

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO “EURÍPIDES DE MARÍLIA” - UNIVEM
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JULIANI ROSA REGUINI

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA SÉRIES TEMPORAIS

MARÍLIA

2015

JULIANI ROSA REGUINI

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA SÉRIES TEMPORAIS

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Fundação de Ensino "Eurípides Soares da Rocha" mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador:

Profº Ms. Allan Cesar Moreira de Oliveira

Coorientador:

Profº Dr. Paulo Augusto Nardi

MARÍLIA

2015

REGUINI, Juliani Rosa

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA SÉRIES

TEMPORAIS / Juliani Rosa Reguini; orientador: Prof. Ms. Allan Cesar Moreira de Oliveira. Marília, SP: [s.n.], 2015.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Centro
Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides
Soares da Rocha.

“As pessoas que vencem neste mundo são as que procuram as circunstâncias de que precisam e, quando não as encontram, as criam.”

George Bernard Shaw

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por me proporcionarem bons estudos, por me guiarem pelo caminho certo, por estarem presentes na minha vida, pelo apoio e total confiança nestes quatro anos de trabalho e dedicação.

Aos meus amigos de perto e os que estão longe, me incentivaram mais que tudo e torceram por mim. E ao meu namorado Gustavo pelo esforço e companheirismo, que me ajudou de tantas maneiras desde o início.

Agradeço também ao meu orientador e coorientador pela paciência, que me encaminharam desde o início para os resultados desse trabalho, e mesmo distante continuou com toda atenção e determinação. E aos demais professores pela qualidade de ensino, onde é fundamental para o nosso crescimento.

Sumário

Lista de Tabelas	9
Lista de Siglas	10
Resumo	11
Abstract	12
INTRODUÇÃO	13
Problema/Motivação	14
Solução/Proposta.....	14
Objetivos Gerais e Específicos.....	14
Metodologia.....	14
CAPÍTULO 1 – CONCEITOS BÁSICOS DE SÉRIES TEMPORAIS	17
CAPÍTULO 2 – MÉTODOS UTILIZADOS	19
2.1. Médias Móveis	19
2.1.1. Estudo de caso.....	20
2.1.2. Exemplo Aleatório	23
2.2. Suavização Exponencial.....	31
2.2.1. Estudo de caso.....	33
2.2.2. Exemplo Aleatório	34
2.3. Análise de Ondaletas (Wavelets)	45
2.3.1. Estudo de caso.....	46
2.3.2. Exemplo Aleatório	47
CAPÍTULO 3 – COMPARAÇÕES COM FUNÇÕES GENÉRICAS	53
3.1. Análise Função 1º Grau	53
3.2. Análise Função 2º Grau	56
3.3. Análise Função Periódica	59
3.4. Análise Função Exponencial	62
CAPÍTULO 4 – COMPARAÇÕES COM ANÁLISE	66
4.1. Série 2 Minutos	66
4.2. Série 4 Minutos	66
4.3. Série 8 Minutos	67
CAPÍTULO 5 - PROTÓTIPO	68
Resultados Obtidos	69
Conclusões	71
Referências Bibliográficas	73

Lista de Figuras

Figura 1: Grau de convergência relativa média da aptidão de AG	22
Figura 2: Gráfico referente à Média Móvel Simples em função do primeiro grau	24
Figura 3: Gráfico referente à Média Móvel Ponderada em função do primeiro grau	24
Figura 4: Gráfico referente à Média Móvel Exponencial em função do primeiro grau	25
Figura 5: Gráfico referente à Média Móvel Simples em função do segundo grau	26
Figura 6: Gráfico referente à Média Móvel Simples Ponderada em função do segundo grau	26
Figura 7: Gráfico referente à Média Móvel Exponencial em função do segundo grau	27
Figura 8: Gráfico referente à Média Móvel Simples em função periódica	27
Figura 9: Gráfico referente à Média Móvel Ponderada em função periódica	28
Figura 10: Gráfico referente à Média Móvel Exponencial em função periódica	29
Figura 11: Gráfico referente à Média Móvel Simples em função exponencial	29
Figura 12: Gráfico referente à Média Móvel Ponderada em função exponencial	30
Figura 13: Gráfico referente à Média Móvel Exponencial em função exponencial	31
Figura 14: Bacia do Rio Amazonas e suas Quatro Estações Fluviométricas	34
Figura 15: Gráfico referente à Suavização Exponencial Simples em função do primeiro grau	35
Figura 16: Gráfico referente à Suavização Exponencial Dupla em função do primeiro grau	35
Figura 17: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Aditivo em função do primeiro grau ...	36
Figura 18: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo em função do primeiro grau	37
Figura 19: Gráfico referente à Suavização Exponencial Simples em função do segundo grau	37
Figura 20: Gráfico referente à Suavização Exponencial Dupla em função do segundo grau	38
Figura 21: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Aditivo em função do segundo grau ...	39
Figura 22: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo em função do segundo grau	39
Figura 23: Gráfico referente à Suavização Exponencial Simples em função periódica	40
Figura 24: Gráfico referente à Suavização Exponencial Dupla em função periódica	41
Figura 25: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Aditivo em função periódica	41
Figura 26: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo em função periódica	42
Figura 27: Gráfico referente à Suavização Exponencial Simples em função exponencial	43
Figura 28: Gráfico referente à Suavização Exponencial Dupla em função exponencial	43
Figura 29: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Aditivo em função exponencial	44
Figura 30: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo em função exponencial	44
Figura 31: Resultado pela primeira regra de similaridade	47
Figura 32: Resultado pela segunda regra de similaridade	47
Figura 33: Gráfico referente à Wavelet Contínua em função do primeiro grau	48
Figura 34: Gráfico referente à Wavelet Discreta em função do primeiro grau	48
Figura 35: Gráfico referente à Wavelet Contínua em função do segundo grau	49
Figura 36: Gráfico referente à Wavelet Discreta em função do segundo grau	50
Figura 37: Gráfico referente à Wavelet Contínua em função periódica	50
Figura 38: Gráfico referente à Wavelet Discreta em função periódica	51
Figura 39: Gráfico referente à Wavelet Contínua em função exponencial	52
Figura 40: Gráfico referente à Wavelet Discreta em função exponencial	52
Figura 41: Função 1 do Primeiro Grau $f(x) = x - 365$	54
Figura 42: Função 2 do Primeiro Grau $f(x) = -x + 64$	54

Figura 43: Função 3 do Primeiro Grau $f(x) = x^5 + 2$	55
Figura 44: Função 4 do Primeiro Grau $f(x) = x + 1$	55
Figura 45: Função 5 do Primeiro Grau $f(x) = -7x - 3$	56
Figura 46: Função 1 do Segundo Grau $f(x) = x^2 - x + 0,5$	57
Figura 47: Função 2 do Segundo Grau $f(x) = x^2 - x + 20$	57
Figura 48: Função 3 do Segundo Grau $f(x) = x^2 - 3x - 4$	58
Figura 49: Função 4 do Segundo Grau $f(x) = x^2 - 8x + 7$	58
Figura 50: Função 5 do Segundo Grau $f(x) = 3x^2 + 55$	59
Figura 51: Função 1 Periódica $f(x) = 2 \sin x^2 + 3$	60
Figura 52: Função 2 Periódica $f(x) = 2 \sin 4x$	60
Figura 53: Função 3 Periódica $f(x) = -3 \cos x^3 + 3$	61
Figura 54: Função 4 Periódica $f(x) = \sin 2x + \cos 3x - 2$	61
Figura 55: Função 5 Periódica $f(x) = \tan 2x + 5 + \cot 3x$	62
Figura 56: Função 1 Exponencial $f(x) = 2x^{23}$	63
Figura 57: Função 2 Exponencial $f(x) = 0,7x^5$	63
Figura 58: Função 3 Exponencial $f(x) = 1,5x + 20x$	64
Figura 59: Função 4 Exponencial $f(x) = 12x$	64
Figura 60: Função 5 Exponencial $f(x) = 2 - x + 1$	65
Figura 61: Série Temporal Real 2 Minutos.....	66
Figura 62: Série Temporal Real 4 Minutos.....	67
Figura 63: Série Temporal Real 8 Minutos.....	67
Figura 64: Gráfico plotado pela série temporal.....	68
Figura 65: Resultado do retorno das médias de variâncias.....	69

Lista de Tabelas

Tabela 1: Relação entre artigos Pré-Selecionados e não Pré-Selecionados.	15
Tabela 2: Comparação dos resultados obtidos pelos quatro métodos	22
Tabela 3: Comparação da combinação de algoritmo genético com diferentes tipos de médias móveis. Os dados são média de 20 execuções.....	23
Tabela 4: Parâmetros de SED e SET	33
Tabela 5: Resultado das comparações da média de variação e desvio padrão.....	69

Lista de Siglas

SMA - Média Móvel Simples

WMA - Média Móvel Ponderada

EMA - Média Móvel Exponencial

SES - Suavização Exponencial Simples

SED - Suavização Exponencial Dupla

SET-A - Suavização Exponencial Tripla Aditivo

SET-M - Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo

CWT - Ondaleta Contínua

DWT - Ondaleta Discreta

AG - Algoritmo Genético

NASDAQ - Associação Nacional de Corretores de Títulos de Cotações Automáticas

Resumo

Neste trabalho fazemos revisão de alguns dos métodos para análise de séries temporais, dando ênfase ao problema de otimização destas mesmas séries. As séries temporais são representadas em um conjunto de dados, ou uma sequência em diferentes instantes de tempo. Ao analisar essa série temporal, é possível construir um modelo matemático para identificar a curva. A comparação é feita com um determinado critério da média de variação entre os resultados dos métodos. Os métodos são implementados com diferentes tipos de medidas e um experimento feito com séries temporais aplicado a um problema real e obtidas a partir da classificação de classes de séries temporais. Os resultados indicam certa promissoria do método para a aplicação na classificação das classes das séries temporais.

Palavras chaves: Séries temporais, Propriedades em séries temporais, Propriedades químicas.

Abstract

In this work we review some of the methods for time series analysis, emphasizing the optimization problem of these same series. The time series is represented by a data set or a sequence at different time instants. By analyzing this time series, it is possible to construct a mathematical model to identify the curve. The comparison is made with a particular criterion of the average variation between the results of the methods. The methods are implemented with different types of measurements and an experiment done with time-series applied to a real problem and obtained from the time series class classification. The results indicate some promising the method for applying the classification of classes of the time series.

Keywords: Time Series; Properties in time series; Chemical properties.

INTRODUÇÃO

A análise dos materiais pode ser realizada com base em diferentes técnicas. Entre elas, existe a fotocatalítica, óptica, luminescente e dielétrica, cujo objetivo é apresentar propriedades semicondutoras. Tem grande importância nas aplicações tecnológicas em sensores, células solares e dispositivos ópticos (MOURA et al., 2010). A maioria das técnicas utilizadas para a análise empregam elétrons ou íons. Nestas técnicas, utiliza-se de séries temporais que representam sequências de dados em diferentes instantes de tempo e estão presentes em diversos domínios de aplicação, como a de semicondutores. Uma análise a partir da série temporal constrói um modelo matemático que seja possível prever os valores da série ou classifica-los em grupos de interesse. Por exemplo, uma identificação dos resultados da análise de fotoluminescência que são apresentados na forma de um gráfico. Porém a comparação não é feita simplesmente olhando um gráfico, o que é complicado de avaliar, então é aplicado o critério de comparação (média de variação) para uma análise menos ambígua.

“As diferentes técnicas utilizadas para análises em séries temporais empregam em testes feitos por elétrons ou íons. Por isso, as características dos materiais dessas técnicas podem ser alteradas. O uso da fotoluminescência, por exemplo, é a emissão de radiação eletromagnética (fótons) de um material, por ser uma técnica de análise óptico elimina os dados inconvenientes. Por isso a técnica é útil na análise de séries temporais como silício, germânio, estruturas ternárias e quaternárias” (MOURA, Ana et al., 2010).

Durante a análise, é importante a identificação de propriedades específicas, dependendo do objetivo da pesquisa. Por exemplo, um Químico pesquisador pode buscar uma propriedade fotoluminescente para sintetizá-lo com base em um processo pesquisado e analisar se o material obtido possui alguma propriedade relevante. O Químico utiliza um aparelho para análise do material (como raio X, microscópio eletrônico de varredura de alta resolução, etc) e obtém um conjunto de dados da propriedade pesquisada na forma de uma curva. Ao analisar a curva, o Químico indica a presença, ausência ou o grau da propriedade no material sintetizado.

Problema/Motivação

O problema do trabalho é a questão de a análise ser manual para a identificação da propriedade no material sintetizado. Motiva-se por ser uma parte da pesquisa para integrar na automatização da análise de séries temporais.

Solução/Proposta

A solução é obtida para resolver a questão da comparação dos métodos para retornar o mais aproximado possível da série temporal. Para isso, é necessário calcular cada fórmula dos métodos com as séries temporais propostas, assim com os dados obtidos de cada um dos métodos é selecionado para avaliar o critério de comparação da média de variação. Com os resultados finais é possível comparar cada média de variação dos métodos e chegar no melhor método para aquela série temporal identificada, tanto em tempo real como estocástico.

Objetivos Gerais e Específicos

O presente trabalho tem como objetivo a comparação e análise dos métodos. O objetivo principal é verificar se os métodos estudados podem ser utilizados para identificar propriedades em amostras de séries temporais. O critério de comparação para identificar as propriedades, que são realizadas manualmente, é feito de duas formas: média de variação e desvio padrão.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Levantamento de métodos de identificação de propriedades em séries temporais.
- Definição das qualidades e desvantagens de cada método.

Metodologia

Para a análise das séries temporais é necessário compreender o mecanismo gerador da série, que possibilita descrever eficientemente o comportamento da série, para obter o controle na qual ela se identifica melhor, por exemplo uma função do 2º grau e assim por diante.

A análise comparativa entre os métodos de identificação de propriedades são Médias Móveis, Suavização Exponencial e Análise de Ondaletas. Portanto será avaliado

as vantagens e desvantagens de cada um dos métodos estudados, buscando a melhor performance possível para se obter um bom resultado.

A elaboração e concepção do protótipo consiste em interligar a análise das séries temporais com a comparação dos métodos em uma única aplicação.

Para a análise dos métodos foi executada uma busca nas seguintes fontes de artigos: IEEE, ACM, Springer utilizando-se as palavras chaves: Séries temporais, Propriedades em séries temporais, Propriedades químicas.

Não foi encontrado trabalho com ênfase em propriedades químicas em séries temporais. Foram, então, retornados 147 artigos sobre séries temporais que podem ser aplicados a diversificados domínios, inclusive a propriedades químicas. Dentre eles foram selecionados 26 artigos, dando-se prioridade à diversidade dos métodos de identificação de propriedades em séries temporais para se garantir que nenhum método relevante foi excluído. Para a identificação, foram lidos o *abstract* e a introdução de cada artigo selecionado. O resultado desta etapa foi uma lista dos métodos identificados (Tabela 1).

Foi obtido o resultado de 267 artigos ao final da realização das buscas nas três fontes eletrônicas (IEEE, ACM e Springer), com resultados de trabalhos duplicados em uma mesma fonte e em fontes diferentes. Eliminou-se da contagem de artigos na pré-seleção aqueles que não possuem as palavras-chave no *abstract*, título e *keywords*; artigos indisponíveis; e escritos em outra língua que não o Português e Inglês.

Na Tabela 1, é apresentada a relação entre resultados pré-selecionados e descartados.

Tabela 1: Relação entre artigos Pré-Selecionados e não Pré-Selecionados.

