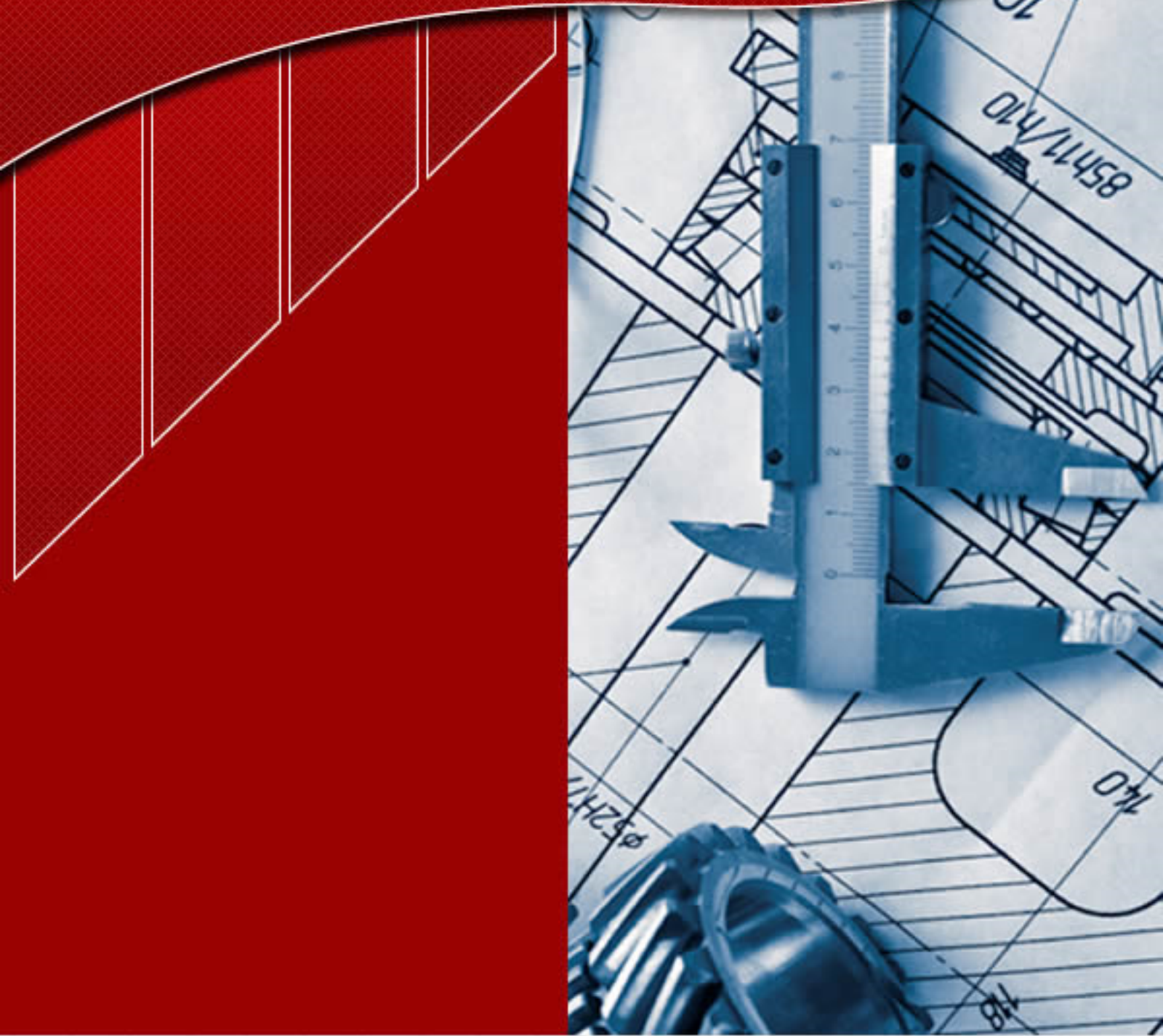


# Coletânea Nacional Sobre Engenharia de Produção 5

## Pesquisa Operacional

Antonella Carvalho de Oliveira  
(Organizadora)



Antonella Carvalho de Oliveira  
(Organizadora)

COLETÂNEA NACIONAL SOBRE ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO 5: PESQUISA OPERACIONAL

---

Atena Editora  
Curitiba – Brasil  
2017

2017 by Antonella Carvalho de Oliveira

Copyright © da Atena Editora

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

**Edição de Arte e Capa:** *Geraldo Alves*

**Revisão:** *Os autores*

**Conselho Editorial**

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves (UFT)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C694	<p>Coletânea nacional sobre engenharia de produção 5: pesquisa operacional / Organizadora Antonella Carvalho de Oliveira. – Curitiba (PR): Atena Editora, 2017. 337 p. : il. ; 6.541 kbytes</p> <p>Formato: PDF ISBN 978-85-93243-25-7 DOI 10.22533/at.ed.2571004 Inclui bibliografia</p> <p>1. Engenharia de produção. 3. Pesquisa operacional. I. Oliveira, Antonella Carvalho de. II. Título.</p> <p>CDD-658.5</p>

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## **Apresentação**

O volume cinco do livro eletrônico “Coletânea Nacional em Engenharia de Produção” tem como tema principal a área da Engenharia de Produção denominada Pesquisa Operacional.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, os estudos na área da Pesquisa Operacional passaram a ser tratadas a partir de uma abordagem colegiada, tornando-se uma área de conhecimento com estatuto epistemológico. É com esse olhar, que os autores deste volume, se esmeraram em expor trabalhos que versam sobre metodologias utilizadas na estruturação de problemas (processos, produtos ou problemas decisórios) através da construção de modelos matemáticos.

Dentre os 23 artigos apresentados, seis abordam com diferentes olhares a teoria das filas, dois a Análise Envoltória de Dados (DEA), dois a simulação de eventos discretos, dois abordam o tema energia elétrica e dois o balanceamento de linhas de montagem. Os demais artigos dissertam sobre temas diversos, tais como: formação de estoque como vantagem competitiva; criptografia de textos; processo de volatilidade de retornos do Ibovespa; análise da eficiência dos modelos ARIMA; modelo de planejamento agregado para otimização de recursos e custos; seleção de projetos Seis Sigma; escolha de um software de gestão e o último trabalho aborda a relação entre a Eficiência dos Estados Brasileiros no uso da Lei Rouanet e o IDH . Temos ainda um trabalho que discute a hierarquização e análise de risco na distinção de meios operativos da Marinha do Brasil.

Desta feita, os textos apresentados são ricos e foram selecionados de modo a compor um rico arsenal de conhecimento para todos aqueles que tem como fonte de estudo a Pesquisa Operacional.

Boa leitura!

*Antonella Carvalho de Oliveira*

## SUMÁRIO

### Capítulo I

#### A IMPORTÂNCIA DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS PARA A ARMAZENAGEM E OPERAÇÕES DE CROSS-DOCKING

*Thaís Aparecida Tardivo, Nemesio Rodrigues Capocci, Marcos Antonio Maia de Oliveira, Marcos José Corrêa Bueno e Willian Hensler Santos.....08*

### Capítulo II

#### A VOLATILIDADE DOS RETORNOS DO IBOVESPA: UMA ABORDAGEM ARIMA-GARCH

*Carlos Alberto Gonçalves da Silva.....21*

### Capítulo III

#### ABORDAGENS QUANTITATIVAS APLICADAS AO BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM

*Diogo Cassin de Carvalho Oliveira, Marcelo Gechele Cleto, Sonia Isoldi Marty Gama Müller, Angelo da Silva Cabral e Marcelle Zacarias Silva Tolentino Bezerra.....34*

### Capítulo IV

#### ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

*Naijela Janaina da Costa e Herick Fernando Moralles.....47*

### Capítulo V

#### ANÁLISE DE VIABILIDADE DE MODELOS SARIMA PARA PREVISÃO DE VAZÕES DO RIO PARAÍBA DO SUL

*Caroline de Oliveira Costa Souza Rosa, Eliane da Silva Christo e Kelly Alonso Costa.....63*

### Capítulo VI

#### APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS NA PRODUÇÃO DE POSTES

*Fabiana dos Reis de Carvalho, Kathleen Kelly de Paula Araujo Ferreira, Saint Clair Lobato Portugal, Eriton Carlos Martins Barreiros e Hailton Barreto Moraes.....73*

### Capítulo VII

#### APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS EM UMA PANIFICADORA LOCALIZADA NA CIDADE DE BELÉM/PA

*Yvelyne Bianca Iunes Santos, Amanda Claudino Almeida, Gabriel Silva Pina, Lucas Erick Pereira Lima e Robert Romano Monteiro.....86*

### Capítulo VIII

#### APLICAÇÃO DE INFERÊNCIA FUZZY NO APOIO À SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA

*Ricardo Martins dos Santos e Francisco Rodrigues Lima Junior.....101*

#### Capítulo IX

##### AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO PARA SELEÇÃO DE SOFTWARE DE GESTÃO DE UMA EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

*Matheus Lani Regattieri Arrais, Milton Etharl Junior e Dalessandro Soares Vianna.....117*

#### Capítulo X

##### BALANCEAMENTO DE LINHA DE MONTAGEM COM USO DE PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR INTEIRA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA CALÇADISTA

*Rafhael Souza e Silva, Francisco Jocivan Carneiro Costa Júnior e Anselmo Ramalho Pitombeira Neto.....129*

#### CAPÍTULO XI

##### EFICIÊNCIA DOS HOSPITAIS UNIVERSITÁRIOS FEDERAIS NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE: UMA ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS

*Naja Brandão Santana, Ana Elisa Périgo e Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto.....142*

#### Capítulo XII

##### ENTENDENDO A FILA COMO UMA ATIVIDADE QUE NÃO AGREGA VALOR: APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS NA REDUÇÃO DO TEMPO DE ATENDIMENTO

*Marcos dos Santos, Bruna Russo Bahiana, Beatriz Duarte Magno, Mariane Cristina Borges Dowsley Grossi, Fabrício da Costa Dias e Renato Santiago Quintal.....156*

#### Capítulo XIII

##### ESCOLHA DE ESTRATÉGIA ÓTIMA PARA COMPETIÇÃO EM LEILÕES DE ENERGIA EM UM MERCADO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

*Fernando Gontijo Bernardes Júnior, Rodrigo de Carvalho e Rodney Rezende Saldanha.....170*

#### Capítulo XIV

##### ESTUDO REALIZADO SOBRE TEORIA DAS FILAS APLICADO EM UMA FARMÁCIA NA CIDADE DE BELÉM-PA

*Yvelyne Bianca Iunes Santos, Fernanda Quitéria Arraes Pimentel, Jessé Andrade Dias, Rafael Pereira Guerreiro e Roberta Guedes Guilhaon Cruz.....184*

#### Capítulo XV

##### HIERARQUIZAÇÃO E ANÁLISE DE RISCO NA DISTINÇÃO DE MEIOS OPERATIVOS DA MARINHA DO BRASIL

*Marcos dos Santos, Carlos Francisco Simões Gomes, Jonathan Cosme Ramos, Hudson Hübner de Sousa, Rubens Aguiar Walker e Fabrício da Costa Dias.....197*

