

# Princípios e Aplicações da Computação no Brasil 2

Ernane Rosa Martins  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2019

**Ernane Rosa Martins**

(Organizador)

**Princípios e Aplicações da Computação  
no Brasil  
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: Geraldo Alves e Natália Sandrini

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)

P957 Princípios e aplicações da computação no brasil 2 [recurso eletrônico] / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Princípios e aplicações da computação no brasil; v. 2)

Formato: PDF

Requisito de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-048-3

DOI 10.22533/at.ed.483191601

1. Computação. 2. Informática. 3. Programação de computador.  
I. Martins, Ernane Rosa. II. Título. III. Série.

CDD 004

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

## APRESENTAÇÃO

O volume 2 desta obra aborda mais 16 capítulos sobre o panorama atual da computação no Brasil. Tendo como alguns dos assuntos abordados nos capítulos: ensino de raciocínio lógico, desenvolvimento de sistema computacional, micromobilidade em redes sem fio, usabilidade e acessibilidade de sistemas, qualidade da informação, tecnologias de análise de aprendizagem, redes neurais artificiais, análise de vibração, algoritmos evolucionários, sistemas inteligentes e acessibilidade móvel.

Deste modo, esta obra reúne debates e análises acerca de questões relevantes, tais como: Como está o estado da arte da análise de aprendizagem preditiva, nova proposta de um framework para previsão de desempenhos em programação e quais os caminhos para avançar nessas pesquisas? É possível realizar uma modelagem computacional, analisando os parâmetros espaciais relevantes na tomada de decisão, utilizando técnicas de redes neurais artificiais? Quais são os principais desafios, no cenário nacional, a fim de estabelecer e manter um Sistema de Gestão de Segurança da Informação? Uma proposta de um agente testador que realiza busca local no espaço de estados de casos de teste orientado por utilidade e que utiliza os algoritmos evolucionários multiobjetivos, NSGAI, SPEA2, PAES e MOCeII pode identificar quais deles são mais eficientes na geração de casos de testes para agentes racionais? Como realizar uma pesquisa científica que identifique os requisitos desejáveis para desenvolver uma aplicação móvel touch screen, que vise auxiliar a alfabetização de deficientes visuais?

Nesse sentido, este material tem grande relevância por constituir-se numa coletânea de referência para pesquisas e estudos da computação, tendo como objetivo reunir trabalhos acadêmicos que permitam contribuir com análises e discussões sobre assuntos pertinentes à área. Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente aos autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada. Por fim, desejamos aos leitores que esta obra, seja de extrema importância para todos que vierem a utilizá-la.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ENSINO DE RACIOCÍNIO LÓGICO E COMPUTAÇÃO PARA CRIANÇAS: EXPERIÊNCIAS, DESAFIOS E POSSIBILIDADES (XXXVII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO   250 WEI - WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO)	
<i>Thâmillys Marques de Oliveira</i> <i>Willmara Marques Monteiro</i> <i>Fábio Cristiano Souza Oliveira</i> <i>Danielle Juliana Silva Martins</i> <i>Alessandra da Silva Luengo Latorre</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4831916011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA COMPUTACIONAL PARA AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS AMBIENTAIS REMOTAMENTE.	
<i>Jucivaldo Araujo Ferreira Junior</i> <i>Rardiles Branches Ferreira</i> <i>Rodrigo Da Silva</i> <i>Julio Tota da Silva</i> <i>Samuel Alves de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4831916012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
CARACTERIZAÇÃO DA MICROMOBILIDADE EM REDES SEM FIO INFRAESTRUTURADAS PELA VARIAÇÃO DA RELAÇÃO SINAL-RUÍDO	
<i>Kerlla Souza Luz Prates</i> <i>Priscila América Solís Mendez</i> <i>Barreto Henrique Domingues Garcia</i> <i>Mylène Christine Queiroz de Farias</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4831916013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ACESSIBILIDADE DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE REFEITÓRIOS DO IFPI – CAMPUS FLORIANO	
<i>Samuel de Araújo Fonseca</i> <i>Antonio Rodrigues de Araújo Costa</i> <i>Neto Carlos Eduardo Moreira Borges</i> <i>Hugo Araújo Gonçalves</i> <i>Paulo Miranda e Silva Sousa</i> <i>Rennê Stephany Ferreira dos Santos</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4831916014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>39</b>
AVALIAÇÃO DA APREENSIBILIDADE E DA QUALIDADE DA INFORMAÇÃO EM SAÚDE COM O SOFTWARE SPINEFIND	
<i>Carine Geltrudes Webber</i> <i>Asdrubal Falavigna</i> <i>Caio Rodrigues da Silva</i> <i>Marco Antonio Koff</i> <i>Natália Lisboa</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4831916015</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 54**