Fonte	Selecionados	%	Não selecionados	%	Total
IEEE	78	100,0	0	0,00	78
ACM	49	41,88	68	58,12	117
Springer	20	27,78	52	72,22	72
Total	147	55,06	120	44,94	267

Para seleção de amostragem de estudo, foi realizado o seguinte critério: os métodos que tratam de análises para determinação de dados de uma curva em propriedades específicas de séries temporais, com ênfase nas características maior velocidade, maior densidade e custos mais baixos. O mecanismo gerador da série, por meio da análise de seu comportamento pode ser eficientemente descrito com o uso dos gráficos. Oito métodos foram identificados na busca e quatro podem ser aplicados a propriedades químicas. Para seleção dos métodos, é visto como os dados são tratados em forma de curva incluindo a finalidade de ajustar os pontos do método. São elas: médias móveis, suavização exponencial e ondaletas (wavelts). O restante dos métodos encontrados não se adaptou por não terem características relevantes para o objetivo do projeto.

No capítulo 1, é apresentado os conceitos básicos de séries temporais.

No capítulo 2, é apresentado os métodos para analisar as propriedades em séries temporais.

No capítulo 3, é apresentado as comparações feitas com funções genéricas.

No capítulo 4, é apresentado as comparações feitas com análises reais.

No capítulo 5, é apresentado o protótipo final.

CAPÍTULO 1 – CONCEITOS BÁSICOS DE SÉRIES TEMPORAIS

O conceito de séries temporais determina uma sequência de dados em diferentes instantes de tempo e o objetivo é avaliar o comportamento desses valores no decorrer do tempo. Para cada resultado da análise temos uma curva ou uma sequência no gráfico, e nesse conjunto são todos os pontos dos dados conforme o período do tempo e da série temporal.

Como as séries temporais são representadas por meio de funções matemáticas, os componentes podem ser determinísticos e/ou estocásticos.

O componente determinístico é representado pelos valores da série que podem ser determinadas por uma ou mais variáveis, o que caracteriza da série conter apenas o componente determinístico, ou seja são frutos de uma equação.

$$Y_t = a + b * X_t$$

Nesta função, a variável Y_t depende de, ou é determinada pela, variável X_t .

O componente estocástico é representado por um componente aleatório, o que caracteriza da série poder ou não conter um componente determinístico, ou seja são resultados de um processo aleatório.

$$Y_t = a + b * X_t + E_t$$

Onde nesta função, pode incluir uma variável aleatória E_t .

A função que determina a série temporal não precisa ser necessariamente linear, ela pode ter qualquer formato (quadrática, periódica, exponencial...) e também pode depender de mais de uma variável.

Um gráfico de uma série temporal contém movimentos visíveis que podem ser identificados ao analisar o comportamento da série. Existem quatro características/movimentos que constitui estas séries:

- Tendência

“É caracterizada como um movimento regular e contínuo que pode ser crescente, decrescente ou constante, ou seja, a tendência pode ser definida como sendo

a direção que a série temporal apresenta” (MORETTIN e TOLÓI, 2006). A tendência pode ser tanto um componente determinístico como estocástico.

- Sazonalidade

“É caracterizada como oscilações crescentes ou decrescentes que sempre ocorrem em um determinado período” (MORETTIN e TOLÓI, 2006).

- Variação Cíclica

“É caracterizada como oscilações ou movimentos ascendentes ou descendentes ao longo de toda a série. A variação em que períodos típicos descreve em torno da tendência” (MORETTIN e TOLÓI, 2006).

- Variação Irregular

“É caracterizada como oscilações que não correspondem a variação cíclica nem a tendência da curva, ou seja, sem nenhum comportamento natural da série temporal” (MORETTIN e TOLÓI, 2006). É sempre um componente estocástico, e nunca um determinístico.

CAPÍTULO 2 – MÉTODOS UTILIZADOS

Neste capítulo, são apresentados métodos propostos para identificação de propriedades em séries temporais. São descritos os conceitos, definições e aplicações de cada método, assim como estudos de caso para ilustração de suas aplicações. Para cada amostra nos métodos abaixo foram utilizados 1000 elementos de variações.

2.1. Médias Móveis

O método da média móvel é utilizado para controlar a tendência em determinados dados da série temporal. Existem três tipos de média móvel de acordo com Hansun [1]: simples (SMA), ponderada (WMA) e exponencial (EMA).

Na média móvel simples (SMA), cada ponto de dados das séries temporais é ponderado, ou mesmo, independentemente de onde ele ocorre na sequência, pois não há nenhum fator de ponderação aplicado a qualquer um dos pontos de dados. O uso de médias móveis simples para a previsão de dados da série induz a erros sistemáticos, pois o método segue a tendência com um certo atraso, e este efeito é amplificado quando pode ser previsto valores futuros. A SMA é definida pela fórmula:

$$SMA = \frac{X_n + X_{n-1}}{2}$$

Onde:

X_n significa o valor do ponto de dados no momento n ;

n significa o instante do valor dos dados.

Uma média móvel ponderada (WMA) é uma forma de melhoria da SMA que gera um fator de ponderação para cada ponto de dados de séries temporais, ele gera um peso maior aos dados mais recentes. Os fatores de ponderação são calculados a partir da soma usados em dados de séries temporais. A fórmula abaixo:

$$WMA = \frac{X_1 * P_1 + X_2 * P_2 + \dots + X_n * P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}$$

Onde:

X_n significa o valor do ponto de dados no momento n ;

P_n significa o peso do ponto de dados no momento n ;

A média móvel exponencial (EMA), é uma variação de WMA que utiliza o número exponencial da base em formação de fatores de ponderação na análise de séries temporais.

$$EMA_{(n)} = ((X_n - EMA_{(n-1)}) * (\frac{i}{i+1}) + EMA_{(n-1)})$$

Onde:

X_n significa o valor do ponto de dados no momento n ;

i significa a quantidade de instantes utilizados para comparação;

$EMA_{(n-1)}$ significa o resultado do método da média móvel exponencial anterior;

2.1.1. Estudo de caso

O estudo de caso dos três tipos diferentes de médias móveis (simples, ponderada e exponencial) de várias durações tem sido utilizado na declaração condicional envolvendo o preço de fechamento de uma determinada ação. O desempenho de uma estratégia de investimento e do conjunto de teste, assim convertendo o problema de descobrir boas estratégias de investimento para um problema de otimização combinatória em que é resolvido com uma abordagem de algoritmo genético, que são múltiplos pontos randomizados de algoritmos de busca para trabalhar de forma iterativa e são usados para otimizar este problema, com a finalidade de extrair boas regras do conjunto de treinamento e permitir uma previsão com alta precisão sobre o conjunto de teste.

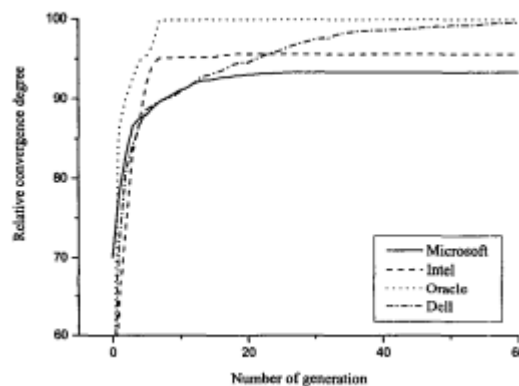
Em um Algoritmo Genético (AG), candidatos de solução, chamados de cromossomos, são representados como sequências de caracteres de um determinado alfabeto. Uma função de aptidão é definida para medir a qualidade da solução correspondente a uma sequência de caracteres de candidato (cromossomo). Um AG começa com uma população dos candidatos de solução gerada aleatoriamente, a próxima geração é criada usando operadores genéticos para recombinar candidatos promissores.

Os dados de estoque da Nasdaq, incluindo Microsoft, Intel, Oracle, Dell são testados e comparados por algoritmos genéticos com métodos de referência. Os resultados mostram evidências de um desempenho superior em algoritmo genético no termo de taxa de retorno total para o conjunto de teste. Dentro do confinamento de dados limitados, todas as três médias móveis mostram resultados semelhantes para o estoque de quatro tecnologias investigado.

A fim de buscar as propriedades de convergência do algoritmo genético para a extração de estratégias, comparou-se a taxa média de retorno total da população de AG com a taxa média de retorno global das estratégias encontradas pela busca exaustiva. Primeiro foi definido o grau de convergência relativo, para a aptidão média (taxa de retorno total), onde a taxa média de retorno global do conjunto de estratégia de 100 regras encontradas pelo algoritmo genético e busca exaustiva.

A partir da Figura 1, mostra o grau de convergência relativa média da aptidão de nosso algoritmo genético em cada geração. O eixo x é o número de gerações e o eixo y é o grau de convergência relativo de quatro títulos selecionados.

Considerando, o grau de convergência relativo da aptidão média de cromossomos em AG em cada geração a partir da figura, pode-se notar que a aptidão média do conjunto de estratégia encontrada pelo algoritmo genético aumenta de forma constante. Só depois de um pequeno número de gerações (cerca de 20), atinge um valor estável de mais de 90% da taxa média de sobre todos os retornos do conjunto de estratégia encontrado pela busca exaustiva. Essa evidência significa que o algoritmo genético pode encontrar uma estratégia bastante definida dentro de um curto período de tempo (apenas cerca de 20 gerações).

Figura 1: Grau de convergência relativa média da aptidão de AG

Fonte: JIANG; SZETO, 2003, p. 408.

Na Tabela 2 foi usado em conjunto com as médias móveis para extrair estratégias de 100 regras de investimento para quatro unidades populacionais da NASDAQ encontradas por algoritmo genético e busca exaustiva. Feita a comparação das ações que incluem Microsoft, Intel, Oracle e Dell em termos de taxa de retorno global, no conjunto de treinamento, a simulação na busca exaustiva retornou um valor maior por consistir em verificar todos os possíveis dados. Já no conjunto de teste, o resultado do algoritmo genético passa a ser maior.

Tabela 2: Comparação dos resultados obtidos pelos quatro métodos

(a) For training set.				
	Microsoft	Intel	Oracle	Dell
Random walk	3.36	5.73	3.16	2.92
Buy and hold	7.89	9.94	23.7	12.8
Exhaustive search	8.32	34.3	22.9	64.6
Genetic algorithm	7.89	8.03	23.7	11.0
(b) For test set.				
	Microsoft	Intel	Oracle	Dell
Random walk	1.10	1.45	0.86	8.58
Buy and hold	3.16	1.52	2.22	11.5
Exhaustive search	2.63	1.27	2.45	12.2
Genetic algorithm	24.9	15.2	52.5	96.2

Fonte: JIANG; SZETO, 2003, p. 408.

Nessa experiência, combinou a extração de estratégias com diferentes tipos de média móvel e comparou com seus desempenhos. A Tabela 3 abaixo mostra os resultados do uso de algoritmos genéticos com média móvel simples (GA - SMA), média

móvel exponencial (GA - EMA) e média móvel adaptável (GA - AMA) para extrair estratégias de investimento das quatro ações selecionadas.

Tabela 3: Comparação da combinação de algoritmo genético com diferentes tipos de médias móveis. Os dados são média de 20 execuções.

(a) For training set.				
	Microsoft	Intel	Oracle	Dell
GA-SMA	6.71	9.74	19.9	14.2
GA-EMA	7.89	8.03	23.7	11.0
GA-AMA	8.36	17.6	20.6	12.2
(b) For test set.				
	Microsoft	Intel	Oracle	Dell
GA-SMA	18.3	11.7	38.9	89.9
GA-EMA	24.9	15.2	52.5	96.2
GA-AMA	17.9	13.8	48.7	87.6

Fonte: JIANG; SZETO, 2003, p. 409.

Dados para cada empresa são divididos em dois grupos, os primeiros 2030 dados são utilizados para treinamento, os outros são usados para teste. Tanto para o conjunto de treinamento e o conjunto de teste, existem apenas pequenas diferenças de desempenho quando se utiliza algoritmo genético com diferentes médias móveis. O cálculo da média móvel exponencial não é só o mais simples, mas também tem o melhor desempenho no conjunto de teste. Assim, recomenda-se o uso da média móvel exponencial de aplicação reais.

2.1.2. Exemplo Aleatório

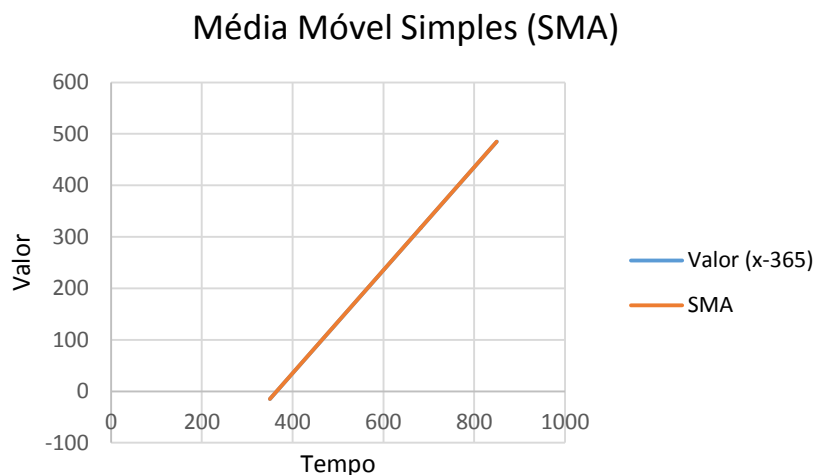
Foi gerada uma série temporal com uma função do 1º Grau, uma função do 2º Grau, uma função periódica e uma função exponencial e o tempo equivalente ao valor das séries temporais para os tipos do método Média Móvel, respeitando suas devidas fórmulas matemáticas.

O exemplo do método da média móvel simples é mostrado de maneira que consiste em calcular a média aritmética, onde cada ponto de dados é ponderado (cujo peso dos dados é uniforme, no caso abaixo o peso é igual a 1, independentemente de onde ocorre na sequência da série temporal).

Os gráficos gerados abaixo representam a função do primeiro grau em relação ao método da Média Móvel.

Na Figura 2, a linha azul representa o valor de amostragem e a linha laranja representa o ajuste do método em relação ao valor. A aplicação do método da média simples na série temporal apresentou predominantemente o ajuste na série original.

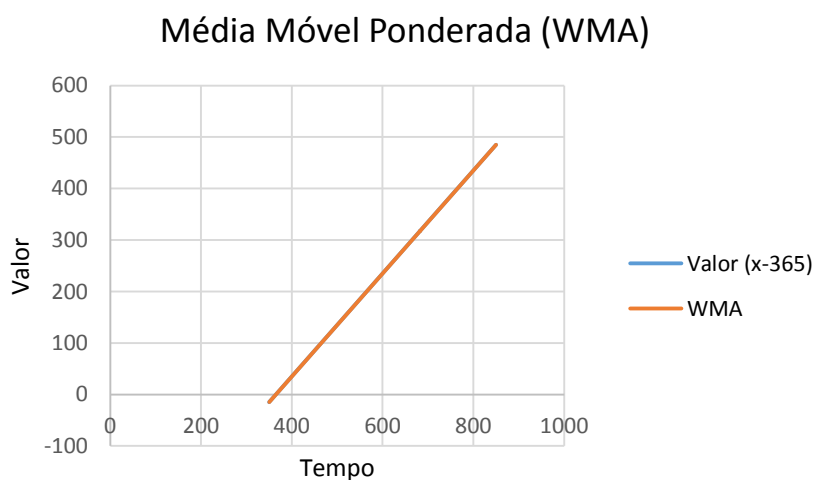
Figura 2: Gráfico referente à Média Móvel Simples em função do primeiro grau



A classe da série temporal da Figura 2 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método média móvel simples para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Já na Figura 3, é possível identificar uma semelhança entre esse método e da média simples (Figura 2), como os dois métodos são médias não interfere visualmente no gráfico, porém os valores têm diferença.