#### Capítulo XVI

##### PESQUISA OPERACIONAL: APLICAÇÃO DE TEORIA DE FILAS NO SISTEMA DE ATENDIMENTO BANCÁRIO

*Reinaldo Alves de Sá Ferreira Junior, Gabriela Maués de Souza Martins, Edra Resende de Carvalho, Breno de Oliveira Pina e Yvelyne Bianca Lunes Santos.....212*

#### Capítulo XVII

##### PREVISÃO DE CARGA A CURTO PRAZO COMBINANDO BUSCA POR MODELOS RNA E METODO LINEAR

*Samuel Belini Defilippo e Henrique Steinherz Hippert.....224*

#### Capítulo XVIII

##### PROGRAMAÇÃO LINEAR NA DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS PARA ESTOCAGEM: UM CASO DO SETOR MOVELEIRO

*Luciano Wallace Gonçalves Barbosa, Amanda Daniele de Carvalho, Rayane Ester Felício Santiago e Sílvia Maria Santana Mapa.....235*

#### Capítulo XIX

##### TEORIA DAS FILAS APLICADA A UMA DROGARIA LOCALIZADA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

*Daniel Magalhães Cumino, Debora Costa Melo, Nayara Góes Reis, Talles Orsay Dutra Sodre e Yan Filipy Moreira Correa.....250*

#### Capítulo XX

##### UM ENSAIO DE UM ALGORITMO PARA CRIPTOGRAFIA DE TEXTOS BASEADO NO CUBO RUBIK. UM MÉTODO PRÁTICO PARA USUÁRIOS NÃO INICIADOS NA RESOLUÇÃO DO CUBO

*Isnard Thomas Martins e Edgard Thomas Martins.....265*

#### Capítulo XXI

##### UTILIZAÇÃO COMBINADA DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS E O PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS NA OTIMIZAÇÃO DO LAYOUT DE UMA EMPRESA

*Luana Neves Leite, Gabriel Cardinali, Tárkis Ferreira Silva, Emerson José de Paiva e Carlos Henrique de Oliveira.....279*

#### Capítulo XXII

##### UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ARENA PARA IDENTIFICAR GARGALOS EM UMA EMPRESA DE SOM AUTOMOTIVO DA CIDADE DE PETROLINA-PE

*Lucas Di Paula Gama dos Santos, João Paulo Amorim de Souza, Natanael Cardoso Macedo, Jéfferson Jesus de Araujo e Diogo de Oliveira Araújo.....292*

#### Capítulo XXIII

##### RELAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA DOS ESTADOS BRASILEIROS NO USO DA LEI ROUANET E O IDH

<i>Cleston Alexandre dos Santos, Andréia Carpes Dani, Paulo Sérgio Almeida dos Santos e Nelson Hein.....</i>	<i>305</i>
<b>Sobre a organizadora.....</b>	<b>320</b>
<b>Sobre os autores.....</b>	<b>321</b>



## **CAPÍTULO XX**

### **UM ENSAIO DE UM ALGORITMO PARA CRIPTOGRAFIA DE TEXTOS BASEADO NO CUBO RUBIK. UM MÉTODO PRÁTICO PARA USUÁRIOS NÃO INICIADOS NA RESOLUÇÃO DO CUBO**

---

**Isnard Thomas Martins  
Edgard Thomas Martins**

# UM ENSAIO DE UM ALGORITMO PARA CRIPTOGRAFIA DE TEXTOS BASEADO NO CUBO RUBIK. UM MÉTODO PRÁTICO PARA USUÁRIOS NÃO INICIADOS NA RESOLUÇÃO DO CUBO

**Isnard Thomas Martins**

Universidade Estácio de Sá

Rio de Janeiro, RJ

**Edgard Thomas Martins**

Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Recife, PE

**RESUMO:** O presente trabalho propõe um algoritmo para criptografia de textos, oferecendo uma solução para codificação de mensagens de tamanho variável, baseado em movimentos do Cubo Rubik. A solução proposta se traduz em uma matriz de indexadores extraídos das peças integrantes do cubo, cuja operação se baseia nas inúmeras alternativas de movimentação da sua flexível estrutura. Um template foi desenvolvido para correlacionar os indexadores associados ao algoritmo e usados para transposição do texto, em suas fases de criptografia e deciptografia, dispensando o uso físico de um Cubo Rubik e simplificando o uso do método proposto para usuários não familiarizados com técnicas aplicadas para resolução do cubo

**PALAVRAS-CHAVE:** Criptografia, Cubo Rubik, Algoritmos

## 1.Introdução

Singh (2002) cita que a história dos criptosistemas envolve uma secular batalha entre criptoconstrutores e criptoanalistas de códigos, em uma corrida intelectual com forte impacto no curso da história humana, envolvendo esforços para preservar ou destruir segredos criptográficos militares e comerciais, com apoio de uma vasta gama de conhecimentos multidisciplinares e recursos tecnológicos

O desenvolvimento de criptosistemas e códigos criptográficos podem ser observados como uma luta evolutiva, estando qualquer código sob constante ataque de decifradores, sob os mais diversificados propósitos, desde a simples curiosidade aos mais críticos momentos da segunda grande guerra, destacando-se a máquina Enigma, dispositivo que apoiou com eficiência o sistema de códigos do lado alemão, bem como o sistema japonês de criptografia de mensagens, usado na guerra do Pacífico, sendo ambos os sistemas decifrados por criptoanalistas após exaustivas pesquisas (Singh, 2002). Os alemães estavam convictos que a criptografia gerada pela máquina Enigma não podia ser quebrada, usando desta forma a máquina para todos os tipos de comunicações em ar, terra e mar e principalmente, em comunicações de seus serviços secretos (Lycett, 2016). Os segredos de ataque das batalhas foram decifrados em gabinetes secretos, envolvendo oponentes especialistas em embates intelectuais que decifraram e

decidiram os resultados da guerra.

Novos modelos de criptografia encontram-se em desenvolvimento, utilizando a alta capacidade computacional disponível, pesquisando alternativas de modelos geradores de múltiplos resultados. Neste ponto insere-se o Cubo Rubik, um enigma mecânico de difícil solução, notoriamente complexo que pode apresentar 43.252.003.274.856.000 combinações possíveis, sendo muito útil em aplicações e teorias criptográficas.

Criado em Budapeste, em 1974 por um professor de arquitetura chamado Erno Rubik, o Cubo foi desenvolvido como um modelo para auxiliar as suas aulas de geometria tridimensional. A sua generalização matemática natural é representada pelo problema de fatoração em grupos não-abelianos, sendo seus princípios matemáticos relacionados com a teoria dos grupos, teoria dos grafos, teoria dos números e análise combinatória (PETIT & QUISQUATER, 2013).

A literatura documenta experiências envolvendo criptografia baseadas nos movimentos do Cubo de Rubik, dentre estas, destacando-se os trabalhos de Viorel & Loukhaoukha (2012) que ressalta as limitações presentes na criptografia de imagens digitais baseadas na teoria do caos e propõe uma abordagem robusta baseada no princípio do Cubo de Rubik, bem como a publicação de Rajavel & Shantharajah (2012), que descreve um algoritmo criptográfico baseado no Cubo Rubik Híbrido, demonstrando que a chave gerada por este método apresenta elevada segurança para criptografia de textos.

## **2. O Modelo do Cubo de Rubik Selecionado**

O cubo selecionado para este experimento será o cubo de Rubik 3x3x3, configuração mais comum encontrada no mercado e mais simples para desenvolvimento do algoritmo apresentado neste trabalho.

O Cubo de Rubik encontra-se subdividido em 27 cubos pequenos interligados, que denominamos subcubos ou cubículos. Apenas 26 deles são visíveis, uma vez que o centro do Cubo de Rubik é completamente envolvido pelos demais cubículos. (Joyner, 2002). No centro do Cubo localiza-se um cubículo ou uma esfera que é responsável pela estrutura de deslocamento das demais peças conectadas ao centro do cubo, permanecendo sempre invisível, e no restante, apenas as facetas externas são visíveis. Existem oito cubículos que se localizam nas pontas e conectam-se a três faces, exibindo apenas três facetas visíveis, denominados cubículos de vértice. Existem doze cubículos que ficam nas bordas, sendo conectadas a duas faces, exibindo apenas duas facetas visíveis, denominados cubículos de aresta. E por fim, existem seis cubículos localizados no centro das faces, localizados entre os cubículos de aresta e os cubículos de vértice. Os cubículos centrais apresentam apenas uma faceta visível. O Cubo 3x3x3 totaliza desta forma, cinquenta e quatro facetas que serão usadas para mapear os diferentes caracteres que integram uma mensagem ou caracteres que compõem um segmento de mensagem.

### 3. Movimentos do Cubo

Os movimentos do cubo podem ser formalizados como permutações das peças, devido a deslocamento dos cubículos entre as faces. Os movimentos alteram a configuração das cores faces, mas preservam a forma geral do cubo, por isso são denominadas simetrias do cubo. Nem todas as configurações são possíveis. Por exemplo, as arestas não podem ser trocadas pelos vértices (SCHÜTZER, 2005).

O cubo apresenta suas faces centrais fixas, poderemos caracterizar a cor de uma face através da cor da sua peça central visível e presente em cada face. Portanto, convencionaremos denominar as seis faces do cubo através das cores das peças fixas: Face Azul, Face Amarela, Face Branca, Face Âmbar, Face Verde e Face Vermelha, conforme ilustrado na Figura 1.

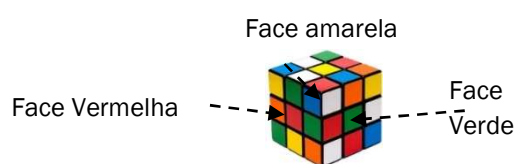


FIGURA 1 – Visão parcial de cores das faces visíveis

Para facilitar a descrição do movimento das faces e dos cubículos utilizamos abreviaturas simples para as seis faces e para os doze cubículos de aresta, oito cubículos de vértice e seis cubículos centrais, estabelecendo assim uma referência para todos os lados, de tal forma que as faces da frente, de trás, da direita, da esquerda, de cima e de baixo possam ser claramente identificadas. Utilizando as abreviaturas correspondentes às faces do cubo ficamos com a notação seguinte para as suas seis faces (SINGMASTER, 1981): F = face frontal (front); B = face de trás (back); L = face esquerda (left); R = face direita (right); U = face de cima (upper); D = face de baixo (down)

Para a notação dos cubículos de aresta e vértice, usamos as iniciais em qualquer ordem das faces que cada cubículo conecta, logo para as arestas, por exemplo, teremos a seguinte representação: ru (ou ur) indica a borda superior direita; rd (ou dr) indica a borda inferior esquerda; lu (ou lu) indica a borda superior esquerda; ld (ou ld) indica a borda inferior esquerda.

Denominaremos uma sequência de movimentos como Deslocamento, pois produzirá uma alteração nas faces do Cubo, deslocando seus cubículos para novas posições na estrutura do cubo.

A notação  $D = \{n...m\}$  representará uma sequência de movimentos, onde  $n$  e  $m$  representam os cubículos a serem movimentados.

