer das três técnicas estudadas (CAD, E3D e μ CT). A μ CT mostrou-se visualmente como a técnica mais confiável para capturar detalhes na peça, porém este método demanda maior tempo e recursos. O E3D é um método muito dependente da resolução do escâner, da habilidade do operador no escaneamento,

das características da peça (tamanho, brilho, detalhes) e do pós-processamento da imagem. Finalmente o desenho CAD é o método de captura mais rápido e simples, porém o de menor confiabilidade, uma vez que pode agregar incertezas devido ao instrumento de medição e depende muito da habilidade do projetista e da complexidade da peça. Todas estas considerações, somadas às comparações visual e de volume, permitiram escolher (no caso específico do implante de quadril avaliado) o modelo E3D para realizar o discretizado da geometria e simular as condições de carga do implante. As simulações realizadas mostraram uma concentração de tensão na parte distal do implante (próxima ao ponto de engaste), com valores de tensão de von Mises superiores ao limite de escoamento, o que coincide com os resultados dos ensaios feitos em implantes reais. Os deslocamentos verticais também foram comparados aos reais, obtendo-se valores similares.

REFERÊNCIAS

AZARI A., NIKZAD S. **Computer-assisted implantology: historical background and potential outcomes - a review.** Int. J. Med. Robotics Comput. Assist. Surg., 95-104, 2008.

BARBOSA C., VIEIRA CAMINHA I., DE CERQUEIRA ABUD I. **Premature Failure in Orthopedic Implants: Analysis of Three Different Cases.** J. Fail Anal Prev. [Internet], 67-7, 2009.

JUN Y. e CHOI K. **Design of patient-specific hip implants based on the 3D geometry of the human femur.** Advances in Engineering Software 41, 537-547, 2010.

ORTEGA P., DOS SANTOS C., VIEIRA CAMINHA I., MONTEIRO M., DE CERQUEIRA ABUD I., DOS SANTOS V., ROESLER R. (2016). **Caracterização Química e Microestrutural de hastes demorais modulares fabricados em aço inoxidável ABNT ISO 5832-9.** 71º Congresso Anual da ABM, Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

PEREIRA A., LEIDERMAN R., ALMEIDA R., BAGUEIRA R. **Experiências na engenharia da UFF com micro tomógrafo de raios X”, XXXVII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering.** Brasília, Brasil.

SIMIONI S. **Manual da qualidade de implante em artroplastia de quadril.** 1st ed. Curitiba, 106 p., 2012.

SOBRE A ORGANIZADORA

MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-245-6