AS TECNOLOGIAS DE ANÁLISE DE APRENDIZAGEM E OS DESAFIOS DE PREVER DESEMPENHOS DE ESTUDANTES DE PROGRAMAÇÃO

*Márcia Gonçalves de Oliveira*

**DOI 10.22533/at.ed.4831916016**

**CAPÍTULO 7 ..... 67**

ANÁLISE E MODELAGEM DA RELAÇÃO INTERPESSOAL EM ESPORTES COLETIVOS UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

*Tadeu Nogueira Costa de Andrade*

*Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro*

*Menuchi Paulo Eduardo Ambrósio*

**DOI 10.22533/at.ed.4831916017**

**CAPÍTULO 8 ..... 75**

ANÁLISE DOS DESAFIOS PARA ESTABELECEER E MANTER SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO

*Rodrigo Valle Fazenda*

*Leonardo Lemes Fagundes*

**DOI 10.22533/at.ed.4831916018**

**CAPÍTULO 9 ..... 87**

ANÁLISE DE VIBRAÇÃO COM CONTROLE DE MEDIÇÃO UTILIZANDO O FILTROS ESTATÍSTICOS

*Karla Melissa dos Santos Leandro*

*Iago Ferreira Lima*

*Werley Rafael da Silva*

*Marco Paulo Guimarães*

*Marcos Napoleão Rabelo*

**DOI 10.22533/at.ed.4831916019**

**CAPÍTULO 10 ..... 96**

ANÁLISE DE REDE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA COMO FERRAMENTA NA GESTÃO DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO

*Aurelio R. Costa*

*Celia Ghedini Ralha*

**DOI 10.22533/at.ed.48319160110**

**CAPÍTULO 11 ..... 109**

ALGORITMOS EVOLUCIONÁRIOS MULTI OBJETIVOS PARA A SELEÇÃO DE CASOS DE TESTE PARA SISTEMAS INTELIGENTES

*Daniel Victor Saraiva*

*Francisca Raquel de Vasconcelos Silveira*

**DOI 10.22533/at.ed.48319160111**

**CAPÍTULO 12 ..... 124**

ACESSIBILIDADE MÓVEL PARA ALFABETIZAÇÃO DE DEFICIENTES VISUAIS: PROPOSTA INICIAL DE UM PROTÓTIPO

*Jenifer Melissa de Paula*

*José Valter Amaral de Freitas*

*Thatiane de Oliveira Rosa*

**DOI 10.22533/at.ed.48319160112**

**CAPÍTULO 13..... 129**

AÇÃO PARA INCENTIVAR MENINAS DO ENSINO MÉDIO A CURSAR CARREIRAS TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO GRANDE DO NORTE

*Idalmis Milián Sardina*  
*Cristiano Maciel*  
*Midori Hijjoka Camelo*  
*Hortensia Sardina Miranda*

**DOI 10.22533/at.ed.48319160113**

**CAPÍTULO 14..... 137**

A TÉCNICA OC2-RD2 COMO UMA PRÁTICA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE PROGRAMAÇÃO DE COMPUTADORES

*Karina Buttignon*  
*Ítalo Santiago Vega*  
*Jonhson de Tarso Silva*  
*Adriano Carlos Moraes Rosa*

**DOI 10.22533/at.ed.48319160114**

**CAPÍTULO 15..... 149**

A DECADE OF SOFTWARE ENGINEERING BEST PRACTICES ADOPTION IN SMALL COMPANIES:  
A QUASI-SYSTEMATIC MAPPING

*Alex Juvêncio Costa*  
*Juliana De Albuquerque Gonçalves*  
*Saraiva Yuska Paola Costa Aguiar*

**DOI 10.22533/at.ed.48319160115**

**CAPÍTULO 16..... 162**

INVENTORYIOT I<sup>2</sup>OT: UMA PLATAFORMA DE GERENCIAMENTO AUTOMATIZADO DE INVENTÁRIO

*Jauberth Weyll Abijaude*  
*Péricles de Lima Sobreira*  
*Aprígio Augusto Lopes Bezerra*  
*Fabiola Greve*