Usaremos a expressão {Embaralhar} o Cubo, para uma sequência  $\{D\}$  aleatória de movimentos a um Cubo. Usaremos a expressão {Resolver} o cubo, para uma sequência de movimentos  $\{D\}$ , tal que  $D = \{I\}$  ou  $D = I$ , onde  $I$  representa o cubo resolvido (configuração Inicial), faces ordenadas por cores (SCHÜTZER, 2016). Usaremos a expressão {Codificar} o Cubo, para uma sequência  $\{D\}$ , tal que  $\{D\} = \{\text{CriptoRubik}\}$ , onde “Rubik” representa uma sequência de movimentos que

conduzem as faces do Cubo para uma configuração adotada como base do algoritmo proposto.

Os movimentos do cubo, são giros de  $90^\circ$  ou  $180^\circ$  em qualquer face do cubo, como um corpo rígido em torno do eixo de ligação do centro da mesma face. Os giros podem ser realizados no sentido horário ou no sentido anti-horário (Falcão, 2010). Como notação dos movimentos,  $F^+$ ,  $R^+$ ,  $B^+$ ,  $L^+$ ,  $U^+$ ,  $D^+$ , denotam o giro de  $90^\circ$  das respectivas faces no sentido horário e  $F^{-1}$ ,  $R^{-1}$ ,  $B^{-1}$ ,  $L^{-1}$ ,  $U^{-1}$ ,  $D^{-1}$ , denotam o giro de  $90^\circ$  das faces no sentido anti-horário. No caso de  $180^\circ$  basta substituir (incluir) o índice do movimento por 2, o que equivale a fazer o mesmo giro de  $90^\circ$  duas vezes, por exemplo,  $F^2$ ,  $R^2$ ,  $B^2$ ,  $L^2$ ,  $U^2$ ,  $D^2$ , denotando movimentos de  $180^\circ$  nas faces no sentido horário. Um Deslocamento é constituído de movimentos escritos sempre da esquerda para a direita, determinando a ordem em que devem ser realizados. Em outro exemplo, o movimento  $U^+$ , movimenta o cubículo de aresta ur para uf e  $F^+$  traz o mesmo cubículo de aresta uf para rl. Esse tipo de fenômeno é descrito como não-comutatividade, isto é, a ordem dos fatores altera o produto. Ao girarmos uma face qualquer certo número de vezes (quatro giros de  $90^\circ$ ) retornamos à posição inicial, formando assim um ciclo. Denotamos por Ordem de  $F = O(F)$  tal número de giros (SINGMASTER, 1981).

#### 4. Princípios usados no Algoritmo Proposto

Não iremos esgotar as inúmeras possibilidades de movimentos sucessivos do Cubo neste trabalho, pois o algoritmo utilizado para codificação compreende apenas três movimentos consecutivos aplicados em três diferentes vértices de cada face, como será posteriormente descrito. Cada um dos movimentos aplicados utiliza um giro simples de  $90^\circ$  apenas, transformações suficientes, entretanto para oferecer um complexo modelo integrado por indexadores que serão usados para transposição dos caracteres do texto a ser codificado.

Para complementar a criptografia será necessário preparar o Cubo com uma sequência de movimentos denominados deslocamentos (Falcão, 2010). Um deslocamento pode ser seguido de outro conjunto de deslocamentos para finalização do algoritmo. Ao final de um deslocamento computamos o número de movimentos necessários para efetuá-los, indicando a sua duração, onde a ordem dos movimentos executados e a ordem das faces manipuladas são essenciais para garantir a integridade e sucesso do algoritmo. O algoritmo não permite interrupção em sua sequência de deslocamentos, nem permite reversão nos movimentos, devendo ser executados até a sua efetiva finalização.

Usando teorias algébricas e combinatórias, calculamos deslocamentos específicos para sintetizar os movimentos do cubo de maneira criativa e autêntica, resultando no desenvolvimento de um algoritmo para criptografia de mensagens, onde um texto claro pode ser transposto, apresentando um texto codificado e apoiado nas características de complexidade do Cubo Rubik.

Supomos a sequência  $D = \{\text{Resolver}\}$  uma sequência de movimentos que

possa obter um cenário  $D = \{I\}$  ou  $D = I$  (solução ordenada por cores), oferecendo um cenário tal que, as cores das faces sejam todas iguais. Supomos a sequência  $D = \{\text{Codificar}\}$ , uma sequência de movimentos que possa obter um cenário único de cores, representando uma codificação do Cubo, específico para registro de um texto claro, sequencialmente ordenado em suas faces. Esta sequência será denominada  $D = \{\text{CriptoRubik}\}$ . Qualquer outra configuração de cores do Cubo será denominada de  $D = \{\text{Embaralhar}\}$ .

Pressupomos que o cubo oferece milhares de combinações possíveis e apenas uma destas combinações representará a chave para solução do algoritmo. Usando este princípio de complexidade, aplicaremos em nosso algoritmo uma sequência  $\{D\}$  denominada CriptoRubik. O algoritmo CriptoRubik oferece múltiplas alternativas de encriptação e níveis de complexidade, por exemplo, acrescentando-se um maior número de movimentos das faces ou alterando simplesmente a cor referencial da face de partida do cubo.

## 5. Estrutura da Mensagem

A mensagem a ser criptografada será segmentada em Strings (segmentos contendo um máximo de 64 caracteres em cada string). O Texto Claro completo poderá conter um ou mais Strings que serão codificados individualmente utilizando o algoritmo CriptoRubik.

Selecionamos para este experimento o texto “GIRL FROM IPANEMA GOES WALKING SHE WALKS LIKE A SAMBA” (letra parcial de Garota de Ipanema de Tom e Vinicius, versão de Norman Gimbel para a língua Inglesa, 1963) que representa um String simples, não segmentado, conforme apresentado na FIGURA 2.

G	I	R	L		F	R	O	M		I	P	A	N	E	M	A		G	O	E	S		W	A	L	K	I	N	G		S	H	E		W	A	L	K	S		L	I	K	E		A		S	A	M	B	A
---	---	---	---	--	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	--	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	--	---	--	---	---	---	---	---

FIGURA 2 - Texto Claro selecionado para o experimento.

O domínio do Cubo Rubik não representa um pré-requisito para utilização do sistema envolvendo o algoritmo CriptoRubik, sendo dispensada a manipulação física de um Cubo na aplicação do método proposto, bastando para a sua implementação seguir os passos simplificados da solução sintética descrita adiante neste trabalho.

Para facilitar a leitura de um texto codificado resultante, delimitamos cada String da mensagem por colchetes [ ]. O texto selecionado para este experimento, devidamente codificado, resultará na configuração representada na FIGURA 3:

[	I	O		N	A	A	M	E	A	P	K	N	S	M	E	G	G	A	R	L		O	G	L		W	L	R	S	S	M	K	H				A	I		F	K	W	I	E	L	B	I	A	A	E	S	]
---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

FIGURA 3- Estrutura do Texto Codificado após a aplicação do algoritmo CriptoRubik baseado no Cubo.

A apresentação do texto codificado resultante poderá ser livremente editado. O usuário poderá inserir livremente espaços separadores entre os caracteres na edição do texto codificado. Os espaços separadores usados na edição do texto

codificado são diferentes dos separadores de palavras usados na edição do texto Claro. Na edição do texto Claro usamos como elemento separador de palavras o símbolo “#”. O texto resultante, após a criptografia do texto claro será tratado como um String único, sem espaços, desta forma:

**[##IO#NAAMEAPKNMRGARL#OOL#WLRSSMKN###AI#FKWIELBIAAES#]**

Para efeitos da edição do resultado, poderemos reescrever o texto de diversas formas, inserindo separadores (espaços reais) entre os caracteres do texto codificado. Na recomposição do texto (decriptografia) iremos compactar o texto codificado, extraíndo os espaços que foram inseridos com propósito de dificultar a criptoanálise da mensagem cifrada . Exemplos alternativos apresentados na TABELA 1 foram editados para um mesmo texto codificado. Cada um dos exemplos apresentados representa uma diferente configuração para o mesmo texto, editados com a inclusão aleatória de espaços entre os caracteres do String:

TABELA 1- Alternativas de apresentação do texto codificado, representando o mesmo resultado final

<b>[##IO#NAA ME APKNMR GARL#OOL#WLRSS MKN###AI#FK WIELB IAAES#]</b>
<b>[##IO #NAAME APK NMR GARL#O OL#WLRSSM KN# ##AI #FKWIELBIA AES#]</b>
<b>[##IO#NAAM EAP KNMRG ARL#O OL#W LRS SMKN####A I#FKWIELBIA AE S#]</b>

No primeiro exemplo apresentado na TABELA 1 inserimos, ao acaso, um espaço entre o conjunto “##IO#NAA” e “ME”, sem perda de integridade da mensagem criptografada. Observamos que os mesmos símbolos “#”, usados como separadores de palavras no Texto Claro, continuam presentes no texto codificado, nas três alternativas apresentadas.

Após a sua preparação, seguindo a sequencia  $D=\{\text{Codificar}\}$ , as peças do Cubo (facetas) receberão uma numeração sequencial, face a face do Cubo, que corresponderá a uma configuração ordenada para registro da mensagem, e segundo a qual o texto será transcrito. Esta numeração corresponderá a Indexadores no algoritmo CriptRubik. Como o algoritmo é baseado nos movimentos do Cubo Rubik, os caracteres correspondentes ao texto claro serão deslocados, acompanhando movimentos que possam alterar a configuração  $D = \{\text{Codificar}\}$ . O algoritmo CriptoRubik não estabelece um padrão sistemático de transposição, a exemplo da Cifra de César, que estabelece um deslocamento padrão para cada letra do texto claro, sensivelmente vulnerável para uso em aplicações profissionais. Barbosa e Castilho (2015) citam que Cifra de Cesar aplica a transposição da ordem das letras do alfabeto, não alterando muito a forma segundo a qual é aplicada, concluindo que este método de cifragem não são baseadas em cálculos matemáticos, e sim no raciocínio lógico matemático, a exemplo da Cifra RSA, que utiliza conceitos e métodos baseados na Teoria dos Números.

Magalhães (2012) cita que Cifras de Substituição utilizam a troca individual do caractere ou de grupo de caracteres, por outros existentes em uma tabela de substituição. Uma análise de frequência dos caracteres aplicados no texto cifrado, pode tornar o sistema de codificação vulnerável, permitindo revelar identidades, a

partir da comparação das frequências de caracteres no texto codificado com aquelas que normalmente aparecem no idioma utilizado.

Nas Cifras de Transposição troca-se a posição dos caracteres na mensagem. Por exemplo, reescrevendo o texto usando indexadores para transposição de cada caractere do texto claro. Para tanto, define-se um vetor de trocas, bem como uma ordem segundo a qual as trocas serão realizadas. Pode-se usar uma chave extraída de um algoritmo aplicado a um objeto, como um Cubo Rubik, onde as peças são enumeradas e trocam de posição, de acordo com uma sequência estabelecida para criptografia e decriptografia do texto claro.