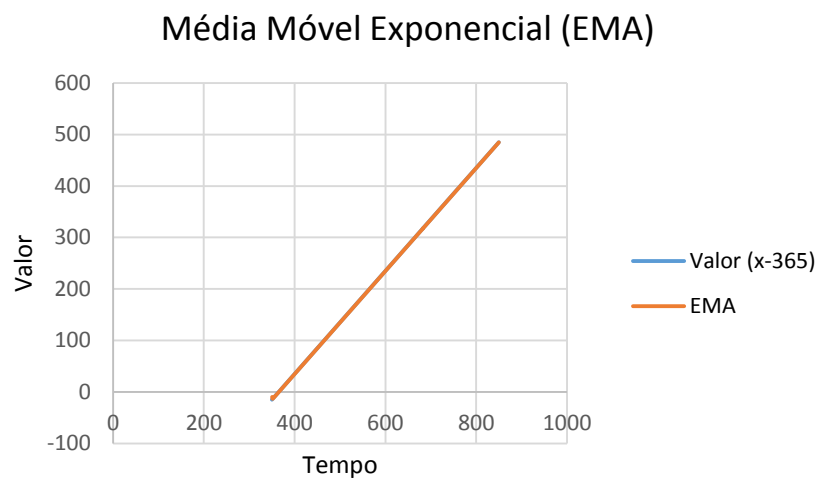
Figura 3: Gráfico referente à Média Móvel Ponderada em função do primeiro grau



A classe da série temporal da Figura 3 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método média móvel ponderada para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 4, o mesmo caso se repete, variando os valores bem próximos um do outro das médias em comparação das Figuras 2 e 3, porém o gráfico não muda.

Figura 4: Gráfico referente à Média Móvel Exponencial em função do primeiro grau

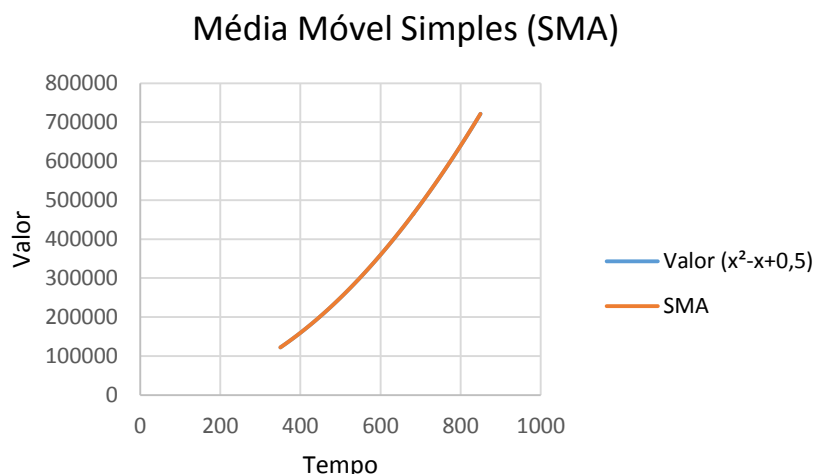


A classe da série temporal da Figura 4 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método média móvel exponencial para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Já os gráficos gerados abaixo representam a função do segundo grau em relação ao método da Média Móvel.

Na Figura 5, a aplicação do método da média simples na série temporal apresentou predominantemente o ajuste na série original.

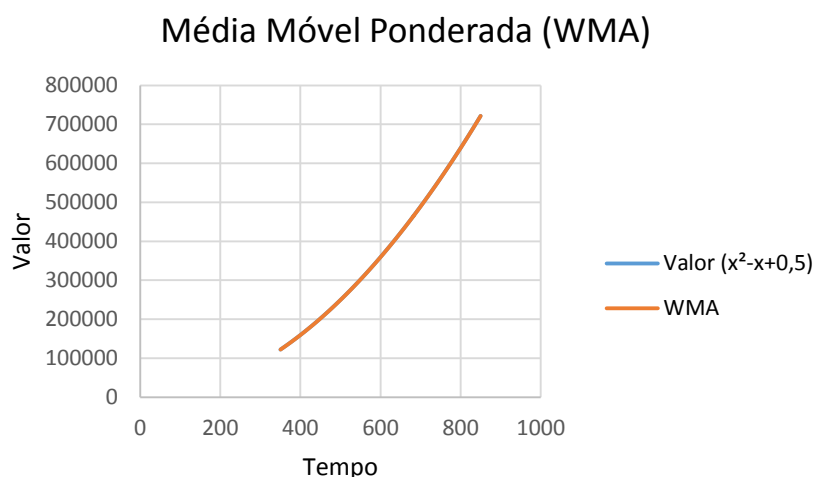
Figura 5: Gráfico referente à Média Móvel Simples em função do segundo grau



A classe da série temporal da Figura 5 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método média móvel simples para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 6, é possível identificar uma semelhança entre esse método e da média simples (Figura 5), como os dois métodos são médias não interfere visualmente no gráfico, porém os valores têm diferença.

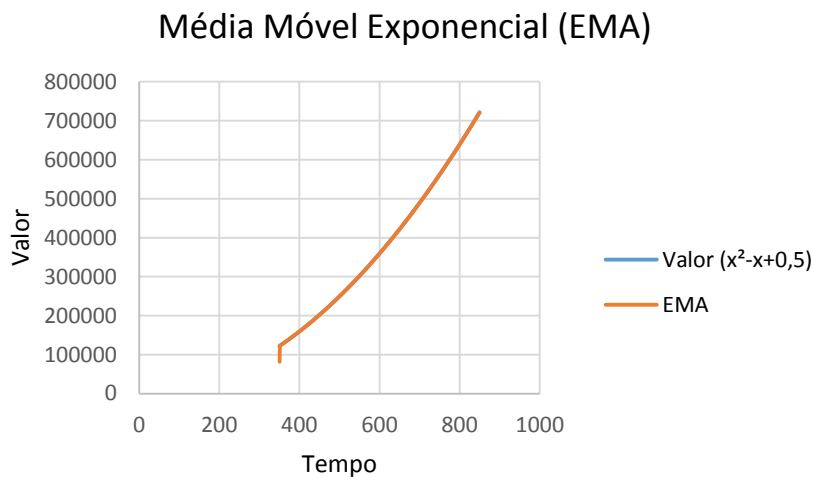
Figura 6: Gráfico referente à Média Móvel Simples Ponderada em função do segundo grau



A classe da série temporal da Figura 6 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método média móvel ponderada para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 7, o mesmo caso se repete, variando os valores bem próximos um do outro das médias em comparação das Figuras 5 e 6.

Figura 7: Gráfico referente à Média Móvel Exponencial em função do segundo grau

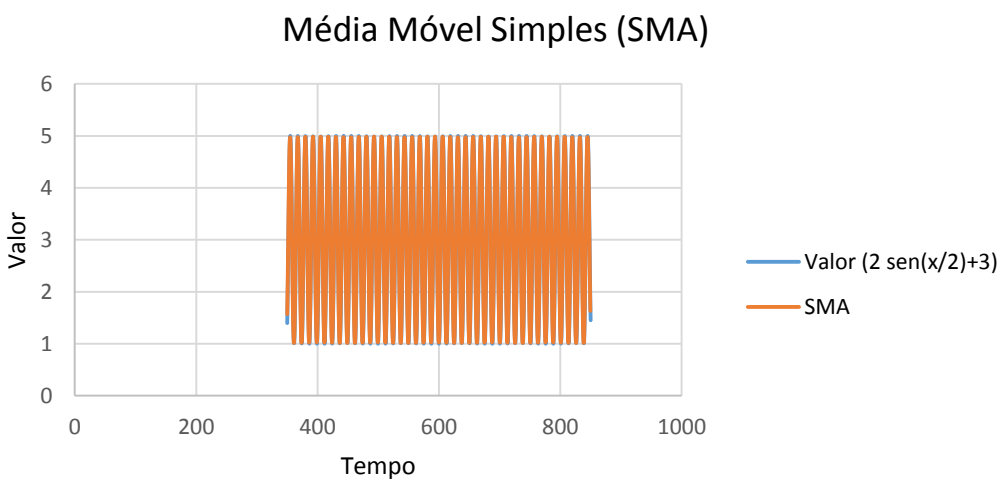


A classe da série temporal da Figura 7 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método média móvel exponencial para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Os gráficos gerados abaixo representam a função periódica em relação ao método da Média Móvel.

Na Figura 8, a aplicação do método da média simples na série temporal apresentou previsão regular em relação a série original.

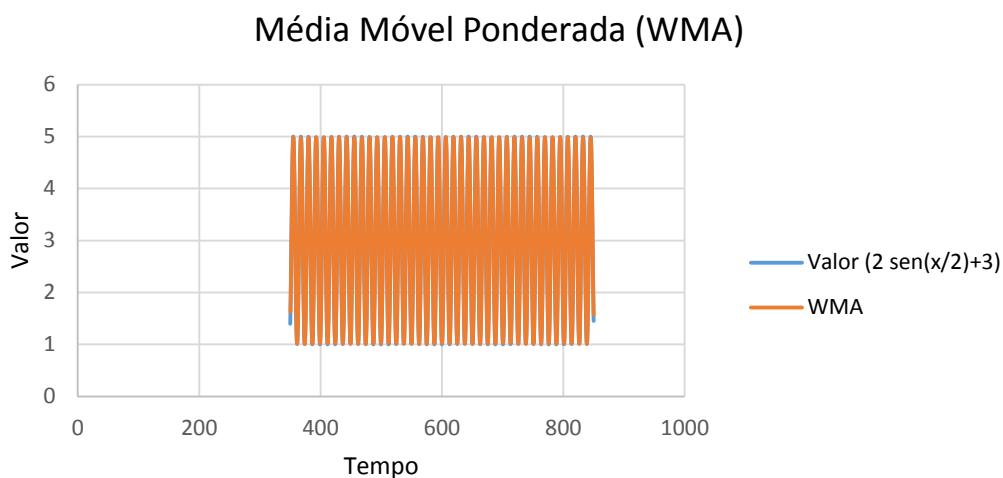
Figura 8: Gráfico referente à Média Móvel Simples em função periódica



A classe da série temporal da Figura 8 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \text{ sen}(x/2) + 3$ no método média móvel simples para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 9, é possível identificar uma semelhança entre esse método e da média simples (Figura 8), como os dois métodos são médias não interfere visualmente no gráfico, porém os valores têm diferença.

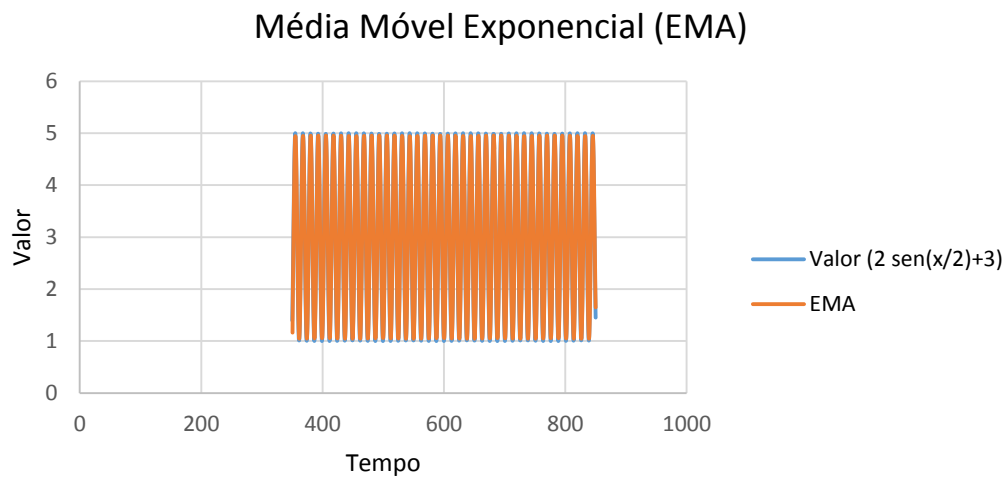
Figura 9: Gráfico referente à Média Móvel Ponderada em função periódica



A classe da série temporal da Figura 9 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \text{ sen}(x/2) + 3$ no método média móvel ponderada para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 10, o mesmo caso se repete, variando os valores bem próximos um do outro das médias em comparação das Figuras 8 e 9.

Figura 10: Gráfico referente à Média Móvel Exponencial em função periódica

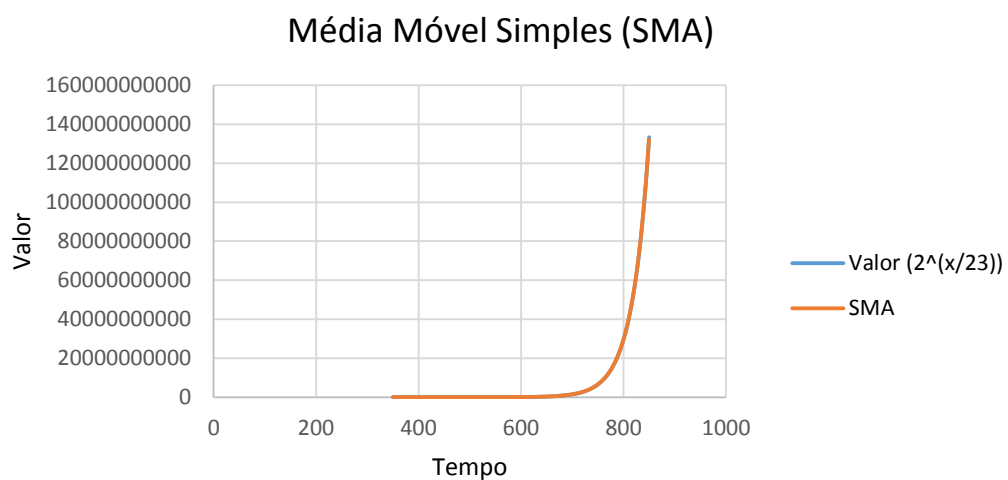


A classe da série temporal da Figura 10 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \sin(x/2) + 3$ no método média móvel exponencial para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Os gráficos gerados abaixo representam a função exponencial em relação ao método da Média Móvel.

Na Figura 11, a aplicação do método da média simples na série temporal apresentou predominantemente o ajuste na série original.

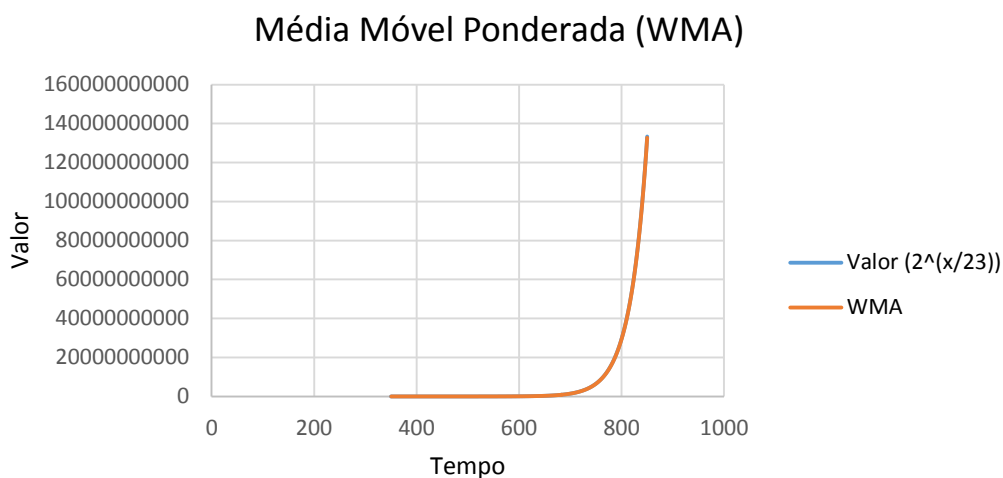
Figura 11: Gráfico referente à Média Móvel Simples em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 11 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método média móvel simples para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 12, é possível identificar uma semelhança entre esse método e da média simples (Figura 11), como os dois métodos são médias não interfere visualmente no gráfico, porém os valores têm diferença.