**DOI 10.22533/at.ed.48319160116**

**SOBRE O ORGANIZADOR ..... 177**

## ANALISE DE VIBRAÇÃO COM CONTROLE DE MEDIÇÃO UTILIZANDO O FILTROS ESTATÍSTICOS

### **Karla Melissa dos Santos Leandro**

Universidade Federal de Goiás,  
karlamelissaleandro@gmail.com

### **Iago Ferreira Lima**

Universidade Federal de Goiás, iflima21@  
hotmail.com

### **Werley Rafael da Silva**

Universidade Federal de Goiás, werleyrafael2@  
gmail.com

### **Marco Paulo Guimarães**

Universidade Federal de Goiás, mp-gui@uol.  
com.br

### **Marcos Napoleão Rabelo**

Universidade Federal de Goiás, rabelo@dm.  
ufpe.br

**RESUMO:** Este trabalho apresenta um método estatístico de controle de processos, baseado no Filtro EWMA. O principal objetivo é suavizar flutuações de valores de curto prazo e destacar tendências ou ciclos de longo prazo, por meio do teste de diferentes valores do parâmetro  $\lambda$ . Será utilizado à estatística EWMA de duas maneiras: Sendo ferramenta para o controle do processo restrito por limites estabelecidos, e como Filtro Estatístico para estimar valores de média monitorando o processo. Um sistema para diagnosticar vibrações, incluí um sensor de vibração acoplado a uma barra metálica sendo influenciada por um motor, usado para medir a

amplitude do sinal de vibração. O objetivo pode ser alcançado, quando montamos uma bancada específica para medir a vibração de pequenas peças, posteriormente, foi medido o valor de aceleração e no passo seguinte aplicamos os valores ao Filtro EWMA. O modelo proposto contempla os objetivos, aos quais analisam a forma e a magnitude do sinal de vibração em torno da aceleração, com auxílio de uma metodologia aplicada ao controle estatístico de processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** sensor de vibração, filtro EWMA, controle estatístico.

### 1 | INTRODUÇÃO

A análise de vibração é uma tecnologia estabelecida para medir o comportamento de componentes mecânicos em máquinas rotativas. Toda máquina rotativa exibe uma característica específica de vibração que varia com o projeto de fabricação, aplicação e desgaste de cada componente. A vibração pode ser gerada por diversos fatores relacionados à máquina, incluindo, por exemplo, problemas em rolamentos, o desgastes de esferas, desequilíbrio de rotores e ao desalinhamento de engrenagens (DISTER; DISCENZO; LOPARO, 2001).

O monitoramento de vibrações é

importante para reduzir a desmontagem periódica de uma máquina para inspeção e reduzir consideravelmente a probabilidade de falhas catastróficas nos equipamentos, pode ser usado como controle de calibração e possui uma forte relação entre custo e benefício para as empresas. Este estudo é composto pela soma dos sinais de vibração produzidos e/ou transmitidos por meio de cada componente da máquina. Obtendo estes dados, é possível explorar as aplicações da estatística EWMA, para o monitoramento de medições em um processo de simulação, onde testamos diferentes parâmetros para detectar os limites de controle do processo. Com esta finalidade apresentamos o gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada, desta forma, caso obtenhamos valores fora dos limites pré-estabelecidos pelo gráfico, sinalizaremos a observação de modo que concluiremos se o processo esta ou não fora de controle estatístico.

O controle de processos pode ser realizado elaborando estratégia de monitoramento. Isto é necessário, pois, o sistema mecânico esta sujeito a distúrbios dinâmicos que são classificados como vibrações. Neste trabalho foi feita a medição de valores de aceleração e a investigação foi feita utilizando o filtro de estatístico EWMA (*Exponential Weighted Moving Average*). Segundo Wieringa (1999) o método EWMA apresenta-se como uma maneira prática de acompanhar processos industriais, portanto testamos a estatística EWMA como ferramenta de controle de duas formas: Sendo um processo que armazena os dados em um banco de dados e posteriormente se expressa o gráfico de controle; e como meio de acompanhar processos industriais em tempo real, denominado EWMA como preditor de nível do processo.

Este artigo, esta elaborado de maneira que no Capítulo um houvesse uma introdução acerca dos estudos específicos de vibrações em estruturas, com uma breve seção expondo trabalhos correlatos. No Capítulo dois iremos apresentar o Filtro EWMA. No Capítulo três é expresso à metodologia do trabalho e por fim, no Capítulo quatro iremos apresentar os resultados e discussão.

## 2 | TRABALHOS CORRELATOS

O primeiro controle de vibração começou com métodos passivos. No início da década de 1980, Jr, Gunnels e Jr (1981) utilizou o controlador passivo e discutiu o potencial de um lançador de foguetes. Eles instalaram um componente elástico na ponta do lançador e utilizaram imperfeições do foguete, por exemplo, desalinhamento de impulso e excentricidade em massa, para provocar a vibração do sistema lançador/foguete, que pode, por sua vez, levar ao distúrbio inicial do foguete. Então, a deflexão balística devido o foguete pode neutralizar as imperfeições associadas a ele, isso ocorre devido ao distúrbio inicial ao otimizar os parâmetros do sistema (VIBRATION , 2018).