## 6. Preparação da Mensagem

O Cubo Rubik contém seis faces que representam páginas. Para registro do texto Claro, as páginas são usadas respeitando-se com rigor a ordem das cores (azul, vermelho, verde, âmbar, amarelo e branco), conforme ilustrado na FIGURA 4:

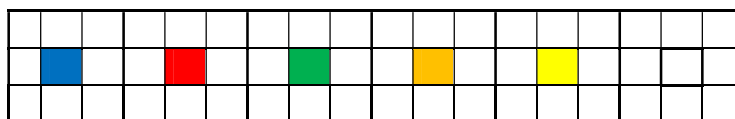


FIGURA 4 – Ordem de preenchimento das páginas, segundo as cores

Através do algoritmo CriptoRubik o Cubo é preparado para receber o String (texto Claro) em suas seis páginas, cada uma contendo nove células (peças), totalizando um conjunto máximo de 54 caracteres, conforme ilustrado na FIGURA 5.



FIGURA 5 – Cubo editado com texto, onde  $D = \{I\}$

Ao aplicarmos os passos do algoritmo, o Cubo é modificado para a configuração que receberá o texto claro, conforme configuração ilustrada na FIGURA 6. Para realização desta configuração, pressupomos como ponto de partida do processo, a configuração do Cubo em sua configuração preparada para  $D = \{\text{CriptoRubik}\}$ .

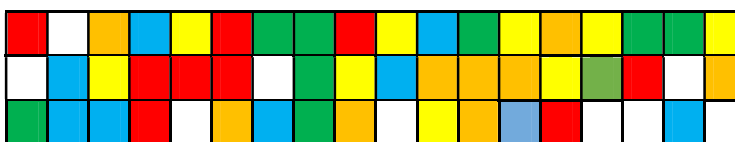


FIGURA 6- configuração Cubo preparado para registro do Texto Claro.

Os passos seguintes que guiarão a transformação do algoritmo, comandam a alteração da configuração do Cubo, modificando o seu estado inicial  $D=I$ , finalizando



a configuração denominada “codificado”, através da sequência  $D = \{\text{CriptoRubik}\}$ , conforme a ilustração apresentada na FIGURA 7.

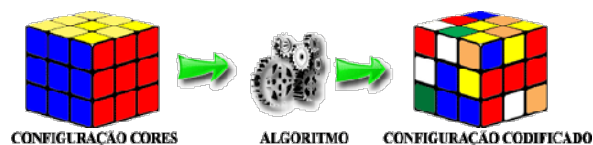


FIGURA 7- Sequência de transformação da configuração inicial do Cubo

Após o registro do texto Claro nas páginas da versão codificado do Cubo Rubik teremos o String distribuído nas faces do Cubo, seguindo a sequência natural do texto, caractere a caractere, até o esgotamento do String, segundo ordenação das suas cores: “GIRL FROM IPANEMA GOES WALKING SHE WALKS LIKE A SAMBA”. Após registrado na versão “codificado”, o texto claro exemplo resultará na configuração, conforme o desenho ilustrado na FIGURA 8:

G	I	R	I	P	G	O	E	I	N	G	A	L	K	A	
L		F	A	N	E	S		W	S	H	S		L	S	A
R	O	M	M	A		A	L	K	E		W	I	K	E	B

FIGURA 8 – Edição do Texto Claro, distribuído nas seis páginas do cubo codificado

A codificação do texto claro distribuído nas páginas do cubo codificado pode ser realizada aplicando-se qualquer sequência  $\{D\}$ , por exemplo, aplicando a sequência  $D = \{I\}$  que resulta na apresentação do cubo em sua configuração classificada por cores, conforme ilustrado na FIGURA 9. Para realizar uma codificação com maior nível de complexidade, o usuário poderá simplesmente seguir movimentando aleatoriamente o Cubo, aplicando  $D = \{\text{Embaralhar}\}$ . Para retorno ao texto claro, será necessário preliminarmente reorganizar o cubo em sua sequência organizada por cores e posteriormente, comandar o algoritmo  $D = \{\text{CriptoRubik}\}$ , codificando o Cubo e recuperar as páginas em sua configuração original preparada para o texto claro (FIGURA 8).

		I	E	A	P	G	A	R	W	L	R			A	E	L	B
O		N	K	N	S	L		O	S	S	M	I		F	I	A	A
A	A	M	M	E	G	G	L		K	H		K	W	I	E	S	

FIGURA 9 –Texto codificado, ordenado por cores  $D=I$

### 7.1- Descrição do Algoritmo $D = \{\text{CriptoRubik}\}$

O Algoritmo CriptoRubik é realizado em 4 passos, contendo três movimentos de referência para cada face, conforme ilustrado na FIGURA 10:

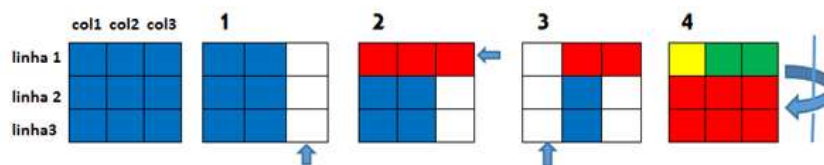


FIGURA 10 – Movimentos associados ao algoritmo CriptoRubik

#### Inicialização do Algoritmo:

Pressupomos o Cubo com suas faces ordenadas por cores:  $D = I$

Face Azul para frente; face Amarela para cima

Algoritmo de codificação  $D = \{\text{CriptoRubik}\}$

**Passo 1** -  $R^{\wedge}$  (Girar 90°, coluna 3, sentido horário)

**Passo 2** -  $U^{\wedge}$  (Girar 90°, linha 1, sentido horário)

**Passo 3** -  $L^{\wedge}$  (Girar 90° coluna 1, sentido horário)

**Passo 4** - Girar o cubo sentido horário, teremos a visão da Face Vermelha situada de frente e a visão da face Amarela situada para cima.

**Passo 5**- Repetir os passos {1}, {2} e {3} para cada face até finalizar a transformação nas quatro faces (face Azul, face Vermelha, face Verde e face Âmbar).

**Fim**

Após a execução dos passos do Algoritmo teremos as faces preparadas para registro da mensagem do texto claro. Podemos observar na FIGURA 8 a configuração cifrada, que corresponde ao cubo “codificado” pelo algoritmo, devidamente preparado para recepção do texto claro. Após a edição do texto claro nas faces do cubo, qualquer movimento significativo em suas faces impedirá a leitura do texto, até que o cubo seja novamente transformado pela correta aplicação do algoritmo CriptoRubik.

## 7. Solução Sintética para Aplicação do algoritmo CriptoRubik

Em termos práticos, as 6 faces do cubo codificado correspondem a cinquenta e quatro caracteres ou espaços disponíveis para registro de um texto claro. Para cada um dos caracteres das páginas do Cubo em sua configuração  $D = \{\text{CriptoRubik}\}$  teremos um correspondente indexador sequencial crescente associado às facetas do Cubo. Os indexadores associados aos caracteres (facetas) acompanharão os deslocamentos promovidos no cubo, para qualquer sequência  $\{D\}$ , mantendo as numerações relativas atribuídas durante a sequência  $D = \{\text{CriptoRubik}\}$ .

A FIGURA 11 (parte superior) apresenta a numeração dos indexadores atribuída às facetas do cubo, em sua versão  $D = \{\text{CriptoRubik}\}$  e a posição relativa dos indexadores após a aplicação da sequência  $D = \{I\}$ .

1	2	3	10	11	12	19	20	21	28	29	30	37	38	39	46	47	48
4	5	6	13	14	15	22	23	24	31	32	33	40	41	42	49	50	51
7	8	9	16	17	18	25	26	27	34	35	36	43	44	45	52	53	54
10	31	43	21	13	12	19	47	7	36	38	3	37	6	28	34	4	52
8	5	29	44	14	49	26	23	20	40	32	51	35	41	24	2	50	17
25	53	9	16	15	1	30	42	46	27	33	18	48	11	39	45	22	54

FIGURA 11- Apresentação dos indexadores usados para ordenação do cubo em ambas as versões,  $D=\{\text{CriptoRubik}\}$  e  $D=\{I\}$ .

Os indexadores de referência transpostos do texto claro para o texto codificado correspondem à numeração do algoritmo CriptoRubik para cada face. Ao efetuarmos movimentos na configuração preparada para o texto claro, a estrutura se modifica, impedindo a compreensão do texto original, gerando desta forma o efeito criptográfico desejado para a mensagem codificada. Como cada célula do cubo foi previamente enumerada na configuração codificada (preparada para receber o registro do Texto Claro), teremos posterior às alterações, os correspondentes indexadores deslocados para novas posições relativas, após os movimentos promovidos no cubo. Assumindo que as faces permitem  $10^{14}$  diferentes combinações, ou no processo otimizado usando as simetrias inerentes ao Cubo,  $10^{12}$  combinações, adotaremos como referência de partida do algoritmo, a versão das faces ordenadas por cores (Kunkle & Cooperman, 2008). A configuração ordenada por cores permite estabelecer uma correlação entre os indexadores ordenados pela sequência  $D=\{\text{CriptoRubik}\}$  e os indexadores em suas posições na versão  $D=\{I\}$ . Desta forma, teremos uma correspondência dos indexadores referentes ao texto claro, que são sempre conhecidos, e os indexadores deslocados para a versão ordenada por cores  $D=I$ , representando a chave para decifração da mensagem original.

Através de uma Tabela que denominaremos de Tabela de Conversão (TABELA 2), registraremos na primeira linha L1 da tabela, o Texto Claro. Na linha L2 registraremos os indexadores correspondentes às facetas do Cubo transpostos após a aplicação da sequência  $D=\{I\}$  e na linha L3 os indexadores associados à configuração do texto claro, atribuídos segundo a ordenação atribuída pelo algoritmo  $D=\{\text{CriptoRubik}\}$ .

## 7.1 Simulação dos Movimentos do Cubo:

Se classificarmos a Tabela de Conversão, usando como base os indexadores da linha L2 teremos uma simulação do Cubo organizado, segundo  $D=\{I\}$ . O texto claro estará integralmente criptografado. Após a ordenação do texto claro, o resultado do texto na Tabela de Conversão será idêntico ao resultado de uma ordenação do Cubo, após a aplicação de uma sequência  $D=\{I\}$  (ordenação por cores). A TABELA 2 (Tabela de Conversão) ilustra a ordenação dos indexadores referentes à configuração  $D=\{I\}$ ,

segundo os indexadores da Linha 2.

TABELA 2 – Criptografia do texto claro usando os Indexadores, segundo a organização D= {I}

L			I	O		N	A	A	M	E	A	P	K	N	S	M	E	G	G	A	R	L		O	G	L		W	L	R
1																														
L										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L	1	3	4			2	2	5		2	1	1	4	1	4	1	1		1	4		2	2	2	3	4	4	3	3	
3	0	1	3	8	5	9	5	3	9	1	3	2	4	4	9	6	5	1	9	7	7	6	3	0	0	2	6	6	8	3

Alternativamente, se classificarmos a Tabela de Conversão, usando como base os indexadores da linha L3, teremos uma simulação do Cubo organizado, segundo D= {CriptoRubik}, assumindo a mesma representação da configuração do texto claro apresentado na FIGURA 8.

Desta forma demonstramos através do uso sintético de indexadores das facetas do cubo, a obtenção da identidade dos resultados criptográficos obtidos pelo algoritmo {CriptoRubik} obtidos pelo processo manual de movimentos do Cubo, demonstrando seus resultados comparativos idênticos.