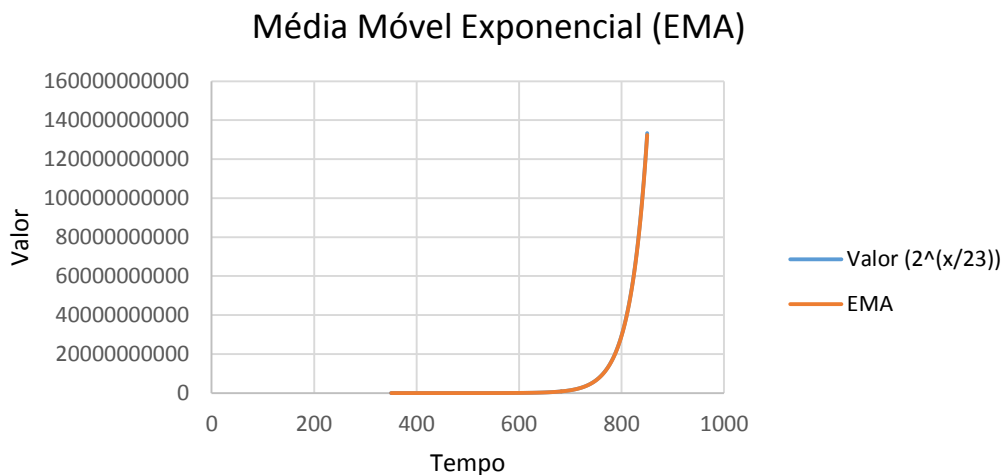
Figura 12: Gráfico referente à Média Móvel Ponderada em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 12 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método média móvel ponderada para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 13, é possível identificar que entre os dois métodos anteriores (Figura 11 e 12) é o que menos se ajustou na série original.

Figura 13: Gráfico referente à Média Móvel Exponencial em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 13 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método média móvel exponencial para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

2.2. Suavização Exponencial

O método da suavização exponencial é definido como um conjunto de movimentos ou flutuações com período igual ou inferior a um ciclo, não necessariamente regulares. Representa a melhor tendência e sazonalidade de dados. Geralmente, com isso são produzidas previsões melhores do que as realizadas com médias móveis simples, como é o caso da decomposição clássica (SAMOHYL et al., 2008).

O método é proposto para tratar os dados com ruídos, que utilizam três tipos de suavização exponencial: simples (SES), dupla (SED) e tripla (SET). O SES é aquele em que os valores da série flutuam aleatoriamente em torno de um valor fixo, sem apresentar qualquer tendência. O SED é utilizado em séries temporais de dados que apresentam tendências e não-estacionários, ou seja, conforme as propriedades vão mudando com o tempo. O SET é empregada em séries temporais de dados não-estacionários com tendências e sazonalidades. Pode ser apresentado nos formatos aditivo e multiplicativo.

No formato aditivo, a amplitude da variação sazonal é constante ao longo do tempo, ou seja, a diferença entre o maior e o menor valor de demanda permanece relativamente constante no tempo. E no formato multiplicativo, a série temporal possui

uma tendência crescente, não permitindo determinar o limite máximo amplitudinal da série, ela aumenta ou diminui como função do tempo (LAWTON, 1998).

A fórmula da suavização exponencial simples é dada por:

$$SES_{(n)} = \alpha * X_{(n-1)} + (1 - \alpha) * SES_{(n-1)}$$

Onde:

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$X_{(n-1)}$ significa o valor do ponto de dados no momento n anterior;

$SES_{(n-1)}$ significa o resultado do método da suavização exponencial simples anterior;

A fórmula da suavização exponencial dupla é dada por:

$$SED_{(n)} = SED_{(n-1)} + \beta * [(SES_{(n)} - SES_{(n-1)}) - SED_{(n-1)}]$$

Onde:

$$0 \leq \beta \leq 1$$

$SED_{(n-1)}$ significa o resultado do método da suavização exponencial dupla anterior.

A fórmula da suavização exponencial tripla aditivo é dada por:

$$SETa_{(n)} = SES_{(n)} + SED_{(n)} + St_{(n)}$$

$$St_{(n)} = \gamma * (X_{(n)} - SES_{(n-1)}) + (1 - \gamma) * St_{(n-1)}$$

Onde:

$$0 \leq \gamma \leq 1$$

A fórmula da suavização exponencial tripla multiplicativa é dada por:

$$SETm_{(n)} = SES_{(n)} * SED_{(n)} + St_{(n)}$$

2.2.1. Estudo de caso

Um estudo de caso apresenta dados reais tendo por cenário características do tipo vazão-vazão, a Bacia Hidrográfica Amazônica. O protótipo foi implementado por meio do MATLAB, versão 7.6 e foram utilizados dados obtidos em quatro estações fluviométricas: Canutama, localizada no Rio Purus; Porto Velho, localizado no Rio Madeira; Tabatinga, localizada no Rio Javari; e Manacapuru, localizado no Rio Amazonas. As séries temporais de dados dos rios sofrem tratamento de dados de SED e de SET, respeitando as suas características de tendência e sazonalidade. As estações fluviométricas dos rios e os respectivos parâmetros de suavização de dados, escolhidos de forma empírica, são apresentadas na Tabela 4 abaixo.

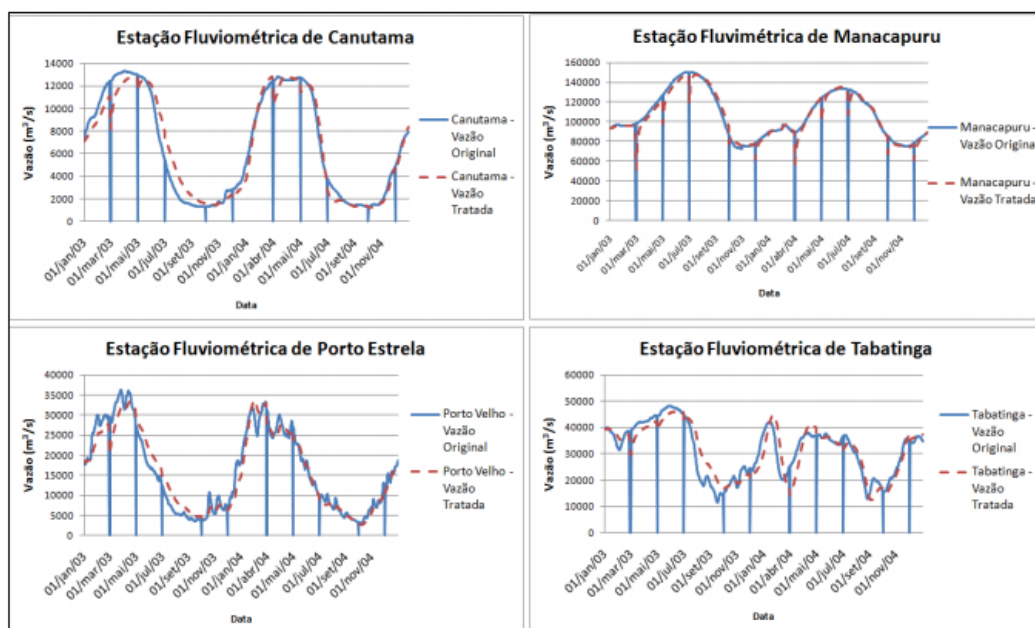
Tabela 4: Parâmetros de SED e SET

Estação Fluviométrica	Suavização	Tendência	Sazonalidade
Canutama	0,1	0,08	0,05
Porto Velho	0,08	0,05	0,05
Tabatinga	0,08	0,06	0,02
Manacapuru	0,2	0,04	0,05

Fonte: MARIN; TASINAFFO, 2009, p. 32.

Todos os dados aplicados neste experimento possuem vazão de amplitude mínima em zero. A vazão de amplitude máxima varia de estação fluviométrica para estação fluviométrica. As séries temporais de dados de vazão originais dos rios e o tratamento de dados efetuado em relação aos dados originais de vazão podem ser visualizados na Figura 14 abaixo.

Figura 14: Bacia do Rio Amazonas e suas Quatro Estações Fluviométricas



Fonte: MARIN; TASINAFFO, 2009, p. 33.

Os resultados de simulação apresentados foram bons, devido principalmente às características de tendência e sazonalidade bem definidas nas séries temporais de dados da Bacia do Rio Amazonas.

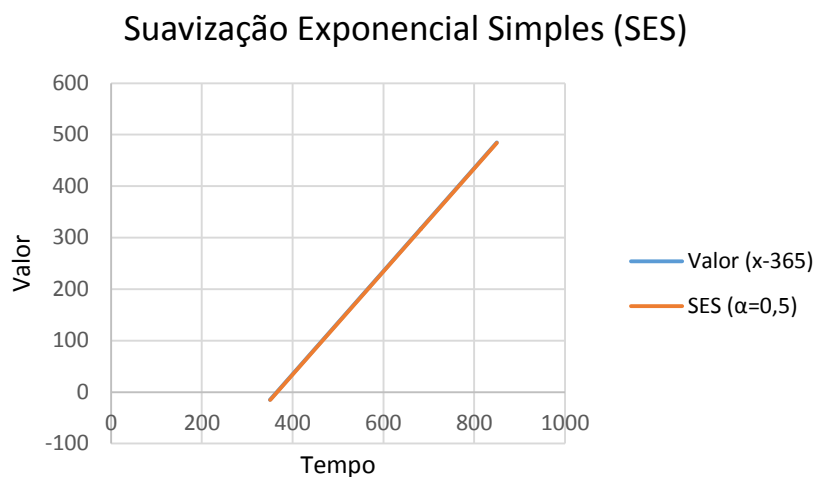
2.2.2. Exemplo Aleatório

Foi gerada uma série temporal com uma função do 1º Grau, uma função do 2º Grau, uma função periódica e uma função exponencial e o tempo equivalente ao valor das séries temporais para os tipos do método Suavização Exponencial, respeitando suas devidas fórmulas matemáticas.

Os gráficos gerados abaixo representam a função do primeiro grau em relação ao método da Suavização Exponencial.

Na Figura 15, a linha azul representa o valor de amostragem e a linha laranja representa o ajuste do método em relação ao valor. A aplicação do método da suavização simples na série temporal apresentou predominantemente o ajuste na série original.

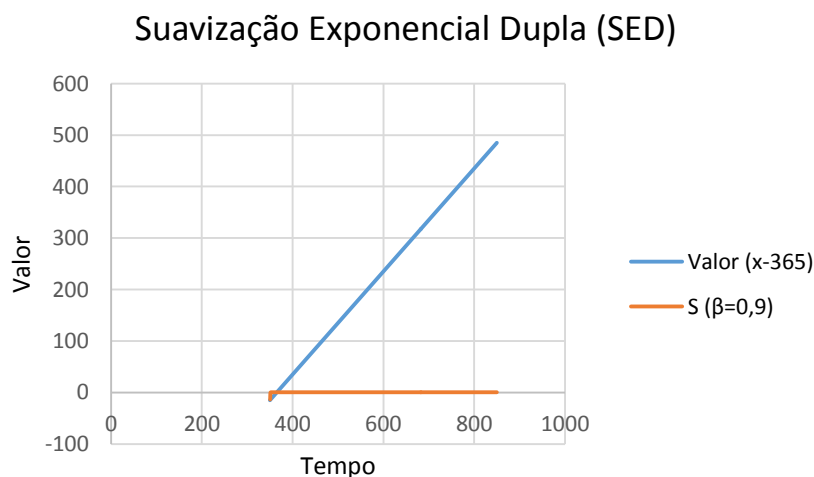
Figura 15: Gráfico referente à Suavização Exponencial Simples em função do primeiro grau



A classe da série temporal da Figura 15 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método suavização exponencial simples para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 16, é mostrado como a suavização exponencial dupla tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente baixa, possuindo baixas oscilações, tornando o método mais estável para essa classe de função.

Figura 16: Gráfico referente à Suavização Exponencial Dupla em função do primeiro grau

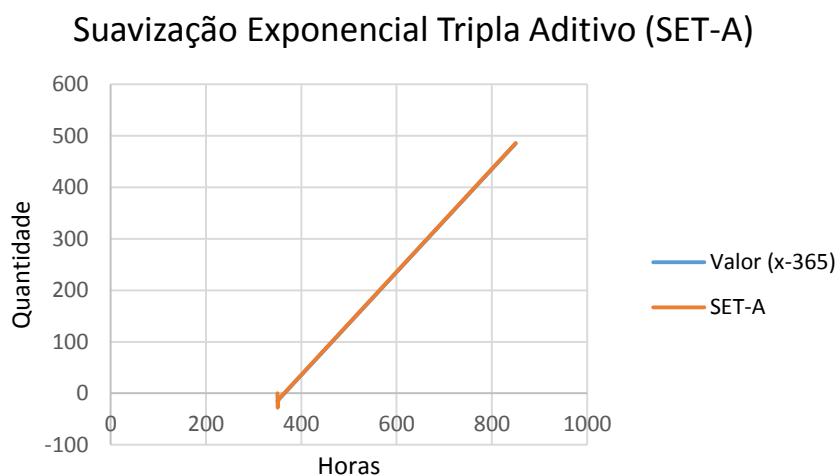


A classe da série temporal da Figura 16 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método suavização exponencial dupla para obter

a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 17, o mesmo caso se repete, variando os valores bem próximos um do outro em comparação da Figura 15, porém o gráfico muda parcialmente.

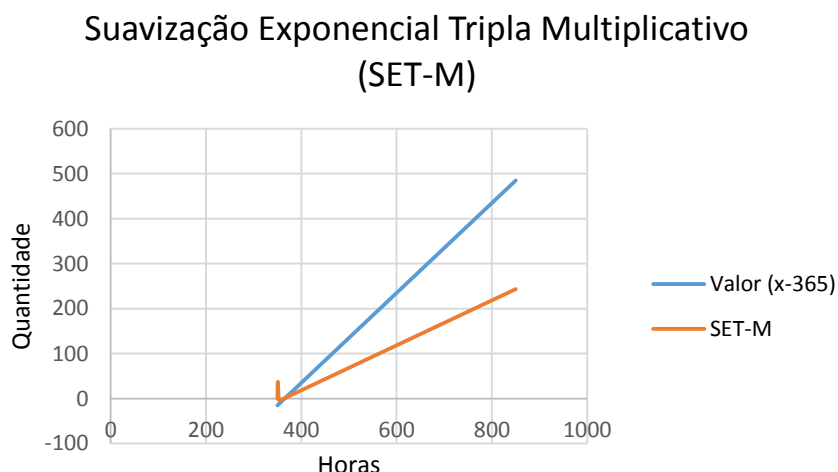
Figura 17: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Aditivo em função do primeiro grau



A classe da série temporal da Figura 17 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método suavização exponencial tripla aditivo para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 18, é mostrado como a suavização exponencial tripla multiplicativa tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é mediana.