As vibrações livres e forçadas de chapas anulares finas elásticas acopladas e

estruturas de casco cilíndricas são utilizadas para descrever equações de movimento de segmentos e placas, respectivamente. Independentemente das condições de limite e continuidade, os deslocamentos de membros individuais são expressos como diferentes formas de funções de onda, em vez de polinômios ou funções trigonométricas. Além disso, também são estudados os efeitos de placas anulares, acoplamento elástico e condições de contorno, excitação e amortecimento. Os resultados mostram que o deslocamento normal da placa anular afeta principalmente as vibrações livres das estruturas acopladas, enquanto o deslocamento tangencial tem o maior efeito nas vibrações forçadas (XIE et al., 2017).

### 3 | EWMA (EXPONENTIAL WEIGHTED MOVING AVERAGE)

#### 3.1 Planejamento do Gráfico de Controle

A estratégia de controle baseia-se na previsibilidade de futuras medições a partir de dados históricos. Cada nova medida padrão de verificação é plotada no gráfico de controle. Espera-se que esses valores estejam dentro dos limites de controle se o processo não for perturbado. Medições que excedem os limites estabelecidos, provavelmente estão fora de controle e requerem medidas corretivas. Possíveis causas de sinais fora de controle precisam ser entendidas no desenvolvimento de estratégias para lidar com valores fora dos limites esperados. No processo corrente, a incidência de violações devem ser alertadas ao engenheiro de controle demonstrando que ocorreu uma mudança no processo, possivelmente devido a danos ou variações no valor de um padrão de referência (SEMATECH, 2017).

O gráfico de controle deve ser visto na sua totalidade regularmente para identificar a deriva ou mudança no processo. A estatística EWMA faz parte de um conjunto de ferramentas utilizadas no controle estatístico de processos, é conhecido por fazer parte da análise gráfica de controle Shewhart, sendo que é possível identificar mudança nos processos na ordem de  $1.5\sigma$ , desta forma é examinada a parcela das medidas de controle ao longo do tempo. Uma reanálise dos dados pode mostrar que os limites de controle do gráfico foram violados e medidas devem ser tomadas (SEMATECH, 2017).

A equação para representar o gráfico de média móvel exponencialmente ponderada é definida como:

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)z_{i-1} \quad (1)$$

Onde  $0 < \lambda \leq 1$  é uma constante e o valor inicial  $z_0 = \mu_0$ , logo podemos substituir  $z_{i-1}$  na Eq. (1) para obter a Eq. (2). Em algumas aplicações os valores de  $\lambda$  estão no intervalo  $0.05 < \lambda \leq 0.25$ , neste artigo varemos uma exposição dos valores de  $\lambda$  mais utilizados. Uma forma para detectar menores mudanças é utilizar o valor de  $\lambda$  entre o

intervalo dado (MONTGOMERY, 2007). Segundo Hunter (1986) A constante determina a “memória” do Filtro Estatístico EWMA. Isto é,  $\lambda$  determina os rumos de decadência dos pesos e acentua a amostragem das informações protegidas dos dados históricos. Outro parâmetro que necessita ser modelado na estatística EWMA é a variável L onde usualmente é usado valores em torno de 3 que significa os limites de 3 sigmas usuais, neste trabalho utilizamos o valor que compreende a faixa do intervalo  $2.6 < \lambda \leq 2.8$ .

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)[\lambda x_{i-1} + (1 - \lambda)z_{i-2}] \quad (2)$$

Obtemos:

$$z_i = \lambda x_i + \lambda(1 - \lambda)x_{i-1} + ((1 - \lambda)^2)z_{i-2} \quad (3)$$

Ao continuar substituir recursivamente (MONTGOMERY, 2007),  $z_{i-j}$ ,  $j = 2, 3, \dots, t$  teremos:

$$z_i = \lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j x_{i-j} + (1 - \lambda)^i z_0 \quad (4)$$

Os pesos  $\lambda(1 - \lambda)^j$  decrescem geometricamente com a idade da média amostral. Além disso, os pesos tem soma igual a 1 (MONTGOMERY, 2007):

$$\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j x_{i-j} = \lambda \frac{1 - (1 - \lambda)^i}{1 - (1 - \lambda)} = 1 - (1 - \lambda)^i \quad (5)$$

Se a observação  $x_i$  é variável aleatória então a variância relacionada a  $z_i$  é dada por:

$$\sigma_{z_i}^2 = \sigma^2 \left( \frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (6)$$

Finalmente do Gráfico de Controle EWMA é dado por:

$$LSC = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (7)$$

$$\mu_0 = \bar{x} \quad (8)$$

$$LIC = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (9)$$

### 3.2 EWMA como Preditor do Nível de Processo

A estatística EWMA não é empregada apenas para monitorar um processo e detectar a presença de causas atribuíveis que resultem em mudança no processo, ela pode ser aplicada para fornecer uma previsão de onde estará a média do processo no próximo intervalo de tempo (MONTGOMERY, 2000). Ou seja,  $z_i$  é uma previsão do valor da média no processo  $i + 1$ , logo a Eq. (1) pode ser modificada se considerarmos  $z_{i-1}$  como previsão da média do processo no período  $i$ , denominamos o erro de previsão

como sendo  $x_i - z_{i-1}$  logo temos:

$$z_i = z_{i-1} + \lambda e_i \quad (10)$$

Utilizando os valores de  $\lambda$  para ponderar o erro no tempo  $i$  chegamos a seguinte modificação:

$$z_i = z_{i-1} + \lambda_1 e_i + \lambda_2 \sum_{j=1}^i e_j + \lambda_3 \nabla e_i \quad (11)$$