## 8. Conclusões

Neste ensaio procuramos demonstrar a aplicação do Cubo Rubik como base de algoritmos e teorias criptográficas. Procuramos apresentar um método criptográfico baseado nos movimentos do Cubo de Rubik, e sua grande flexibilidade para criptografia de mensagens textuais, ressaltando, como grande vantagem da solução proposta, a combinação do uso de um algoritmo baseado nos princípios do Cubo Rubik, sem no entanto requerer conhecimentos práticos de manuseio de um Cubo para operar a solução proposta.

Devido à notável flexibilidade apresentada pelo Cubo Rubik, a multiplicidade de configurações selecionadas pelo algoritmo permitirá uma significativa gama de permutações do texto claro, tornando-o extremamente complexo para decodificação sem o devido conhecimento prévio dos indexadores para reorganização dos caracteres que compõem o texto claro original.

Apresentamos um método sintético de simples operação para simulação do algoritmo desenvolvido como base do ensaio criptográfico descrito no artigo. Demonstramos através de resultados práticos a comprovação do método sintético para simulação da criptografia proposta pelo algoritmo {CriptoRubik}, usando a combinação de elementos textuais e numéricos simplificados.

Como vantagem maior de seus princípios criptográficos, o método proposto não utiliza frequências identificáveis na substituição de caracteres que permitem vulnerabilidade em potenciais ataques exaustivos cedendo quebras de sigilo, desde que, as configurações de seus resultados dependem unicamente das numerosas posições relativas dos indexadores de inicialização do algoritmo. Como desvantagem o método não foi ainda exaustivamente atacado por força bruta, demonstrando seus

indicadores de eficiência, em regime de tempo ilimitado para tentativa de quebra da criptografia desenvolvida.

## REFERÊNCIAS

Barbosa P; Castilho J, **A Matemática Dos Códigos Criptográficos**. Disponível em <https://www.ucb.br/sites/100/103/TCC/12007/PalomaBarbosaFreire.pdf>. Consulta em Dezembro, 2015

Criptoll. **Criptoll on-line**, Chiffren disponível em <http://www.cryptool-online.org>, acesso em janeiro, 2016

Falcão P. **Simetrias, Permutações e grupos no Cubo de Rubik (mágico)**.. Paraíba, V Biental da SBM Sociedade Brasileira de Matemática UFPB. 2010

Joyner D. **Adventures in Group Theory: Rubik's Cube, Merlin's Machine, and Other Mathematical Toys**. Published by Johns Hopkins University Press , New York (Editor), 2008

Kunkle, D. and Cooperman, G. **Twenty-six moves suffice for Rubik's Cube**. In **Proceedings of the 2007 International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation** Waterloo, Ontario, Canada, July 29–Aug. ACM Press, New York, 2007, 235–242.

Lycett A. **BBC News**, disponível em <http://www.bbc.co.uk/history/topics/enigma>, consulta em janeiro 2016

Magalhães V. **Segurança de Sistemas**. Disponível em <https://www.gta.ufers.br/grad02> Consulta em janeiro 2016

Petit C ; Quisquater J.J. **Rubik's for Cryptographers** . American Mathematical Society Notices of the AMS, Washington, 2013

Rajavel D; Shantharajah S.P. Cubical key generation and encryption algorithm based on hybrid cube's rotation. **Pattern Recognition, Informatics and Medical Engineering (PRIME)**, 2012 International Conference on Salem, Tamilnadu , IEEE , March 2012

Schützer. W. **Aprendendo Álgebra com o Cubo Mágico**. Disponível em [www.dm.ufscar.br/profs/waldeck/rubik/rubik1.pdf](http://www.dm.ufscar.br/profs/waldeck/rubik/rubik1.pdf). Acesso em janeiro, 2016  
Singh, S. **O Livro dos Códigos**. Rio de Janeiro: Record, 2002

Singmaster David. **Notes on Rubik's Magic Cube**, David Singmaster. Enslow Pub Inc,

1981.

Viorel A.D; Loukhaoukha K. **A secure image encryption algorithm based on Rubik's cube principle.** Journal of Electrical and Computer Engineering. Volume 2012, January 2012; Article No. 7. Hindawi Publishing Corp. New York

**ABSTRACT:** this paper proposes an algorithm for encryption of texts, offering a solution for encoding messages with variables sizes, based on movements of Rubik Cube. The solution presented is represented by a matrix of indices extracted from the pieces that integrate the cube, whose operation is based on numerous alternative movement of its flexible structure. A template was developed to correlate the indices associated with the algorithm. These were used in text implementation in its phases of encryption and decryption, eliminating the physical use of a Rubik Cube and simplifying the use of the method proposed by users unfamiliar with techniques applied to solve the cube

**KEYWORDS:** Cryptography, Rubik Cube, Algorithms

## **Sobre a organizadora**

**ANTONELLA CARVALHO DE OLIVEIRA** Licenciada em Pedagogia. Mestre em Engenharia de Produção e Doutora em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pedagoga da Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED). Professora colaboradora no Departamento de Pedagogia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Editora Chefe da Atena Editora. Líder Adjunto do Grupo de Pesquisa em Educação a Distância - Formação docente para o Ensino de Ciência e Tecnologia do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia (PPGECT) da UTFPR. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação à Distância, atuando principalmente nos seguintes temas: formação de professores, metodologia do ensino e pesquisa e ensino de ciência e tecnologia.



## Sobre os autores

**AMANDA CLAUDINO ALMEIDA** Estudante, cursando Ensino Superior de graduação em Engenharia de Produção, 7º semestre, na Universidade do Estado do Pará. Inglês Avançado. Experiência em consultoria na Holística - Empresa Júnior de Consultoria da UEPA. Atualmente, exerce o cargo de Aprendiz na Ambev S.A.

**ANA ELISA PÉRICO** Possui graduação em Administração Pública pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP - 2002), mestrado (2005) e doutorado (2009) em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (USP). Entre 2009 e 2011 foi Professora Assistente Doutora na UNESP, campus de Jaboticabal. Desde 2011, é Professora Assistente Doutora na UNESP, campus de Araraquara. Nas atividades de docência, voltadas para a graduação, atua principalmente na área de Finanças Corporativas, Contabilidade e Matemática Financeira. Na área de pesquisa, tem como objetos de estudo as infraestruturas brasileiras e questões vinculadas ao desenvolvimento regional. Desde 2015, é credenciada no Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Análise de Políticas Públicas, da UNESP de Franca.

**ANDRÉIA CARPES DANI** Doutoranda em Ciências Contábeis e Administração pela Universidade Regional de Blumenau (FURB). Mestra em Ciências Contábeis pela Universidade Regional de Blumenau (FURB). Graduada em Ciências Contábeis pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI). E-mail: [andreiacarpesdani@gmail.com](mailto:andreiacarpesdani@gmail.com)

**ANGELO DA SILVA CABRAL** Possui graduação em Estatística pela Universidade Federal do Paraná (2014) e Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (2017). Experiência com consultoria na área de Probabilidade e Estatística. Experiência como professor substituto do Departamento de Estatística da Universidade Federal do Paraná.

**ANSELMO RAMALHO PITOMBEIRA NETO** Possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica (Universidade Federal do Ceará), mestrado em Engenharia Mecânica (Universidade de São Paulo) e doutorado em Engenharia de Transportes (Universidade Federal do Ceará). É professor adjunto do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Ceará, no qual leciona as disciplinas de Pesquisa Operacional, Simulação de Sistemas e Economia da Engenharia. Possui publicações nas revistas Computers and Industrial Engineering, Journal of Advanced Transportation, Transportes e Journal of Construction Engineering and Management.

**BEATRIZ DUARTE MAGNO** Bacharelada em Engenharia de Produção na instituição SENAI CETIQT. Exerce seu período de aprendizagem na Gerência de Controle Técnico de Empreendimentos da Eletronuclear, auditando pleitos internacionais e auditando



faturas de serviços e suprimentos internacionais. Também atua dentro da Gerência de Provimento de Pessoas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Faz parte do Grupo de Iniciação Científica do SENAI CETIQT e já publicou diversos trabalhos em congressos nacionais e internacionais, tais como: Encontro Capixaba de Engenharia de Produção (ENCEPRO), Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Congresso Ibero-Americano de Engenharia de Produção (CIIP) e Latin-Iberoamerican Conference on Operations Research (CLAIO).

**BRENO DE OLIVEIRA PINA** Graduando em Engenharia de Produção, na Universidade do Estado do Pará (UEPA), atualmente cursando o 9º semestre/5º ano. Estagiário na Federação das Indústrias do Estado do Pará (FIEPA). Ex estagiário da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Autor de artigos em anais de eventos como SIMPEP e SIEF - Semana Internacional de Engenharia e Economia. E-mail: brenopina20@gmail.com

**BRUNA RUSSO BAHIANA** Bacharel em Engenharia de Produção pela Faculdade SENAI-CETIQT. Graduanda de Engenharia de Telecomunicações pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). É autora de artigos e periódicos em eventos nacionais e internacionais, citando: Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP; Congresso Íbero-Americano de Engenharia de Projetos - CIIP; Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGET; International Journal of Engineering & Technology - IJCEE; International Journal of Basic & Applied Sciences - IJBAS; International Journals of Engineering and Sciences - IJENS; International Journal of Applied Mathematical Research - IJAMR.

**CARLOS ALBERTO GONÇALVES DA SILVA** Possui graduação em Ciências Econômicas pela Faculdade de Economia e Finanças do Rio de Janeiro (1969), mestrado em Engenharia de Produção - COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (1997), mestrado em Economia e Finanças - IIAP/Universidade de Paris I (1973), doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2000), Pós-Doutorado de Verão em Economia Matemática (IMPA) (2008) e Pós-Doutorado Economia Aplicada (Universidade Federal Fluminense - UFF)(2009). Professor adjunto IV do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), tendo se aposentado em dezembro de 2013. Atuou a nível de graduação no Depto. de Engenharia de Produção (DEPRO) e a nível de Pós-Graduação no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPTEC). Atualmente Professor Visitante da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Tem experiência na área de Economia e Finanças, atuando principalmente nos seguintes temas: economia aplicada, modelos econométricos, séries temporais, avaliação de desempenho dos ativos ou portfólios, otimização de carteiras de investimentos, análise de investimento com opções reais, gerenciamento de risco, política agrícola e economia internacional. Publicou diversos artigos em periódicos e anais nacionais e internacionais.

**CARLOS FRANCISCO SIMÕES GOMES** Foi gerente de projetos e pesquisador no Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) de 1997 a 2007 (desenvolvendo durante 10 anos atividades de desenvolvimento tecnológico, nas áreas de TI, software, usabilidade interface entre outros), em 2007 foi Chefe do Departamento de Engenharia de Sistemas do, CASNAV. Posteriormente Vice-Diretor deste Centro (última função que assumiu) até 2008, quando se desligou do serviço ativo da Marinha. Tem experiência na área de Administração, Engenharia de Produção, Tecnologia da Informação (TI) e Arquitetura da Informação, com ênfase em Gestão de Risco, atuando principalmente em Decisão Multicritério e Pesquisa Operacional.