Figura 18: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo em função do primeiro grau

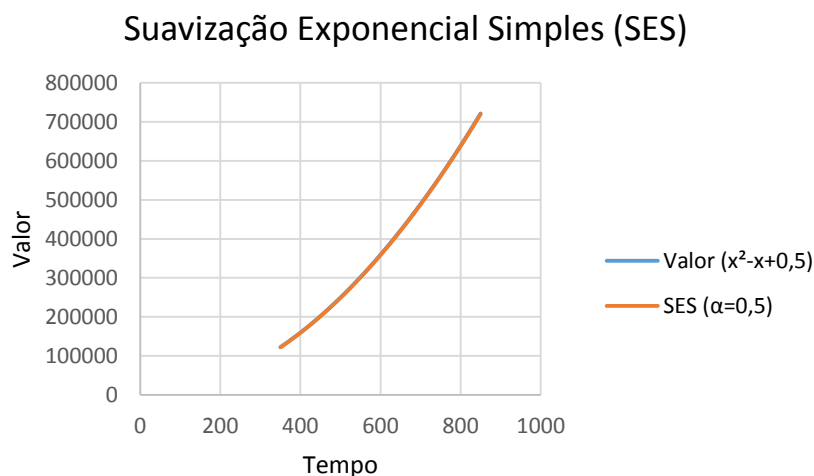


A classe da série temporal da Figura 18 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método suavização exponencial tripla multiplicativo para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Os gráficos gerados abaixo representam a função do segundo grau em relação ao método da Suavização Exponencial.

Na Figura 19, a aplicação do método da suavização simples na série temporal apresentou predominantemente o ajuste na série original.

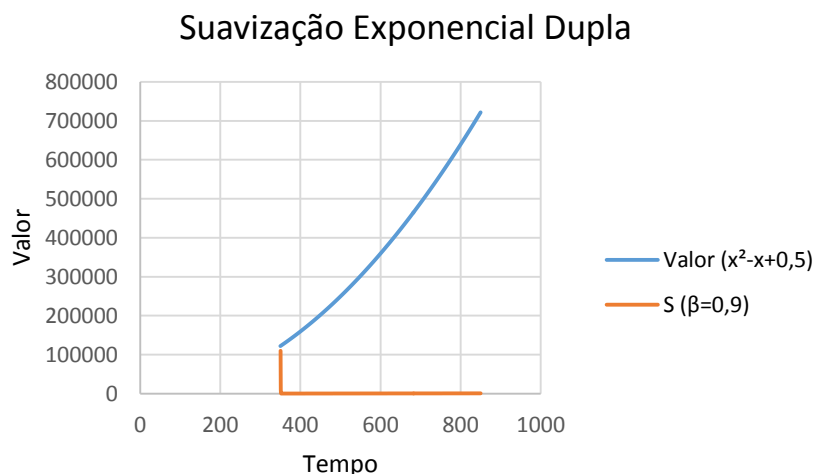
Figura 19: Gráfico referente à Suavização Exponencial Simples em função do segundo grau



A classe da série temporal da Figura 19 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método suavização exponencial simples para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 20, é mostrado como a suavização exponencial dupla tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente baixa, possuindo baixas oscilações, tornando o método mais estável para essa classe de função.

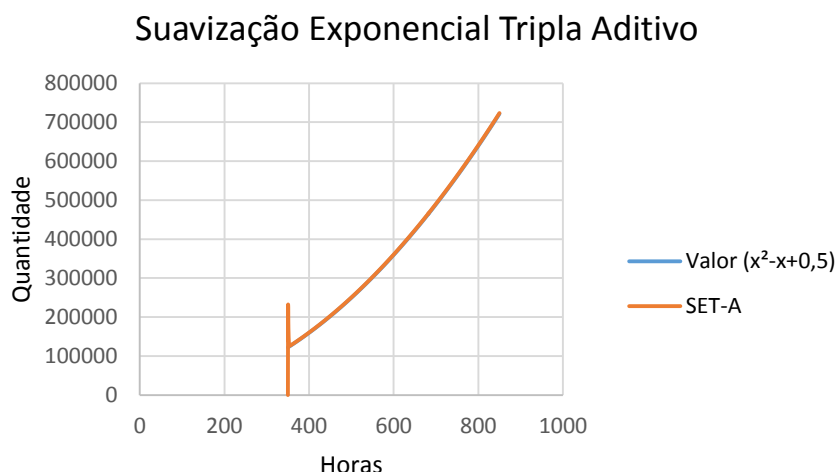
Figura 20: Gráfico referente à Suavização Exponencial Dupla em função do segundo grau



A classe da série temporal da Figura 20 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método suavização exponencial dupla para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 21, o mesmo caso se repete, variando os valores bem próximos um do outro em comparação da Figura 19, porém o gráfico muda parcialmente.

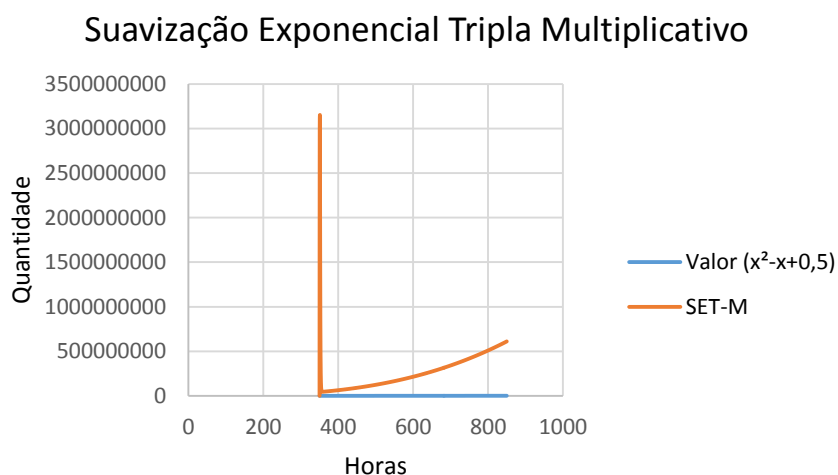
Figura 21: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Aditivo em função do segundo grau



A classe da série temporal da Figura 21 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método suavização exponencial tripla aditivo para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 22, é mostrado como a suavização exponencial tripla multiplicativa tem o ajuste desproporcional em relação à série temporal original, porém a variação do método é mediana.

Figura 22: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo em função do segundo grau



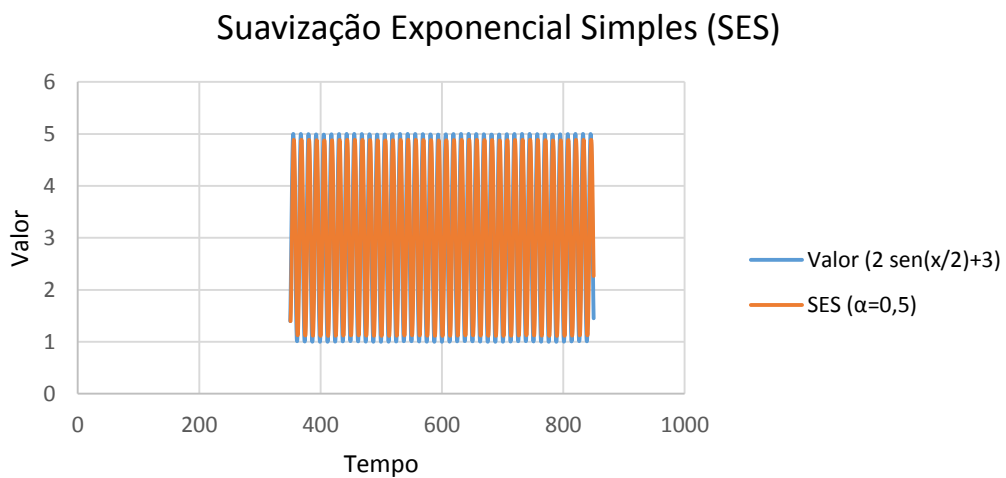
A classe da série temporal da Figura 22 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método suavização exponencial tripla

multiplicativo para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Os gráficos gerados abaixo representam a função periódica em relação ao método da Suavização Exponencial.

Na Figura 23, a aplicação do método da suavização simples na série temporal apresentou o ajuste regular na série original.

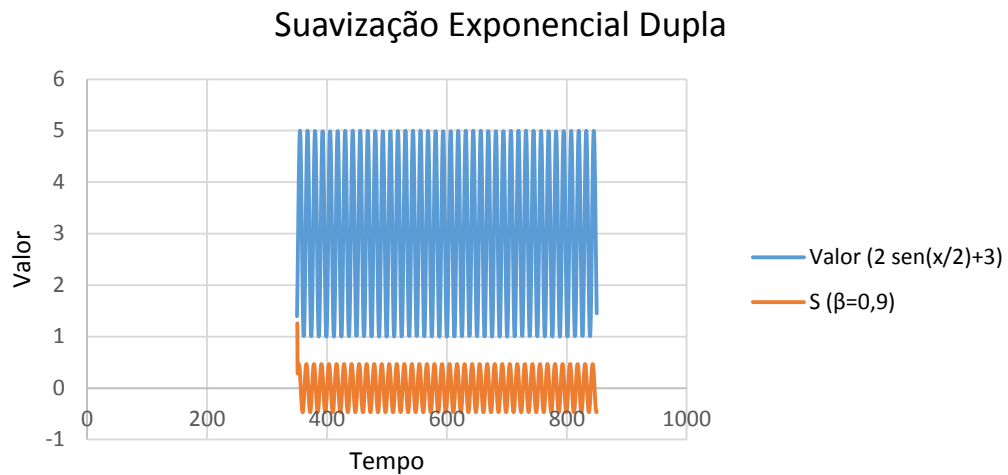
Figura 23: Gráfico referente à Suavização Exponencial Simples em função periódica



A classe da série temporal da Figura 23 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \sin(x/2) + 3$ no método suavização exponencial simples para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 24, é mostrado como a suavização exponencial dupla tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente baixa, possuindo baixas oscilações, tornando o método mais estável para essa classe de função.

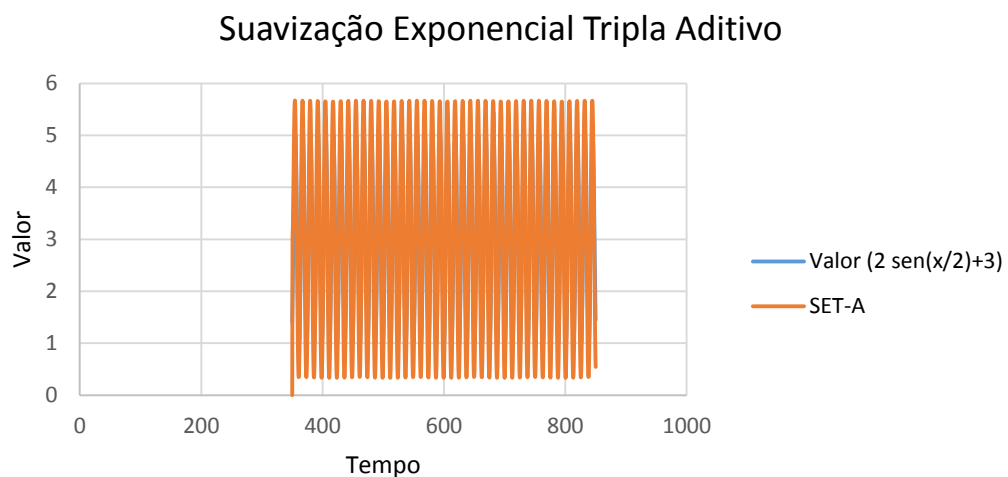
Figura 24: Gráfico referente à Suavização Exponencial Dupla em função periódica



A classe da série temporal da Figura 24 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \text{ sen}(x/2) + 3$ no método suavização exponencial dupla para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 25, a aplicação do método da suavização tripla aditivo na série temporal apresentou predominantemente o ajuste na série original.

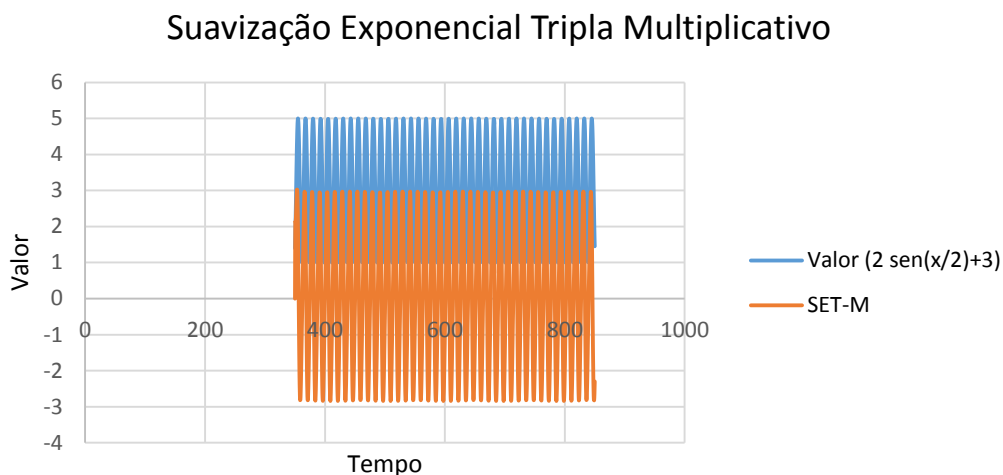
Figura 25: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Aditivo em função periódica



A classe da série temporal da Figura 25 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \text{ sen}(x/2) + 3$ no método suavização exponencial tripla aditivo para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 26, é mostrado como a suavização exponencial tripla multiplicativa tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é mediana.

Figura 26: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo em função periódica

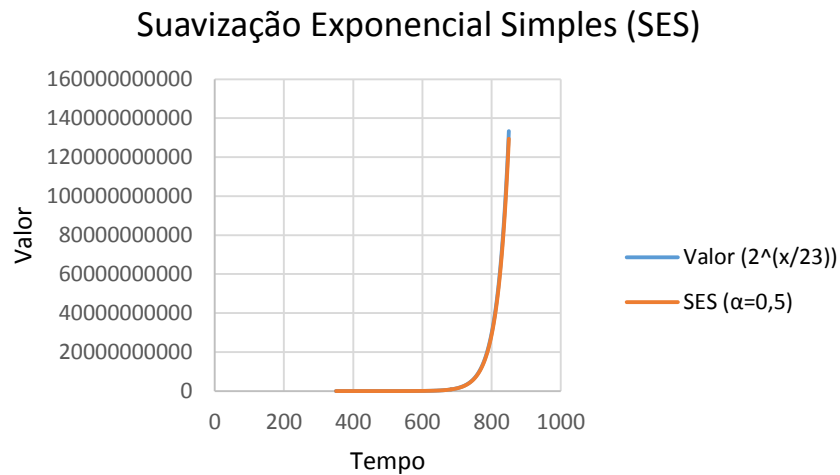


A classe da série temporal da Figura 26 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \text{ sen}(x/2) + 3$ no método suavização exponencial tripla multiplicativo para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Os gráficos gerados abaixo representam a função exponencial em relação ao método da Suavização Exponencial.

Na Figura 27, a aplicação do método da suavização simples na série temporal apresentou predominantemente o ajuste na série original.

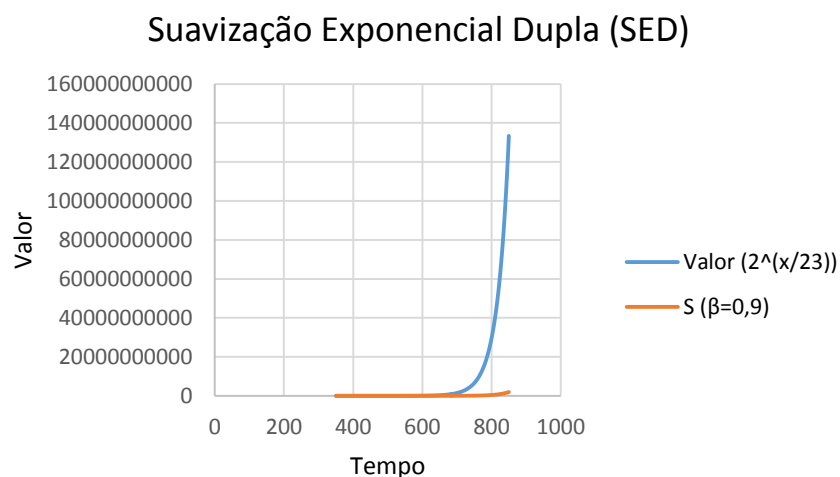
Figura 27: Gráfico referente à Suavização Exponencial Simples em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 27 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método suavização exponencial simples para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 28, é mostrado como a suavização exponencial dupla tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é baixa, possuindo baixas oscilações, tornando o método mais estável para essa classe de função.