De acordo com Montgomery (2000) ao utilizarmos a estatística EWMA,  $z_i$  como uma previsão da média do processo no tempo  $i + 1$  plotamos o gráfico um período a frente. Isto devido a necessidade de visualizar quanta diferença existe entre a observação corrente e a estimativa.

#### 4 | METODOLOGIA

Para a realização desse método experimental de análise de vibrações, foi acoplado uma chapa metálica de alumínio de dimensões de 230mm de comprimento, 33.24mm de largura, e 1.18mm de espessura, em um suporte de madeira, sendo que 85mm do seu comprimento ficou fixo no suporte e 145mm ficou em balanço. Posteriormente sobre a parte da chapa que fica em balanço, foi acoplado um motor de corrente contínua, fixado na ponta de seu eixo e descentralizado um parafuso de dimensões 3.5mm de diâmetro, e seu comprimento 14mm. O objetivo desse parafuso é provocar um desbalanceamento, gerando uma maior frequência de oscilação na régua. Esse motor foi alimentando por uma fonte geradora de tensão modelo DC POWER SUPPLY FA-3003 marca instrutherm, fixando sua tensão de saída em 6.7V. Para a medição da aceleração, fixamos um acelerômetro GY-61 ADXL335 com alimentação de 1.8V a 3.6V, na extremidade da chapa em balanço. Esse acelerômetro é um sensor que realiza medições em três dimensões, sendo considerado apenas um eixo, nomeado eixo Z, mediante oscilação gerada pelo motor. Para alimentação do acelerômetro foram utilizadas duas pilhas Panasonic Super Hyper AA 1.5 volts cada, associadas em série, somando uma tensão medida pelo multímetro MD-1200 da ICEL de 3.17V.

O cabo de ligação do eixo Z do acelerômetro foi ligado em uma protoboard de 1680 pontos modelo MP1680 marca Minipa na qual, foi montado um filtro RC passa alta, utilizando um resistor de 1K $\Omega$ , e um capacitor eletrolítico de 47 $\mu$ F, com o objetivo de filtrar o sinal DC que interfere na forma de onda senoidal.

De posse dessa plataforma montada, a saída do eixo Z, já interligada ao filtro, foi ligada ao canal AI1 da placa de aquisição de dados NI USB-6008 da National Instrumentes e o passo seguinte foi extrair os dados para aplicação do Filtro EWMA. A Figura 1 mostra a plataforma montada e a placa de aquisição de dados:

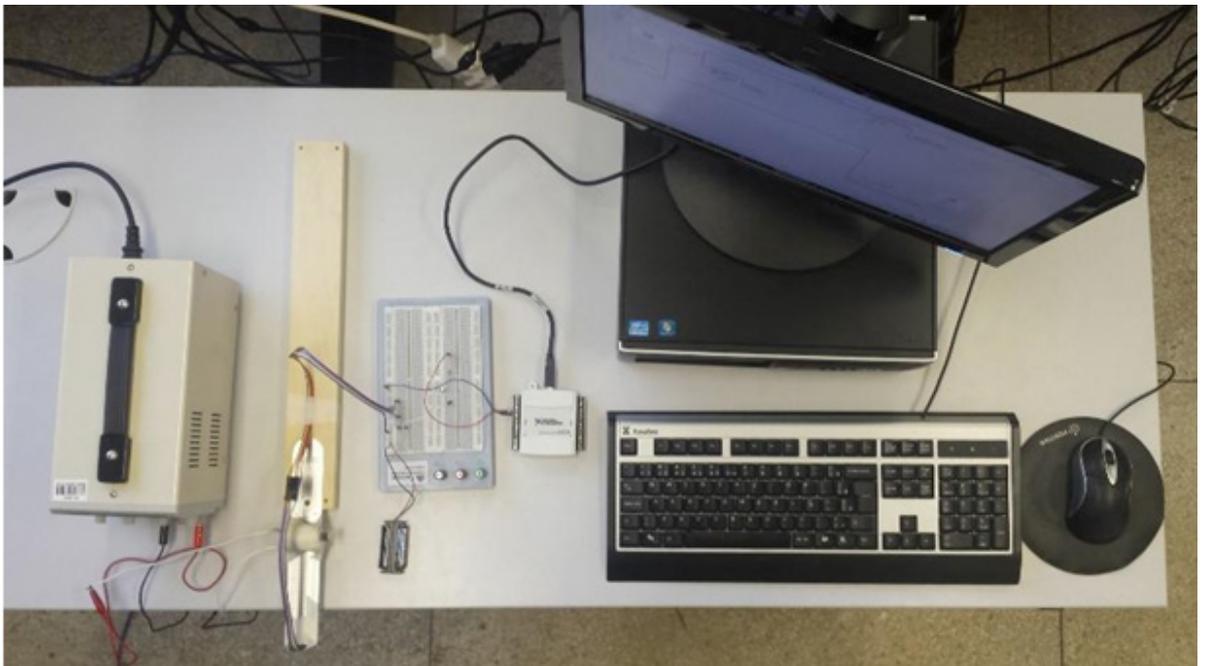


Figura 1: Plataforma de aquisição de sinal de vibração  
(Fonte: Os autores)

Com o auxílio de um software para leitura do sinal fornecido pela placa de aquisição de dados, foi montado um diagrama de blocos, onde posteriormente, gerou-se o arquivo de tempo *versus* aceleração, em seguida estes dados foram inseridos ao computador para posterior tratamento.

A Figura 2 a seguir exemplifica o processo montado em diagrama de blocos:

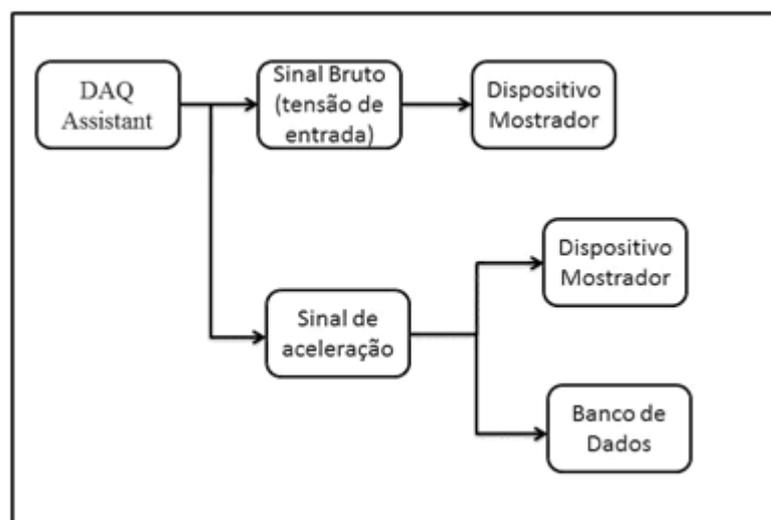


Figura 2: Diagrama de blocos referente ao projeto criado  
(Fonte: Os autores)

O bloco *DAQ Assistant* indica o *software* do *driver* da placa de aquisição de dados utilizada na plataforma. A partir do sinal enviado pelo acelerômetro, a placa emite o sinal bruto, representado pela tensão de entrada no canal da placa em que foi

ligado o sensor, gerando um gráfico de tensão *versus* tempo.

Ao mesmo tempo, o bloco faz a leitura do sinal de aceleração, dado em  $rad/s^2$ , por meio deste projeto foi extraído cerca de 5.000 valores para o banco de dados, posteriormente, inicia-se o tratamento dos dados pelo filtro.

## 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a Figura 3 pode-se observar que os valores referentes a medição, sinaliza nas observações que se sobressaem a linha representada por LSC e LIC, ou seja, assinala um processo fora de controle estatístico para  $\lambda = 0.05$ , desta maneira  $\lambda = 0.05$  atribuí menor peso aos dados a medida que o processo transcorre. Entretanto ao aumentar o parâmetro  $\lambda$  o processo poderá melhorar sua adequação aos limites LSC e LIC.