**CARLOS HENRIQUE DE OLIVEIRA** Possui graduação em Engenharia Mecânica com ênfase em Produção, especialização em Qualidade e Produtividade e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá. Atualmente é professor assistente na Universidade Federal de Itajubá-campus avançado de Itabira e atua nas áreas de Estatística, Engenharia da Qualidade, Seis Sigma e *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), onde atuou como vice-líder do projeto denominado “Identificação de gargalos em linha produtiva”. carlos.henrique@unifei.edu.br

**CAROLINE DE OLIVEIRA COSTA SOUZA ROSA** Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense em 2017. Atualmente é aluna do programa de mestrado em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Fluminense. Já atuou em projetos de pesquisa na área de Sustentabilidade, Energias Renováveis e Pesquisa Operacional.

**CLESTON ALEXANDRE DOS SANTOS** Doutorando em Ciências Contábeis e Administração pela Universidade Regional de Blumenau (FURB). Mestre em Contabilidade pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Professor do Curso de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Três Lagoas (CPTL). E-mail: [clestons@al.furb.br](mailto:clestons@al.furb.br)

**DAISY APARECIDA DO NASCIMENTO REBELATTO** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos (1984), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (1992) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1999). Atualmente é professora associada da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia Econômica, atuando principalmente nos seguintes temas: energia, infraestrutura produtiva, análise de eficiência, análise envoltória de dados e políticas públicas.

**DALESSANDRO SOARES VIANNA** Doutor em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Dalessandro atua como Professor Adjunto na Universidade Federal Fluminense (UFF) – Campus Rio das Ostras. Atualmente,

exerce as funções administrativas de vice-diretor do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT/UFF) e vice-coordenador do Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas Computacionais (MESC/UFF). É pesquisador do MESC e do Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional da Universidade Candido Mendes. Sua pesquisa inclui as seguintes áreas: pesquisa operacional; logística; metaheurísticas; inteligência computacional; programação matemática; análise multicritério à decisão e programação paralela.

**DANIEL MAGALHÃES CUMINO** Graduanda do 5º ano de Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará – UEPA. Atualmente estagiário da empresa Tim Celular S.A. no setor de Suporte dando auxílio e facilitando as operações. Anteriormente estagiário na empresa Banco do Brasil S/A, em 2015, e assistente na empresa Gás Metal Montagens, no ramo da construção civil, em 2014. Experiência no exterior, Austrália.

**DEBORA COSTA MELO** Graduanda do 4º ano do curso de Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará - UEPA. Foi aluna de mobilidade acadêmica entre 2015 e 2016 na University of Portsmouth, Inglaterra, cursando Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos. Foi estagiária na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 2014, bolsista de Iniciação Científica PIBIC/FAPESPA entre 2014 e 2015 e voluntária no Centro Acadêmico de Engenharia de Produção entre 2013 e 2014. Atualmente é estagiária de Implantação de Rede na Oi S.A.

**DIOGO CASSIN DE CARVALHO OLIVEIRA** Membro do Instituto Brasileiro de Atuária (MIBA 2214). Possui bacharelado em Ciências Atuariais pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2009) e Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (2016). Conhecimentos técnicos nas áreas de Estatística, Pesquisa Operacional, Contabilidade e Finanças. Experiência com gestão e modelagem estatística de riscos financeiros em companhias de seguros, em conformidade com os padrões contábeis brasileiros e internacionais. Experiência na área financeira e na análise de indicadores de performance. Vivência no report de informações nos padrões de relatórios financeiros internacionais (IFRS). Inglês Fluente. Atuação nas áreas de Finanças, Atuária, Séries Temporais e Estatística Multivariada.

**DIOGO DE OLIVEIRA ARAÚJO** Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro - BA. Possui interesses nas áreas de planejamento e controle da produção, gestão da qualidade e marketing. Sendo estas direcionadas à produção agrícola. Atuou em projeto de extensão com intuito de apoiar, implementar e fortalecer a qualidade de produtos agrícolas, como frutas e hortaliças.

**EDGARD THOMAS MARTINS** Doutorado em Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz, Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães- AGGEU (2010), Mestrado em Design

pela Universidade Federal de Pernambuco (2006). Pós-graduado em Engenharia Econômica e Administração Industrial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Curso de especialização em Redes de Computadores na Actim, Paris, França. Formação em Psicanálise Clínica Lacaniana pela Associação Nacional de Psicanálise Clínica ANPC, Distrito Federal. Experiência em tecnologia da Informação, Pesquisas na área de Saúde Pública, Sistemas de Computação, Segurança do Trabalho, Economia, Design, Ergonomia, Empreendedorismo. Temas: Usabilidade, Erro Humano, Ergonomia, Ergonomia, Saúde Coletiva e Saúde Pública.

**EDRA RESENDE DE CARVALHO** Graduanda em Engenharia de Produção, na Universidade do Estado do Pará (UEPA), atualmente cursando o 7º semestre/4º ano. Estagiária na área de Suprimentos na Sotreq-CAT filial Belém. Participa do grupo de pesquisa no Núcleo Integrado de Logística e Operações (NILO), na UEPA, trabalhando na produção de artigos a serem publicados em revistas e congressos. Realizou graduação sanduiche nos Estados Unidos pelo período de 1 ano (2015-2016) na instituição Milwaukee School of Engineering, localizada em Milwaukee, WI, cursando industrial and Systems Engineering. Participou do Lean Enterprise Systems Summer Program, onde aplicou conceitos e ferramentas do Pensamento Enxuto e Seis Sigma no contexto hospitalar. Tem interesse, habilidade e experiência com as seguintes áreas: logística, cadeia de suprimentos, pensamento enxuto, metodologia seis sigma e controle da qualidade. E-mail: edraresende@gmail.com

**ELIANE DA SILVA CHRISTO É**, desde janeiro de 2009, professora e pesquisadora do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. Coordenadora do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção e do Grupo de Pesquisa Operações e Sistemas de Gestão Industrial. Recebeu os títulos de Doutora e Mestre em Engenharia Elétrica na área de concentração Métodos de Apoio à Decisão pela Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio) do Rio de Janeiro, Brasil, em 2005; e graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Atualmente suas pesquisas se concentram nas áreas de Previsão de Séries Temporais e Controle Estatístico de Processo.

**EMERSON JOSÉ DE PAIVA** Possui graduação em Matemática, mestrado em Engenharia de Produção, na área de Pesquisa Operacional (Programação Não-linear) e Projeto de Experimentos e doutorado em Engenharia Mecânica na área de Projeto e Fabricação. Tem experiência em Ciência da Computação, com ênfase em Arquitetura de Sistemas e, atualmente, é professor de Otimização e Simulação da Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira. Participa do Grupo de Otimização da Manufatura, atuando no desenvolvimento de métodos de otimização estocástica multivariados e atuou como líder do projeto denominado “Identificação de gargalos em linha produtiva”. emersonpaiva@unifei.edu.br

**ERITON CARLOS MARTINS BARREIROS** Acadêmico de Engenharia de Produção pela Universidade do estado do Pará (UEPA). Estagiário em uma indústria de produção de argamassas e rejuntas, onde aperfeiçoa técnicas de produção e ordena as atividades financeiras, logísticas, e comerciais da empresa. Voluntário no Núcleo Integrado de Logística e Operações (NILO) da (UEPA), onde é responsável pela Elaboração de pesquisas (artigos e iniciações científicas) voltadas a Logística e Operações no estado do Pará. Possui participações em eventos (Encontros, simpósios e congressos) regionais, interestaduais e nacionais, com publicações nas mesmas, além de possuir trabalhos em algumas revistas. Atualmente dedica-se a pesquisas para o desenvolvendo do TCC na Área de Logística Offshore.

**FABIANA DOS REIS DE CARVALHO** Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Pará (UEPA). Já atuou em projetos de Iniciação Científica pelo PIBIC (2016). Assim como Auxiliar Técnico em uma empresa de Pré- Moldados. Atualmente está desenvolvendo o TCC na Área de Arranjo Físico Industrial.

**FABRÍCIO DA COSTA DIAS** Doutorando em Engenharia na UFF, Mestre em Engenharia Civil (UFF) e graduado em Engenharia de Produção e Química com atuação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguêz de Mello (PETROBRAS/CENPES). Atualmente trabalha na área de Gestão Empresarial, Gerenciamento de Projetos, Controle Orçamentário, Indicadores de Gestão (BSC), Controle de Bem Patrimonial, Planejamento de Projetos de Assistência Técnica Científica, Química, Auditoria de Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde Ocupacional.

**FERNANDA QUITÉRIA ARRAES PIMENTEL** Acadêmica de Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará. Cursos de Inglês e Microsoft Excel. Monitora do Laboratório de Engenharia de Produção. Artigos de previsão de demanda e de engenharia de métodos publicados no Encontro Nacional de Engenharia de Produção, de pesquisa operacional no Simpósio Nacional de Engenharia de Produção e de análise estratégica no Encontro Paraense de Engenharia de Produção.

**FERNANDO GONTIJO BERNARDES JÚNIOR** Possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (2005), Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Minas Gerais (2011) e é doutorando em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Minas Gerais. Possui experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em controle e automação, atuando principalmente nos seguintes temas: projetos de automação industrial, controle de processos, siderurgia, hidroelétricas, otimização, decisão multicritério, planejamento e gestão de instituições de ensino. Possui experiência internacional tendo trabalhado no startup e comissionamento da hidroelétrica de El Cajon - México e no desenvolvimento de rolamentos eletromagnéticos na FERL - Eslovênia.

**FRANCISCO JOCIVAN CARNEIRO COSTA JÚNIOR** Graduando em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Ceará, com foco em ferramentas de Qualidade, Business Intelligence e Melhoria de Processos. Tem experiência na aplicação ferramentas da qualidade, Lean Manufacturing, Simulação e Otimização de processos. Artigos aprovados e apresentados em congressos como o ENEGEP e o SIMPEP.

**FRANCISCO RODRIGUES LIMA JUNIOR** Engenheiro de produção com ênfase em software formado pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), com mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). Trabalhou em projetos acadêmicos e de consultoria nas áreas de gestão da produção, gestão da qualidade, gestão de resíduos e gestão de fornecimento. Publicou dezenas de artigos em eventos científicos e periódicos nacionais e internacionais. Atualmente pesquisa o uso de métodos de tomada de decisão multicritério e de inteligência artificial no apoio a problemas da área de gestão de operações e é professor e coordenador do curso de Engenharia de Produção e Qualidade do Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (UNIFEG).

**GABRIEL CARDINALI** Graduando em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira – MG, participou de projetos de extensão, dentre eles, o projeto denominado “Identificação de gargalos em linha produtiva”, onde atuou no Mapeamento do Processo e criação do modelo de simulação, com a ferramenta ProModel, originando-se, desse projeto, um bom número de trabalhos acadêmicos, apresentados nos principais eventos de Engenharia de Produção do País, como ENEGEP e SIMPEP. Tem afinidade com temas relacionados a *Lean Six Sigma*, *Green* e *Black-Belt* e *Lean Manufacturing*. Atualmente é estagiário da Coca-Cola Andina Brasil. gabu.cardinali@hotmail.com

**GABRIEL SILVA PINA** Estudante, cursando Ensino Superior de graduação em Engenharia de Produção, 7º semestre, na Universidade do Estado do Pará. Inglês Avançado. Experiência em consultoria na Holística - Empresa Júnior de Consultoria da UEPA. Atualmente, exerce o cargo de Estagiário na Oi Telecomunicações S.A

**GABRIELA MAUÉS DE SOUZA MARTINS** Graduanda em Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará (UEPA), cursando o último ano. Voluntária no Núcleo Integrado de Logística e Operações da UEPA e gerente de marketing na Holística, empresa júnior de consultoria da UEPA. Autora de artigos em anais de eventos como ENEGEP, SIMPEP E CONBREPRO. E-mail: gabrielamartins66@hotmail.com

**HAILTON BARRETO MORAIS** Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Atualmente auxilia na gestão de empreendimentos familiares. Como também, dedica-se a pesquisas para o desenvolvendo do TCC na Área de Arranjo Físico Industrial.