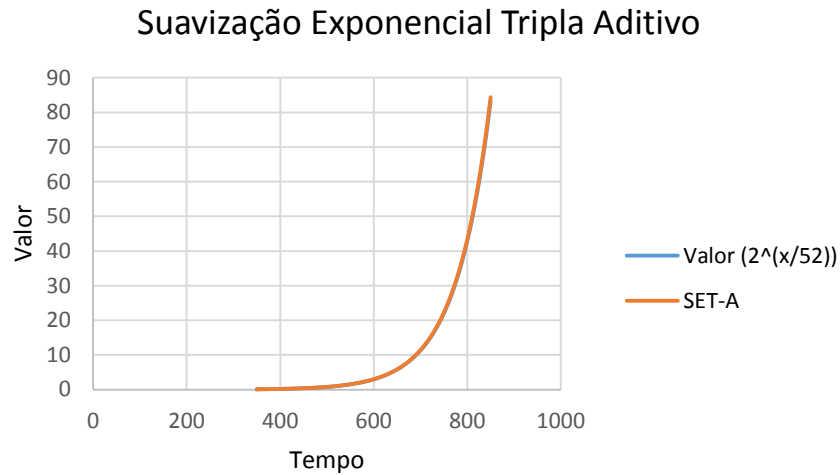
Figura 28: Gráfico referente à Suavização Exponencial Dupla em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 28 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método suavização exponencial dupla para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 29, a aplicação do método da suavização simples na série temporal apresentou predominantemente o ajuste na série original.

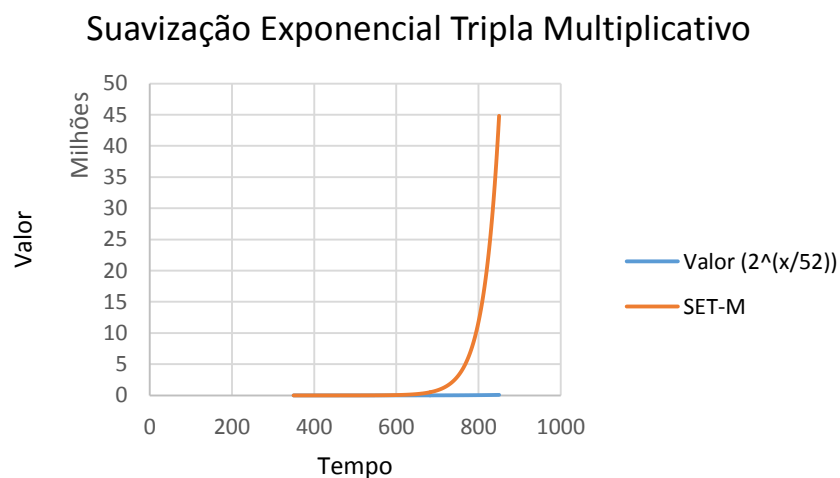
Figura 29: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Aditivo em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 29 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método suavização exponencial tripla aditivo para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 30, é mostrado como a suavização exponencial tripla multiplicativa tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é baixa, possuindo baixas oscilações.

Figura 30: Gráfico referente à Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 30 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método suavização exponencial tripla multiplicativo para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

2.3. Análise de Ondaletas (Wavelets)

A wavelet é classificada como uma onda que contém oscilações com uma amplitude que inicializa em zero, aumenta, e depois diminui a voltar para zero. Eles são criados para ter propriedades específicas que os tornam úteis para o processamento de sinais, para descrever objetos matemáticos tais como funções em diferentes níveis de resolução.

Usam um protótipo de função para transformar os dados de interesse em diferentes componentes de frequência, e em seguida, é analisada cada componente com uma resolução associada à sua escala. Portanto, a análise de ondaletas é capaz de proporcionar uma representação matemática compacta e eficaz de dados.

Em relação com a transformada de Fourier, que só fornece representações de frequência, wavelets fornecem tempo e frequência das localizações simultaneamente.

A transformada wavelet discreta (DWT) oferece uma hierarquia natural estrutural para representar o comportamento de dados em multiresolução (o termo é ligado com o estudo de ondas) dos níveis: os primeiros coeficientes contêm uma abordagem global, total aproximação dos dados, coeficientes adicionais ilustrando elevado detalhe. Essa propriedade pode ser usada para capturar o comportamento da execução.

Para obter características da execução no domínio do tempo, é necessário quebrar toda a execução do programa em intervalos e depois mostrar vários pontos de dados dentro de cada intervalo. Portanto, ao nível resolução mais fina, o comportamento no domínio do tempo do programa é representado por uma série de dados dentro de cada intervalo. Os dados amostrados podem ser quaisquer características do programa de tempo de execução de interesse. Aplica-se a DWT para cada intervalo, o resultado é um conjunto de coeficientes wavelet como os dados de

entrada originais, os primeiros coeficientes wavelet geralmente contêm a tendência importante.

Uma vantagem da utilização de coeficientes wavelet para a execução do programa é que o comportamento no domínio do tempo pode ser reconstruído a partir destes coeficientes.

A fórmula da ondaleta contínua é dada por:

$$CWT_{(a,b)} = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} X_{(n)} \left(\frac{n-b}{a} \right)$$

Onde:

X_n significa o valor do ponto de dados no momento n .

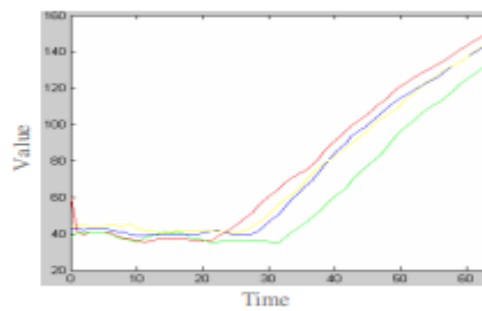
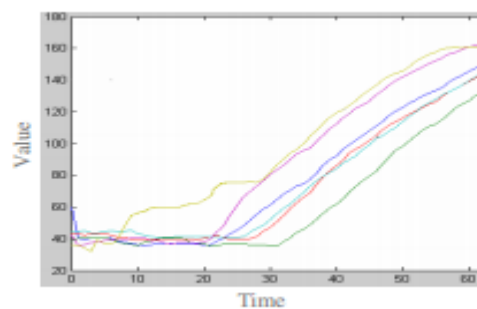
A fórmula da ondaleta discreta é dada por:

$$DWT_{(a,b)} = \int_{-\infty}^{\infty} X_{(n)} * \frac{1}{\sqrt{a}} \left(\frac{n-b}{a} \right)$$

2.3.1. Estudo de caso

O estudo de caso apresenta a trajetória de objetos em movimento que pode ser visto como uma série temporal, especialmente para um vídeo de vigilância. Propõe uma análise de similaridade e algoritmo de agrupamento de vídeo com base nos dados de séries temporais da trajetória que se deslocam a transformada wavelet do objeto em movimento. Considera-se que a cena é um vídeo de vigilância com a câmera fixa e tem apenas um objeto em movimento. Utiliza-se várias técnicas e implementa-se as buscas de similaridade e algoritmos de agrupamento baseados em movimentos de trajetória. Em primeiro lugar, o algoritmo detecta o objeto em movimento e encontra a série de tempo da trajetória em movimento. Em seguida, utiliza-se a transformada wavelet para alcançar a redução de dimensionalidade e obter o primeiro coeficiente de wavelet para substituir os dados originais da série temporal.

Na Figura 31 mostra o resultado pela primeira regra de similaridade e na Figura 32 sob a segunda regra.

Figura 31: Resultado pela primeira regra de similaridade**Figura 32:** Resultado pela segunda regra de similaridade

Fonte: LUO; LIAO; ZHAN, 2010, p. 628.

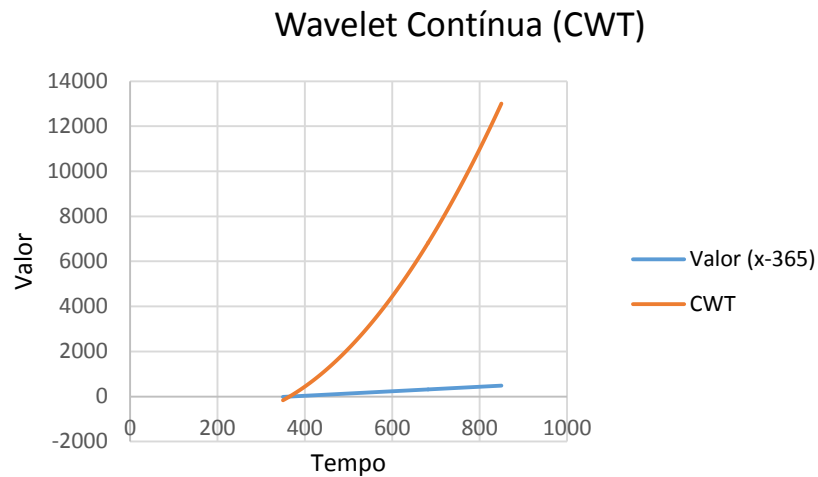
Analisando o resultado, podemos ver que o método de ondaletas pode representar a sua série temporal corretamente. Enquanto o número da série similar sob a segunda regra de semelhança é menor do que a primeira regra, isso ocorre devido a precisão ser maior que a primeira regra.

2.3.2. Exemplo Aleatório

Os gráficos gerados abaixo representam a função do primeiro grau em relação ao método da Suavização Exponencial.

Na Figura 33, é mostrado como a ondaleta contínua tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente alta.

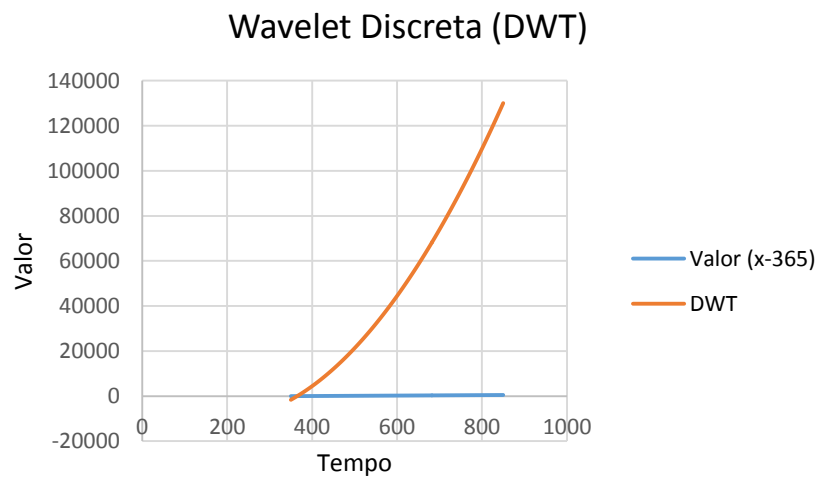
Figura 33: Gráfico referente à Wavelet Contínua em função do primeiro grau



A classe da série temporal da Figura 33 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método ondaleta contínua para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 34, é mostrado como a ondaleta discreta tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente alta.

Figura 34: Gráfico referente à Wavelet Discreta em função do primeiro grau

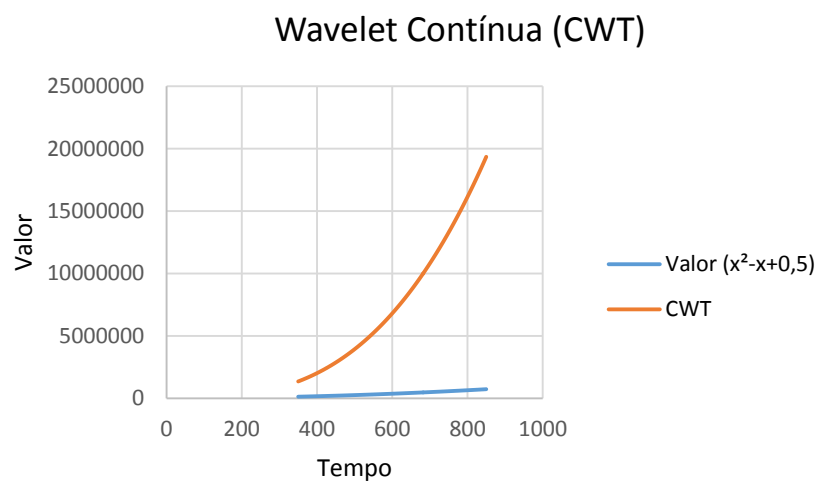


A classe da série temporal da Figura 34 é do primeiro grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x - 365$ no método ondaleta discreta para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Os gráficos gerados abaixo representam a função do segundo grau em relação ao método da Suavização Exponencial.

Na Figura 35, é mostrado como a ondaleta contínua tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente alta.

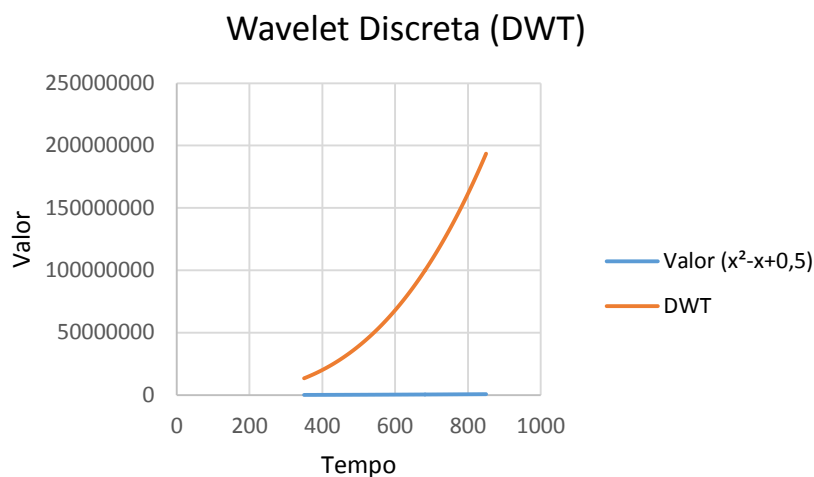
Figura 35: Gráfico referente à Wavelet Contínua em função do segundo grau



A classe da série temporal da Figura 35 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método ondaleta contínua para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 36, é mostrado como a ondaleta discreta tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente alta.

Figura 36: Gráfico referente à Wavelet Discreta em função do segundo grau

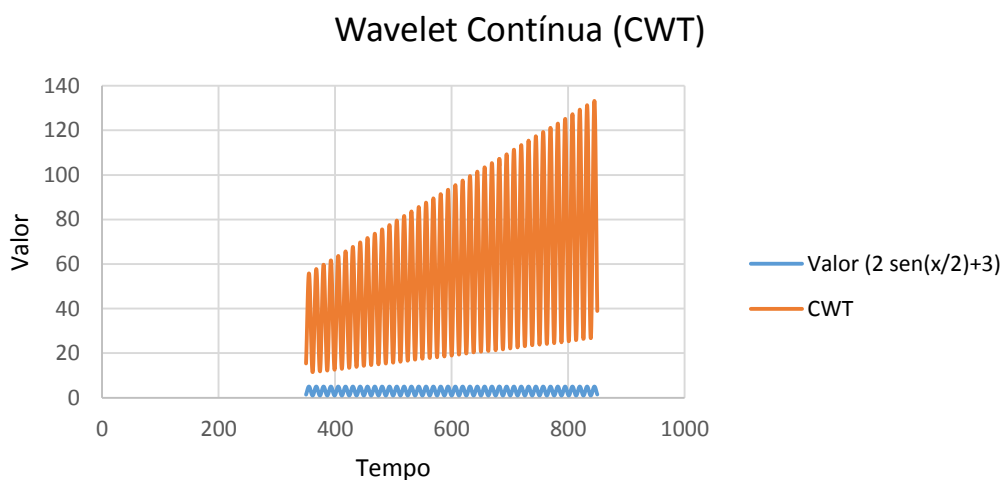


A classe da série temporal da Figura 36 é do segundo grau com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = x^2 - x + 0,5$ no método ondaleta discreta para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Os gráficos gerados abaixo representam a função periódica em relação ao método da Suavização Exponencial.