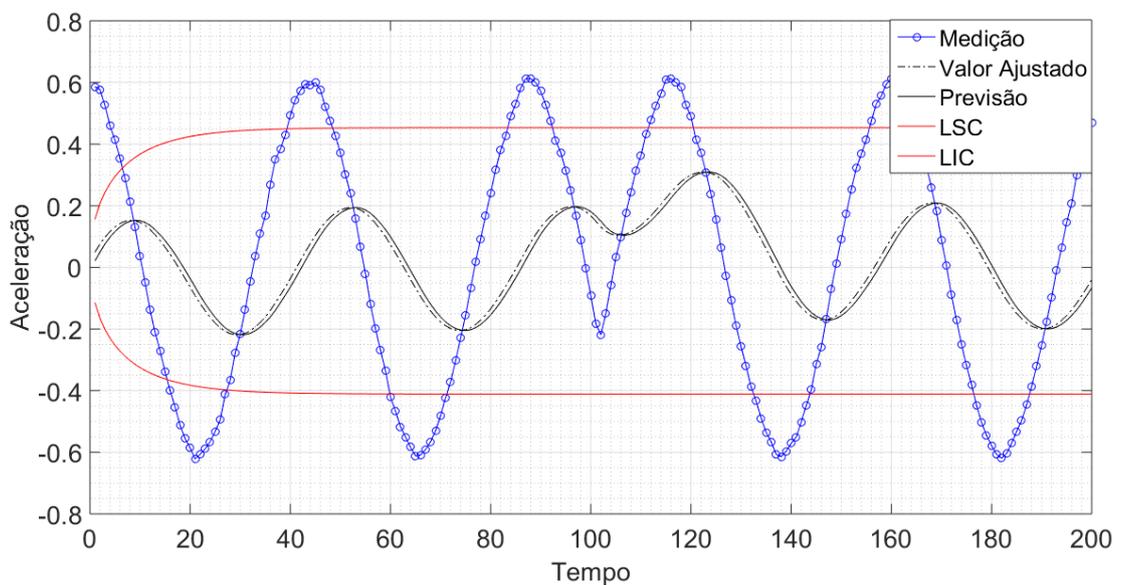


Figura 3: Gráfico de controle EWMA com  $\lambda = 0.05$

(Fonte: Os autores)

Na Figura 3 o valor de  $\lambda = 0.10$  atribui a cada peso um multiplicador constante, isso garante uma variação ponderada ou tendenciosa em relação a outros dados mais recentes. Portanto se pudéssemos quantificar a “memória” específica da estatística EWMA seria 0.10. Ao aumentar o valor da variável  $\lambda$ , temos uma diminuição expressiva dos valores de pico sobressalentes referente a medição. Mesmo sendo em pequena quantidade, ainda encontramos etapas do processo de medição com valores descontrolados estatisticamente.

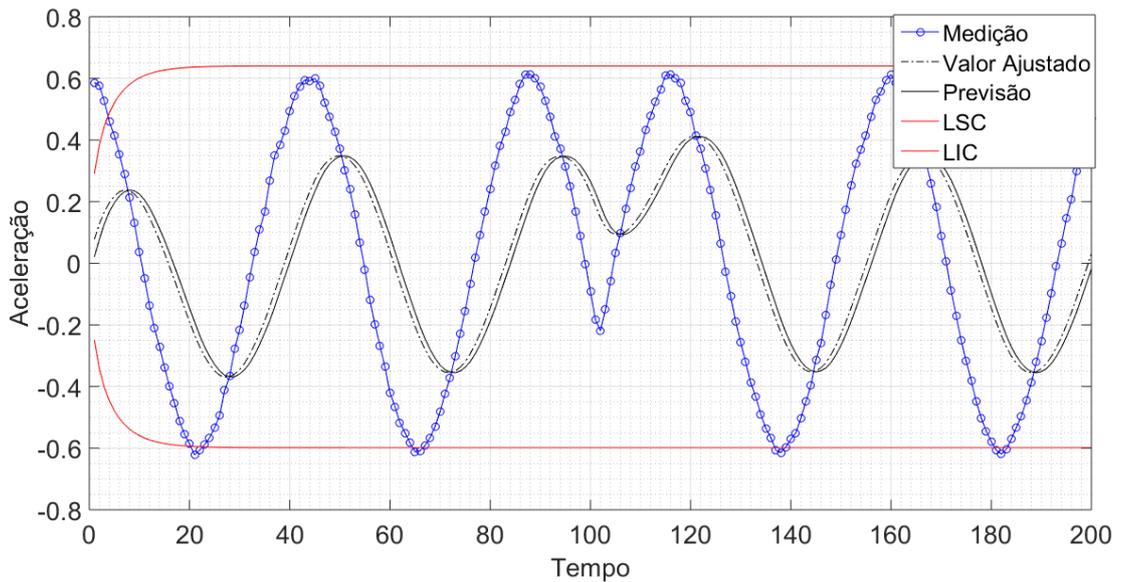


Figura 4: Gráfico de controle EWMA com  $\lambda = 0.10$

(Fonte: Os autores)

Na Figura 5 nota-se que todo o processo está controlado estatisticamente, incluindo a curva representada pelo EWMA sendo utilizado como ferramenta para controle e pela curva indicada como Filtro Estatístico para estimativa de processo de produção.