**HENRIQUE STEINHERZ HIPPERT** Obteve o título de Doutor em Engenharia pela PUC-Rio, na área de Métodos de Apoio à Decisão, em 2001. É atualmente Professor Associado na Universidade Federal de Juiz de Fora, onde leciona disciplinas relacionadas à Estatística, Séries Temporais e Inteligência Computacional. Principais áreas de pesquisa: desenvolvimento de métodos de previsão utilizando modelos lineares e técnicas de inteligência computacional.

**HERICK FERNANDO MORALLES** Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2007) e Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (2012). Tem experiência na área de economia, com ênfase em métodos e modelos matemáticos, econométricos e estatísticos, atuando principalmente nos seguintes temas: Econometria, Econometria espacial, Economia regional e Desenvolvimento socioeconômico, Inovação e Gestão de risco financeiro via modelo VaR (*Value-at-Risk*).

**HUDSON HÜBNER DE SOUSA** Engenheiro de Produção, formado pela Faculdade SENAI CETIQT. Durante 16 anos atuou como empreendedor no setor de Comércio Varejista. Após esse período, atuou nas áreas de Suprimentos, Engenharia de Processos e Planejamento de Negócios no Parque Gráfico do Jornal O Globo e com Supply Chain na empresa espanhola de perfumes Puig. Atualmente, atua como Analista de Produtos na multinacional americana de Tecnologia Equinix e cursa Especialização em Gestão de Operações e Serviços na UFRJ. Tem artigos publicados em eventos nacionais como o Simpósio de Engenharia de Produção (SIMEPRO) e Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP) e internacionais como Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).

**ISNARD THOMAS MARTINS** Doutor em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Mestre em Design pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e graduação em Economia pela Universidade Gama Filho. Pós-Graduação em Marketing pelo IAG, PUC-Rio. Atualmente é coordenador de Jogos de Empresas EAD da Universidade Estácio de Sá e professor pesquisador da Universidade Estácio de Sá. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia de Produção e Segurança Pública atuando principalmente nos seguintes temas: Administração, Design, Reconhecimento Facial, automação, ergonomia e ergonomia na aviação.

**JÉFFERSON JESUS DE ARAUJO** Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro - BA. Tem interesse nas áreas de Decisão Multicritério, Planejamento Estratégico, Simulação de Processos Produtivos, Controle Estatístico, Logística, Planejamento e Controle da Produção, *Lean HealthCare*, Gestão de Projetos, tanto atuando, como desenvolvendo projetos. Atualmente é estagiário da Unidade de Planejamento do

Hospital de Ensino Doutor Washington Antônio de Barros / HU-UNIVASF/EBSERH, atuando na área de Planejamento Estratégico e na Implantação do *Lean HealthCare*.

**JESSÉ ANDRADE DIAS** Técnico em Informática pela Faculdade integrada Ipiranga. Acadêmico de Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará. Atualmente estagiário da empresa Natura cosméticos ECOPARQUE. Inglês intermediário. Experiência em programação em Python, Java, Visual Basic. Conhecimento em softwares como AutoCAD, ArcGIS, CorelDraw, R, entre outros.

**JOÃO PAULO AMORIM DE SOUZA** Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro - BA. Tem interesse nas áreas de planejamento e controle da produção, simulação de processos produtivos, gestão de projeto e logística. Nível intermediário de inglês e espanhol. Atualmente é estagiário da Quick sorvetes, atuando na área de planejamento e controle da produção.

**JONATHAN COSME RAMOS** Graduando em Engenharia de Produção pelo SENAI CETIQT. Atualmente é estagiário na empresa Stratege Consultoria.

**KATHLEEN KELLY DE PAULA ARAUJO FERREIRA** Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Formada em Técnica de Logística pela Faculdades Integradas Ipiranga (2014), com bolsa no curso pelo SISUTEC. Atualmente, trabalha no Comando Geral da Polícia Militar, como Voluntária Civil na função de auxiliar da 4ª seção da PM 4 - área de Política e Planejamento de Logística da Polícia Militar. E, concentra-se no desenvolvimento do TCC na área de Logística Reversa.

**KELLY ALONSO COSTA** É, desde março de 2010, professora e pesquisadora do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. Integra o Grupo de Pesquisa Operações e Sistemas de Gestão Industrial. Defendeu a Tese de Doutorado em Engenharia Civil na área de Avaliação do Ciclo de Vida pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Brasil, em agosto de 2012; Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF); e graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense. Atualmente suas pesquisas se concentram nas áreas de Avaliação do Ciclo de Vida, Sistemas de Informação e Controle Estatístico de Processo.

**LUANA NEVES LEITE** Graduanda em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira – MG, participou de projetos de extensão, dentre eles, o projeto denominado “Identificação de gargalos em linha produtiva”, atuando na aplicação da Metodologia de Planejamento de Experimentos para a identificação de layout ideal, originando-se, desse projeto, um bom número de trabalhos acadêmicos, apresentados nos principais eventos de Engenharia de Produção do País, como ENEGEP e SIMPEP. Tem afinidade com temas relacionados a *Lean Six*



*Sigma, Green e Black-Belt e Lean Manufacturing.* Atualmente é estagiária da International Paper. luananevesleite@gmail.com

**LUCAS DI PAULA GAMA DOS SANTOS** Graduando em Engenharia de Produção pelo Universidade Federal do Vale do São Francisco, *Campus Juazeiro-BA* (2012). Tem interesse nas áreas de planejamento energético, planejamento e controle da produção, higiene e segurança do trabalho, melhoria de processos produtivos, logística, gestão de serviços, *Lean Manufacturing*, planejamento Estratégico, *Marketing* e gestão de projetos, tanto atuando, quanto desenvolvendo projetos. Busca aplicação destas áreas no setor energético, com foco em energias renováveis, bem como a gestão ambiental e ao agronegócio.

**LUCAS ERICK PEREIRA DE LIMA** Estudante, cursando Ensino Superior de graduação em Engenharia de Produção, 7º semestre, na Universidade do Estado do Pará. Inglês Avançado. Experiência em consultoria na Holística - Empresa Júnior de Consultoria da UEPA.

**MARCELLE ZACARIAS SILVA TOLENTINO BEZERRA** Graduação em Engenharia de Produção pela PUCPR - Campus Londrina (2009), MBA em Lean Manufacturing pelo SENAI/SC - Londrina (2012) e Mestrado em Engenharia de Produção UFPR (2017). Experiência na área de engenharia de produto e processos e na área de qualidade, estagiária na Amcor Flexibles (Cambé) por 1 ano nos setores de qualidade e processos com implantação de Lean Manufacturing e suas ferramentas, trainee na Cambuci - Penalty (São Paulo) no setor de marketing externo por 3 meses, responsável técnica do setor de engenharia de processos e produto por 3 anos na Sonhart Confecções Ltda (Londrina), supervisora de produto e qualidade por 1 ano na AFK Confecções (Londrina) e tutora eletrônica para orientação de TCC de Engenharia de Produção do grupo Kroton por 1 ano (Londrina). Atualmente é docente e coordenadora do curso de Engenharia de Produção da Faculdade Pitágoras Londrina.

**MARCELO GEHELE CLETO** Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná (1985), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1989) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1996), tendo permanecido por 1 ano na University of Texas at Austin / USA (doutorado sandwich). Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal do Paraná. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: produção enxuta, trabalho em grupo, internacionalização de empresas, gestão de projetos e logística.

**MARCOS ANTONIO MAIA DE OLIVEIRA** Professor Universitário e Consultor na área de Logística e Transportes. Membro Fundador do Grupo de Excelência Cadeias

Produtivas e Logística Empresarial do CRA-SP/Conselho Regional de Administração de São Paulo/SP. Avaliador de Cursos Superiores de Graduação, Graduação Tecnológica e de Instituições de Educação Superior, pelo INEP/MEC. Consultor Especialista do Conselho Estadual de Educação de São Paulo (CEE/SP). Doutor e Mestre em Administração. Graduação em Administração, em Ciências Econômicas e Logística, Formação Pedagógica em Matemática e Pós-Graduação em Logística e Gestão Pública. <http://lattes.cnpq.br/8808755400489060>

**MARCOS DOS SANTOS** Especialista em Instrumentação Matemática pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Concluiu em 2013 seu mestrado em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ. Atualmente, encontra-se em processo de doutoramento em Engenharia de Produção pela UFF. É autor de vários artigos em periódicos e eventos nacionais e internacionais. Oficial de carreira com 23 anos de serviço na Marinha do Brasil, desempenha as funções de Gerente de Projetos e Pesquisador no Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV). Além disso, é professor do curso de Engenharia de Produção do SENAI CETIQT, lecionando as disciplinas de Logística e Distribuição, Gestão da Qualidade e Pesquisa Operacional.

**MARCOS JOSÉ CORRÊA BUENO** Graduado em Ciências Econômicas e Mestre em Engenharia da produção, leciona a mais de 12 anos em cursos de Administração e Logística, em instituições como Centro Universitário Senac e Fatec Guarulhos. Trabalhou por mais de 25 anos na área de Suprimentos em empresas como papel Simão, Grupo Vicunha e Credicard.

**MARIANE CRISTINA BORGES DOWSLEY GROSSI** Bacharelada em Engenharia de Produção na instituição SENAI CETIQT. Exerceu seu período de aprendizagem na empresa Palmetal Metalúrgica LTDA, atuando no setor de suprimento e posteriormente no setor financeiro. Atualmente é parte integrante da Coordenação de Administração Funcional da Fundação Saúde do Estado do Rio de Janeiro.

**MATHEUS LANI REGATTIERI ARRAIS** Formado em Ciência da Computação pela Universidade Vila Velha (2014), pós-graduado em Gestão Estratégica de TI pela Universidade Estácio de Sá no Rio de Janeiro (2015) e mestrando em Pesquisa Operacional e Inteligência Artificial pela Universidade Cândido Mendes. Atualmente trabalha como engenheiro de redes e sistemas em Vitória-ES.

**MILTON ERTHAL JUNIOR** Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (1995), mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (1999) e doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2004). Atualmente é professor do Instituto Federal Fluminense-campus Guarus, do Centro de Pesquisa da Universidade Candido Mendes-Campos e colaborador da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Tem experiência na área de Pesquisa Operacional, com ênfase na área de Auxílio multicritério à Decisão e Gestão Ambiental.

Experiência em Entomologia, atuando especificamente em: Bioquímica, Ecologia, Comportamento e Controle biológico de insetos, usando formigas cortadeiras como modelo.

**NAIJELE JANAINA DA COSTA** Doutoranda pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar atuando na linha de pesquisa de Gestão de Tecnologia e Inovação por meio das ferramentas de Análise Envoltória de Dados, Econometria e Redes Neurais Artificiais. Possui Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos e graduação em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão (2013).