Na Figura 37, é mostrado como a ondaleta contínua tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente alta e possuindo altas oscilações.

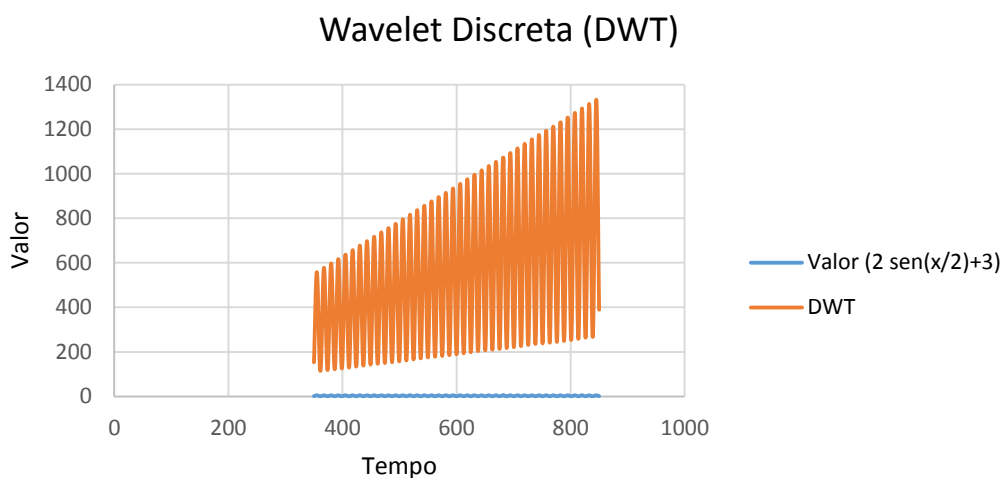
Figura 37: Gráfico referente à Wavelet Contínua em função periódica



A classe da série temporal da Figura 37 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \text{ sen}(x/2) + 3$ no método ondaleta contínua para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 38, é mostrado como a ondaleta discreta tem o ajuste desigual em relação à série temporal original, porém a variação do método é constantemente alta e possuindo altas oscilações.

Figura 38: Gráfico referente à Wavelet Discreta em função periódica

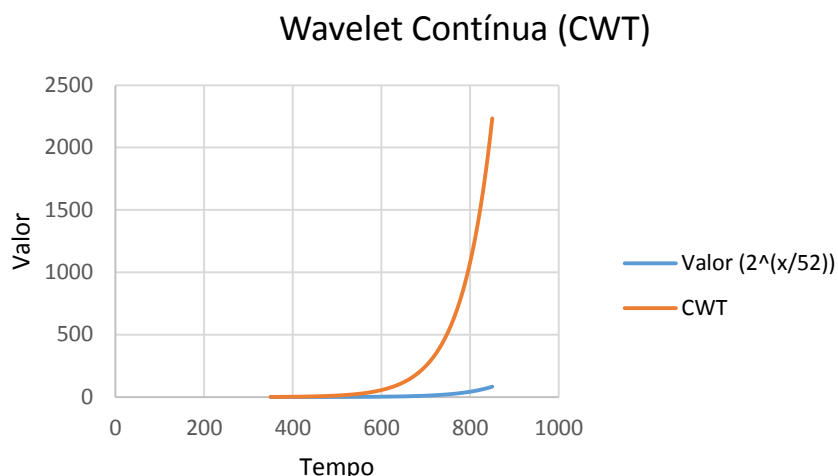


A classe da série temporal da Figura 38 é periódica com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2 \text{ sen}(x/2) + 3$ no método ondaleta discreta para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Os gráficos gerados abaixo representam a função exponencial em relação ao método da Suavização Exponencial.

Na Figura 39, a aplicação do método da ondaleta contínua na série temporal apresentou o ajuste regular na série original.

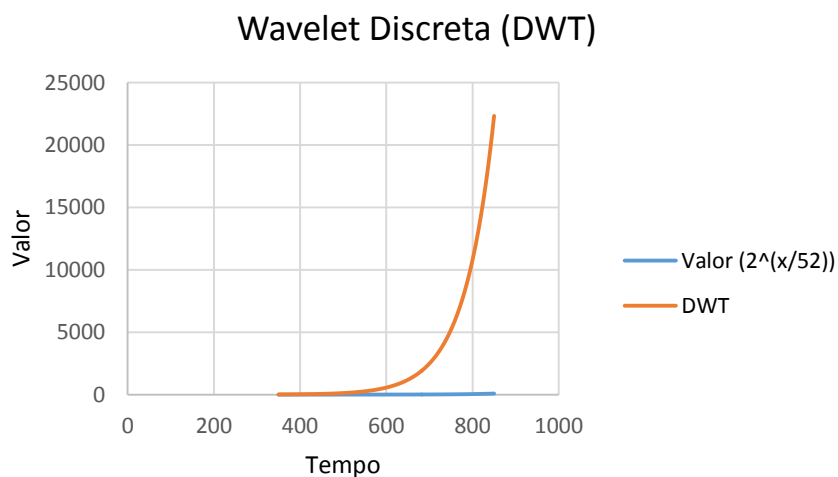
Figura 39: Gráfico referente à Wavelet Contínua em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 39 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método ondaleta contínua para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

Na Figura 40, a aplicação do método da ondaleta contínua na série temporal apresentou o ajuste regular na série original.

Figura 40: Gráfico referente à Wavelet Discreta em função exponencial



A classe da série temporal da Figura 40 é exponencial com uma função gerada aleatoriamente $f(x) = 2^{(x/23)}$ no método ondaleta discreta para obter a sequência da série temporal para realizar a análise do melhor método da mesma classe.

CAPÍTULO 3 – COMPARAÇÕES COM FUNÇÕES GENÉRICAS

O estudo é feito em diferentes tipos de funções, como de primeiro grau, segundo grau, periódica e exponencial. Os resultados definem qual é o melhor método pelo cálculo feito com o critério de comparação. O resultado obtido de cada método apresenta menor índice de variação, é conseqüentemente o melhor método para aquela série temporal utilizada.

O critério de comparação é analisado pela média de variação, que é calculada a partir do somatório do quadrado da diferença entre os dados do método com a média ponderada dividido pelo somatório do tempo. A fórmula da média de variação é dada por:

$$Var_m = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_p)^2}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

Onde a média ponderada (M_p) é dada por:

$$M_p = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i * x_i)}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

Onde:

p_i = tempo da série temporal no instante i

x_i = valor do método da série temporal no instante i

Para determinar qual método é mais significativo para a série temporal, é gerado cinco funções para cada classe matemática (função do primeiro grau, função do segundo grau, função periódica e função exponencial) e comparar entre elas a média de variação.

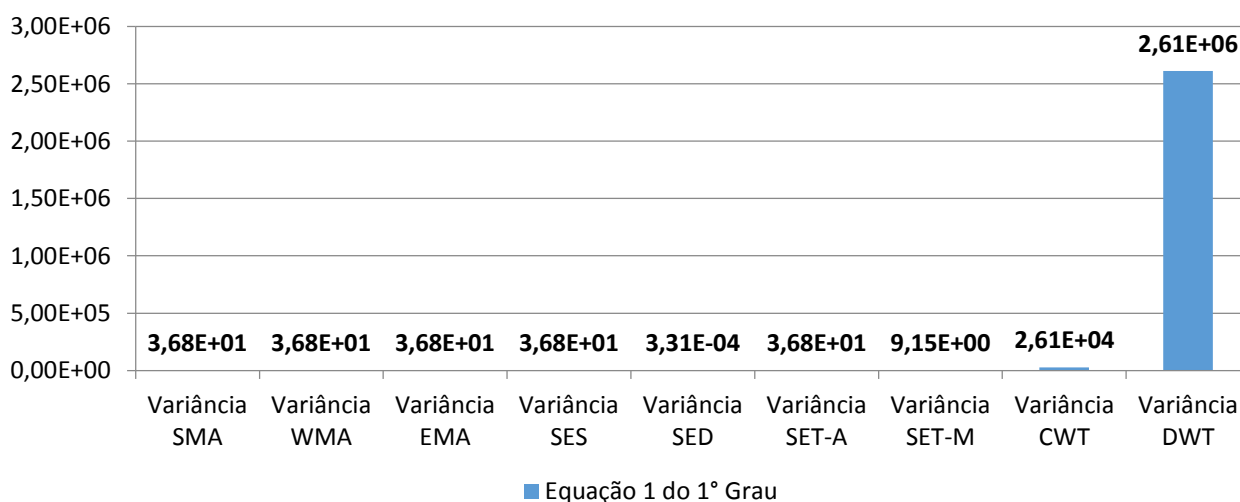
3.1. Análise Função 1º Grau

Para essa classe é feito a comparação dos resultados das médias de variâncias de cada um dos métodos como os gráficos abaixo mostram em função do primeiro grau. Os testes foram feitos com cinco funções do primeiro grau para garantir o método mais apropriado para série temporal. Deste modo, é aplicado para todas as sequências que foram geradas, no caso mil (1000 elementos).

$$1) f(x) = x - 365$$

A Figura 41 abaixo é gerado de acordo com os dados das médias de variações de cada método. Nota-se que no gráfico o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.

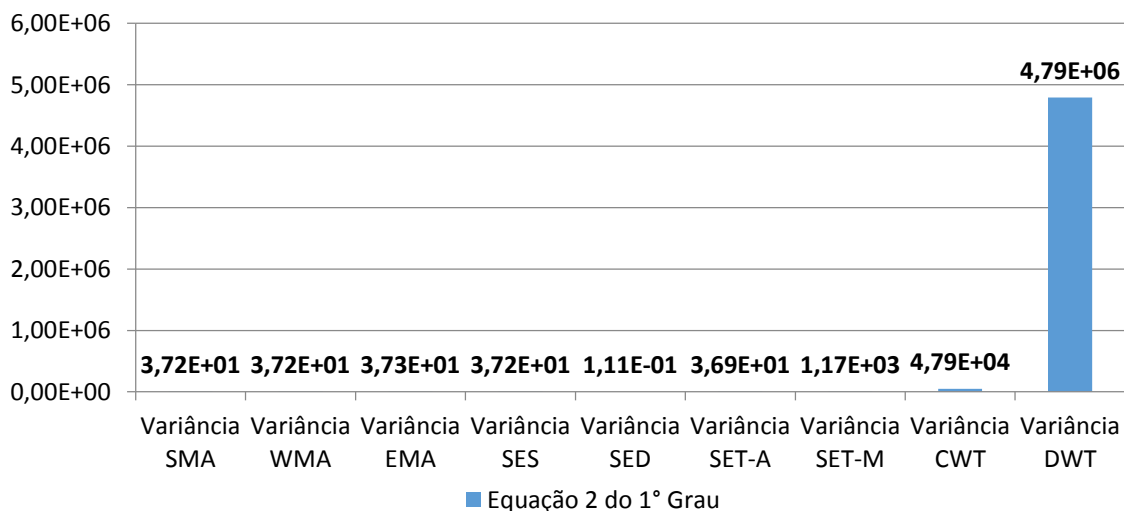
Figura 41: Função 1 do Primeiro Grau $f(x) = x - 365$



2) $f(x) = -x + 64$

Nota-se que na Figura 42 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta como no método anterior.

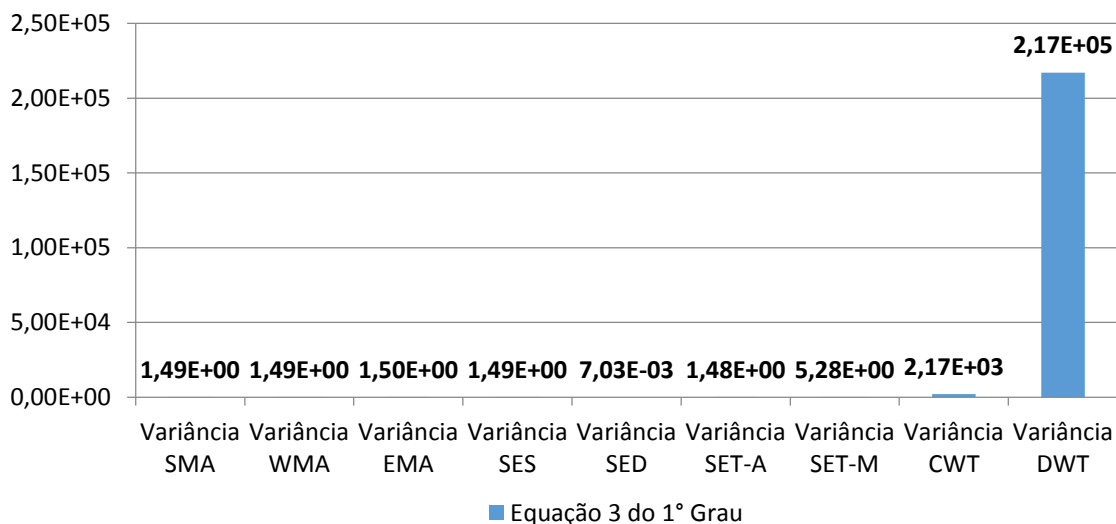
Figura 42: Função 2 do Primeiro Grau $f(x) = -x + 64$



3) $f(x) = \frac{x}{5+2}$

Nota-se que na Figura 43 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta como no método anterior.

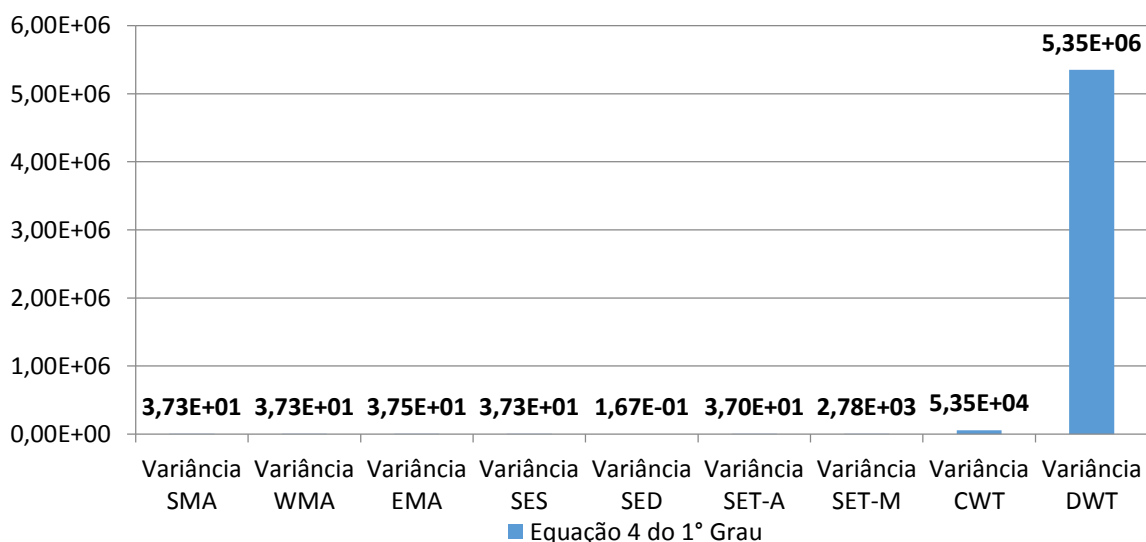
Figura 43: Função 3 do Primeiro Grau $f(x) = \frac{x}{5+2}$



4) $f(x) = x + 1$

Nota-se que na Figura 44 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta como no método anterior.