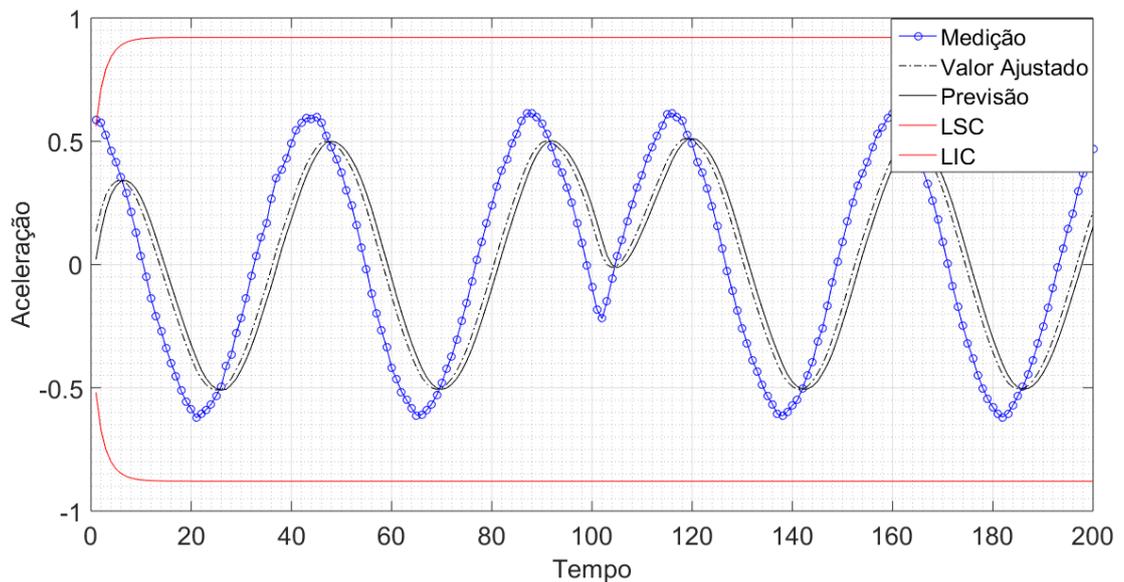


Figura 5: Gráfico de controle EWMA com  $\lambda = 0.20$

(Fonte: Os autores)

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da Estatística EWMA como ferramenta para análise do processo de medição fornece bons resultados para o controle estatístico dos dados. Empregamos

seu uso de duas formas: uma sendo para o controle de processos industriais e outra para controle em tempo real de medições. Foi testado diferentes valores de  $\lambda$ , esta necessidade mostrou-se clara nas Figuras 3, 4 e 5 onde constatamos que conforme se aumentou o valor do parâmetro  $\lambda$ , respeitando o intervalo citado na Seção 2, ou seja, o processo se adequou melhor aos limites estabelecidos por LSC e LIC.

A Escolha do valor de  $\lambda$ , define o decaimento exponencial escalar dos dados e controla a quantidade de influência que observações anteriores, ou seja, para valores  $\lambda$  pequenos, as observações recentes afetam a estimativa prontamente. Para valores  $\lambda$  mais próximos de um, a estimativa muda lentamente com base em mudanças recentes nos retornos da variável, isto devido a esses valores colocarem quase todo o peso na observação atual, de forma análoga, valores de  $\lambda$  perto de zero, geram um pequeno peso aplicado a quase todas as observações passadas. O fato dos pesos diminuírem exponencialmente é o motivo pelo qual ele é chamado de forma exponencial.

Concluimos que o teste de diferentes valores de  $\lambda$ , convence com sua aplicabilidade aos gráficos apresentados e pela forma como foi tratado os dados. Também consolida-se a pratica da estatística EWMA como ferramenta de predição sendo que após a captação dos dados pelo sensor, obtemos a estimativa do estado atual. Logo podemos caracterizar o processo de medição acoplado a um Filtro EWMA como um processo online onde a nova medição (também chamada de observação) é processada assim que ela é recebida.

## REFERÊNCIAS

- DISTER, C.; DISCENZO, F.; LOPARO, K. *Machine diagnostic system and method for vibration analysis*. Google Patents, 2001. US Patent 6,289,735. Disponível em: <<https://www.google.com/patents/US6289735>>.
- HUNTER, J. S. The exponentially weighted moving average. *J. Quality Technol.*, v. 18, n. 4, p. 203–210, 1986.
- JR, J. E. C.; GUNNELS, R. T.; JR, R. K. M. *Rocket Launchers as Passive Controllers*. [S.l.], 1981.
- MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2000.
- MONTGOMERY, D. C. *Introduction to statistical quality control*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007.
- SEMATECH nist. *Monitoring bias and long-term variability*. 2017. Acesso em: 15/06/2017. Disponível em: <<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/mpc/section2/mpc223.htm>>.
- VIBRATION control of uncertain multiple launch rocket system using radial basis function neural network. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 98, p. 702 – 721, 2018.
- WIERINGA, J. Statistical process control for serially correlated data. 1999.
- XIE, K. et al. Wave based method for vibration analysis of elastically coupled annular plate and cylindrical shell structures. *Applied Acoustics*, v. 123, p. 107 – 122, 2017.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-048-3



9 788572 470483