**NAJA BRANDÃO SANTANA** Possui graduação em Administração de Empresas pelo Instituto Federal da Bahia (2004), graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal da Bahia (2004), mestrado (2008) e doutorado (2012) em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo (EESC/USP) na área de Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento, tendo realizado estágio de quatro meses na Universidade de Salamanca (Espanha) no ano de 2011. No ano de 2016 finalizou o pós-doutorado no Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção na EESC/USP. Atualmente é Professora Adjunta da área de economia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus Lagoa do Sino.

**NATANAEL CARDOSO DE MACEDO** Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro - BA. Tem interesse nas áreas de Melhoria dos Processos Produtivos, Decisão Multicritério, Planejamento Estratégico, Simulação de Processos Produtivos, Controle Estatístico, Logística, Planejamento e Controle da Produção, *Lean manufacturing*, Gestão de Projetos e Marketing. Realizou um estágio no Núcleo de Inovação Tecnológica da UNIVASF, realizando trabalhos como, controle das patentes e registro de computadores, aplicação de ferramentas da qualidade, realização de um plano de marketing para divulgação do setor. Atualmente faz parte de uma equipe de projeto para a melhoria de *layout* em uma fábrica de sorvete na cidade de Petrolina-Pe.

**NAYARA GÓES REIS** Graduanda do 5º ano de Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará - UEPA. Foi estagiária no Fundo de Saúde da Polícia Militar do Pará - FUNSAU, no setor de auditoria, em 2014. Realizou trabalho voluntário na Association Internationale des Etudiants en Sciences Economiques et Commerciales - AIESEC, como gerente de projeto, em 2015, no mesmo ano também foi bolsista de Iniciação Científica PIBITI com enfoque em critérios para a caracterização de um sistema produto-serviço, realizou intercâmbio social com um projeto educacional para crianças em Bahía Blanca, Argentina, em 2016. Atualmente, é estagiária do setor de logística na empresa Eletrobrás Eletronorte.

**NELSON HEIN** Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Graduado em Matemática pela Universidade Regional de Blumenau (FURB). Professor do Programa de Pós Graduação em Ciências Contábeis da Universidade Regional de Blumenau (FURB). E-mail: [hein@furb.br](mailto:hein@furb.br)

**NEMESIO RODRIGUES CAPOCCI** Graduado em Logística pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo, 2016. Experiência: Redebras (Auxiliar de expedição - 07/2015 até 11/2016). Produção Científica:

**PAULO SÉRGIO ALMEIDA DOS SANTOS** Doutorando em Ciências Contábeis pela Universidade de Brasília (UNB). Mestre em Ciências Contábeis pela Universidade Regional de Blumenau (FURB). Graduado em Ciências Contábeis pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Professor do Curso de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). E-mail: [paulosergio.almeidasantos@gmail.com](mailto:paulosergio.almeidasantos@gmail.com)

**RAFAEL PEREIRA GUERREIRO** Estudante do 7º semestre de Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará, estagiário na área de Gestão de Serviço e com experiência na área de Logística e Manufatura enxuta. Artigos de Metodologia da Pesquisa e Programação e Controle da Produção, publicados no Encontro Nacional de Engenharia de Produção, e Pesquisa Operacional, publicado no Simpósio Nacional de Engenharia de Produção.

**RAFHAEL SOUZA E SILVA** Engenheiro de Produção Mecânica formado pela Universidade Federal do Ceará e pós-graduando de gerenciamento de processos e projetos na Faculdade Farias Brito. Tem experiência em consultorias na área de gestão da qualidade, análises e métodos de trabalho, balanceamento de linhas de montagem, gestão de estoques e análise de layout.

**REINALDO ALVES DE SÁ FERREIRA JUNIOR** Graduando o curso de Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará, ex voluntário do Núcleo Integrado de Logística e Operações, representante de vendas de intercâmbios corporativos da AIESEC em Belém, ex integrante da equipe de planejamento da empresa de consultoria VINDI Ideias e Inovação, e atual assistente de vendas da Estrela do Norte Distribuidora. Autor de artigos aprovados no SIMPEP e ENEGEP. E-mail: [reinaldo\\_jr20@hotmail.com](mailto:reinaldo_jr20@hotmail.com)

**RENATO SANTIAGO QUINTAL** Doutorando em Ambiente e Desenvolvimento (UNIVATES); Mestre em Ciências Contábeis (Faculdade de Administração e Finanças da Universidade do Estado do Rio de Janeiro); Especialista em Comércio Exterior (Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro); Especialista em Gerenciamento de Projetos (Fundação Getúlio Vargas); Bacharel em Administração

(Universidade Cândido Mendes) e em Ciências Navais, com Habilitação em Administração de Sistemas (Escola Naval). Atualmente é Oficial Superior da Ativa do Corpo de Intendentes da Marinha do Brasil e desempenha a função de Chefe do Departamento de Sistemas de Pagamento da Pagadoria de Pessoal da Marinha.

**RICARDO MARTINS DOS SANTOS** Engenheiro de produção e qualidade formado pelo Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (UNIFEG). Trabalha há 4 anos na área de planejamento e controle da produção. Durante a graduação, participou do grupo de Modelagem Matemática Aplicada à Engenharia de Produção (MAPRO), no qual desenvolveu um projeto que resultou na publicação do presente trabalho.

**ROBERT ROMANO MONTEIRO** Estudante, cursando Ensino Superior de graduação em Engenharia de Produção, 7º semestre, na Universidade do Estado do Pará. Inglês Avançado. Experiência em consultoria na Holística - Empresa Júnior de Consultoria da UEPA. Atualmente, exerce o cargo de Estagiário na Tim Celular S.A.

**ROBERTA GUEDES GUILHON CRUZ** Estudante do 7º de engenharia de produção na Universidade do Estado do Pará. Cursos de inglês, espanhol e Microsoft Excel. Artigos de previsão de demanda e programação linear publicados no Encontro Nacional de Engenharia de Produção, de Engenharia de Métodos no Encontro Paraense de Engenharia de produção e de Pesquisa Operacional no Simpósio Nacional de Engenharia de Produção.

**RODNEY REZENDE SALDANHA** Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1980), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1983) e Doutorado em Engenharia Elétrica - Institut National Polytechnique de Grenoble (1992). Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Circuitos Magnéticos, Eletromagnetismo, atuando principalmente nos seguintes temas: método de elementos finitos, cálculo de campos eletromagnéticos, métodos de programação matemática, métodos numéricos, otimização de forma em eletromagnetismo e otimização em sistemas elétricos de energia

**RODRIGO DE CARVALHO** Possui graduação em Sistemas de Informação pela Universidade Federal de Ouro Preto (2010) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (2012). Atualmente é aluno de doutorado do programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG. Tem experiência na área de Sistemas de Informação como programador e analista de sistemas. Possui formação com ênfase em Otimização, atuando principalmente nos seguintes temas: métodos heurísticos e otimização combinatória.

**RUBENS AGUIAR WALKER** Mestrado em Engenharia de Produção e Graduação em Engenharia de Produção em Mecânica. Experiência Internacional com ótimas referencias. Atuação em grandes empresas, como a Volkswagen, no setor de produção. Experiência em logística na distribuição de produtos. Implementação de treinamento e auditoria. Responsável por vendas e marketing em outras Organizações. Docente no curso de Engenharia de Produção com desenvolvimento da fábrica de brinquedos.

**SAINT CLAIR LOBATO PORTUGAL** Graduando em Engenharia de produção UEPA (Universidade do Estado do Pará). Atualmente dedica-se à pesquisa na área de segurança de trabalho a fim de elaborar seu TCC.

**SAMUEL BELINI DEFILIPPO** Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2004) e mestrado em Modelagem Computacional pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2008). Atualmente é analista de sistemas - Centralx.com e doutorando em Modelagem Computacional pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Linguagens de Programação, atuando principalmente nos seguintes temas: redes neurais, máquinas de vetores suportes e métodos de previsão.

**SONIA ISOLDI MARTY GAMA MÜLLER** Possui Bacharelado em Estatística pela Universidade Federal do Paraná (1979), mestrado em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná (1997) e doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná (2007). Experiência como professor adjunto IV da Universidade Federal do Paraná no Departamento de Estatística. Atua principalmente nos seguintes temas: séries temporais, análise multivariada, avaliação de fornecedores, redes neurais e teoria da resposta ao item.

**TALLES ORSAY DUTRA SODRÉ** Graduando do 4º ano do curso de Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará - UEPA. Ex-intercambista CAPES do programa “Ciências sem Fronteiras”, cursando “Business and Management durante 1 ano na Universidade Técnica de Munique - TUM, na Alemanha. Foi estagiário na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 2014 e voluntário no Centro Acadêmico de Engenharia de Produção entre 2013 e 2014. Atualmente é estagiário de manufatura na empresa Natura Cosméticos S.A.

**TÁRCIS FERREIRA SILVA** Graduando em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira– MG, esteve por 3 anos no projeto Empresa Júnior, atuando como consultor júnior na área de gestão da produção e no departamento financeiro da própria empresa. Vem desenvolvendo pesquisas em análise e otimização de processos produtivos, atuando efetivamente no projeto denominado “Identificação de gargalos em linha produtiva”, utilizando mapeamento de processos, modelagem e simulação. Em 2016, ingressou como estagiário na

empresa Alcoa Alumínio S/A e, atualmente, trabalha na tesouraria da Arconic Indústria e Comércio de Metais Ltda. [tarcistfs@gmail.com](mailto:tarcistfs@gmail.com)

**THAIS APARECIDA TARDIVO** Graduando em Logística na Faculdade de Tecnologia de Guarulhos, 2017. Experiência: Aché Laboratórios Farmacêuticos SA (Assistente Administrativo Jr – Atual).

**WILLIAN HENSLER SANTOS** Graduando em Logística na Faculdade de Tecnologia de Guarulhos, 2017. Experiência: Flatel Logística (Assistente de Logística – Atual). Cursos: Mecânica Geral (Instituto Dom Bosco – 800 horas); Treinamento: SAP Foundation (MDL Consulting – 8 horas).

**YAN FILIPY MOREIRA CORREA** Graduando do 5º ano de Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará - UEPA. Em 2014, foi bolsista de iniciação científica PIBITI com foco na elaboração de indicadores para a Economia Verde do Estado do Pará. Como trabalhos voluntários, foi instrutor no Centro de Democratização da Informática (CDI) e atualmente atua como Diretor Presidente da Empresa Junior de Engenharia e Tecnologia do CNTT. Por fim, desde o Dezembro de 2015 é estagiário na Raízen Combustíveis.

**YVELYNE BIANCA IUNES SANTOS** Doutora em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pelo Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Pesquisadora nas áreas de sustentabilidade e otimização de processos produtivos. Professora dedicação exclusiva da Universidade do Estado do Pará. Membro do Comitê Científico Interno da UEPA. Autora de programas computacionais, capítulos de livros, artigos em periódicos e em anais de eventos. Membro do Grupo de Pesquisa Núcleo de Pesquisa Aplicada ao Desenvolvimento Regional (NUPAD) e do Grupo Gestão de Sistemas Logísticos e de Sistemas Produtivos para o Desenvolvimento Regional.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-93243-25-7