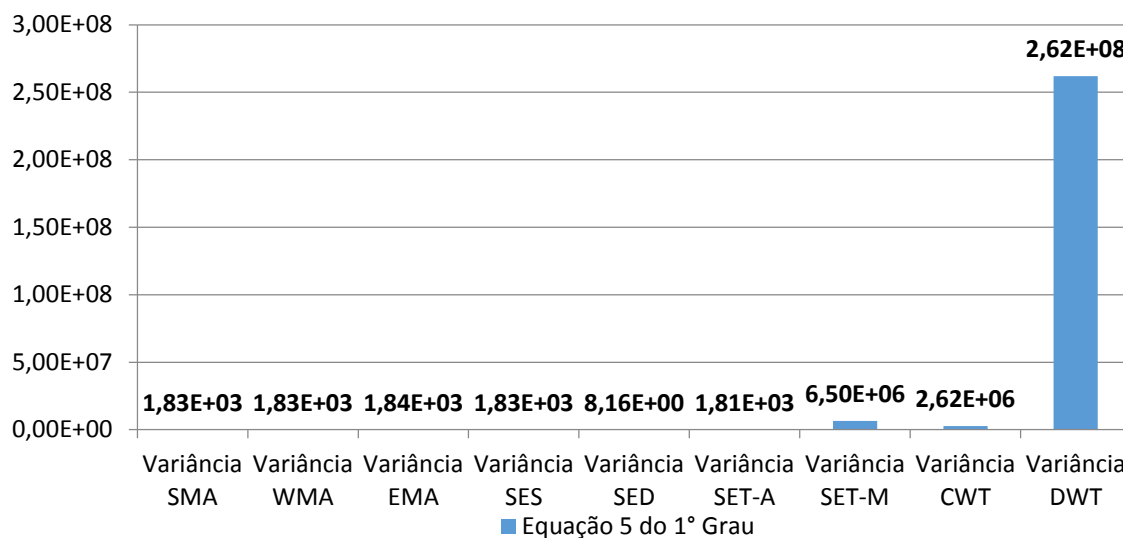
Figura 44: Função 4 do Primeiro Grau $f(x) = x + 1$



5) $f(x) = -7x - 3$

Nota-se que na Figura 45 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta como no método anterior.

Figura 45: Função 5 do Primeiro Grau $f(x) = -7x - 3$



Conclui-se que em função de reta, o método Suavização Exponencial Dupla apresenta melhor desempenho para essa classe específica.

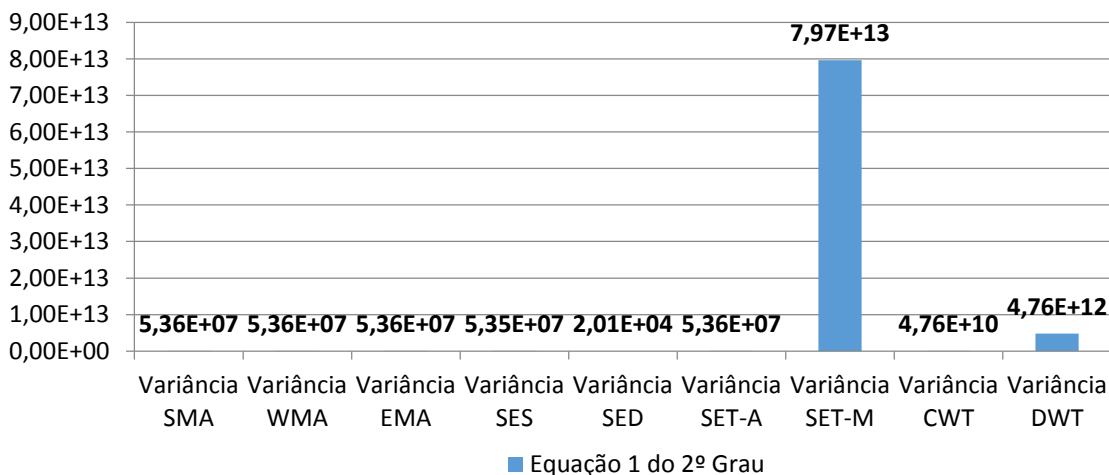
3.2. Análise Função 2º Grau

Para essa classe é feito a comparação dos resultados das médias de variâncias de cada um dos métodos como os gráficos abaixo mostram em função do segundo grau. Os testes foram feitos com cinco funções do segundo grau para garantir o método mais apropriado para série temporal. Deste modo, é aplicado para todas as sequências que foram geradas, no caso mil (1000 elementos).

$$1) f(x) = x^2 - x + 0,5$$

Nota-se que na Figura 46 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo.

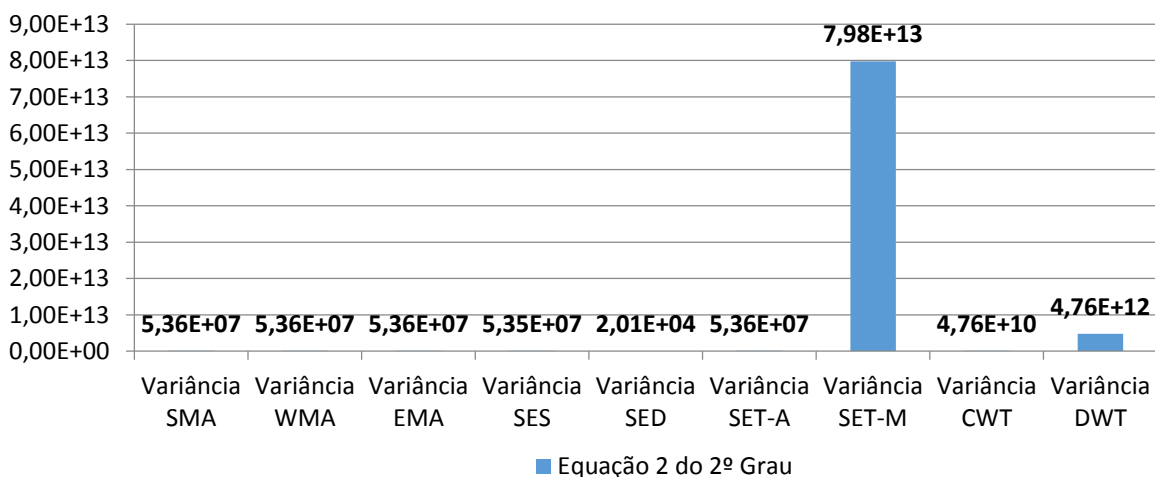
Figura 46: Função 1 do Segundo Grau $f(x) = x^2 - x + 0,5$



2) $f(x) = x^2 - x + 20$

Nota-se que na Figura 47 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo como no método anterior.

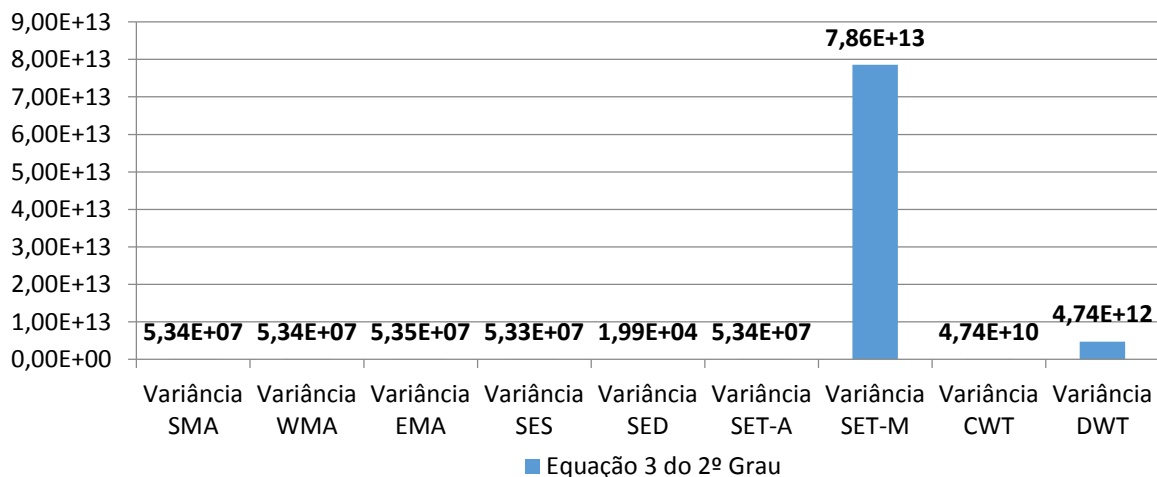
Figura 47: Função 2 do Segundo Grau $f(x) = x^2 - x + 20$



3) $f(x) = x^2 - 3x - 4$

Nota-se que na Figura 48 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo como no método anterior.

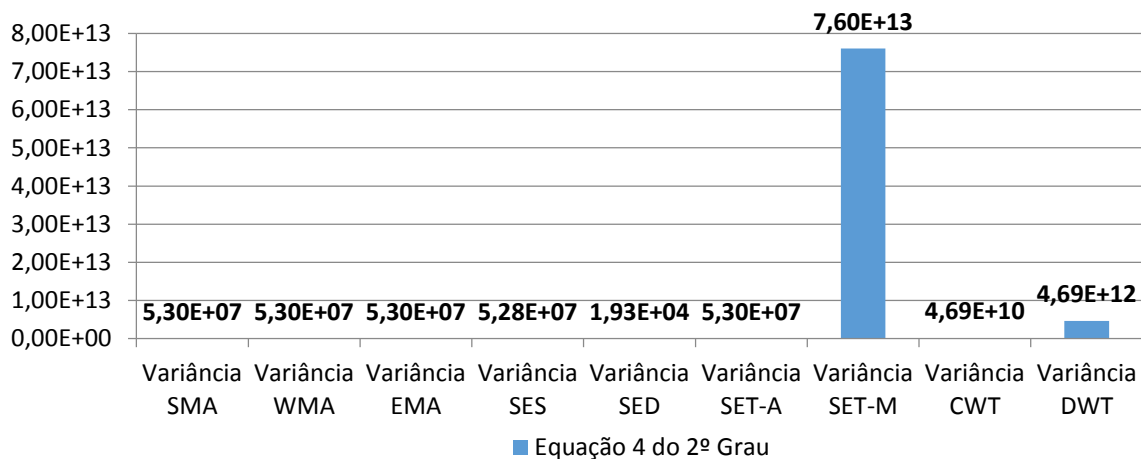
Figura 48: Função 3 do Segundo Grau $f(x) = x^2 - 3x - 4$



4) $f(x) = x^2 - 8x + 7$

Nota-se que na Figura 49 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo como no método anterior.

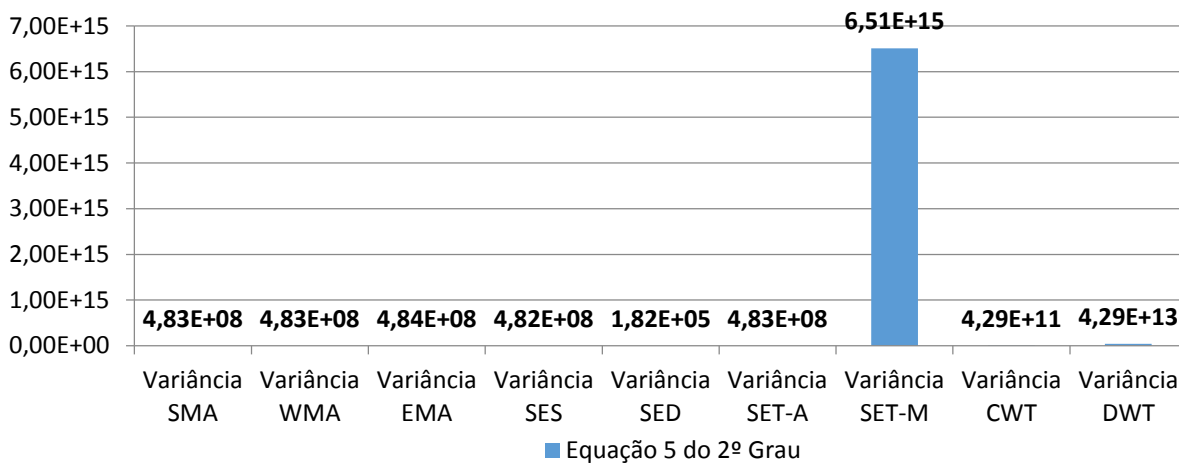
Figura 49: Função 4 do Segundo Grau $f(x) = x^2 - 8x + 7$



5) $f(x) = 3x^2 + 55$

Nota-se que na Figura 50 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo como no método anterior.

Figura 50: Função 5 do Segundo Grau $f(x) = 3x^2 + 55$



Conclui-se que em equação do segundo grau, o método Suavização Exponencial Dupla apresenta melhor desempenho para essa classe específica.

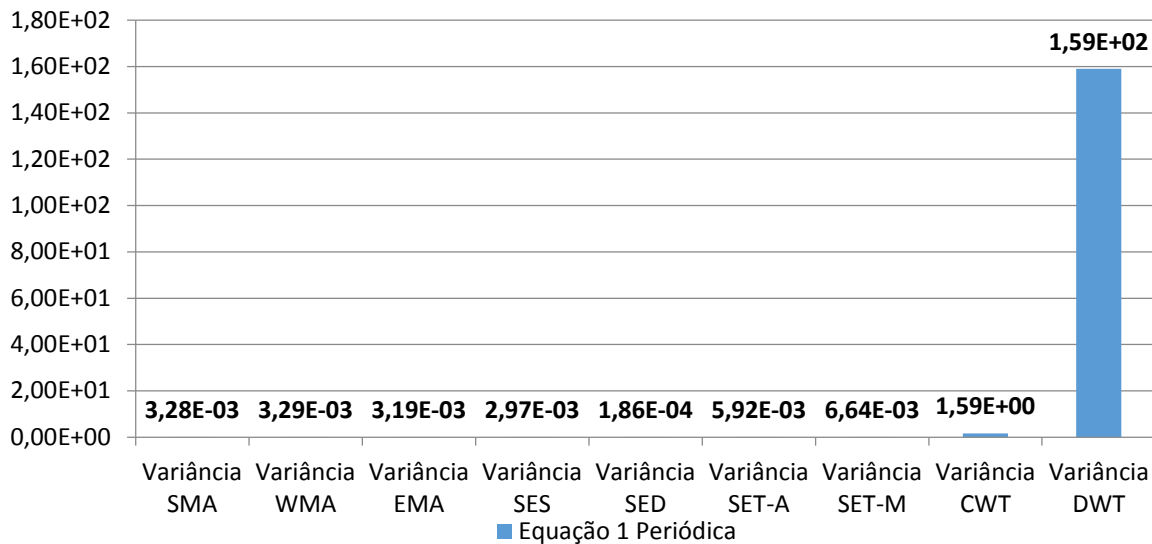
3.3. Análise Função Periódica

Para essa classe é feito a comparação dos resultados das médias de variâncias de cada um dos métodos como os gráficos abaixo mostram em função periódica. Os testes foram feitos com cinco funções periódicas para garantir o método mais apropriado para série temporal. Deste modo, é aplicado para todas as sequências que foram geradas, no caso mil (1000 elementos).

$$1) f(x) = 2 \sin\left(\frac{x}{2}\right) + 3$$

Nota-se que na Figura 51 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.

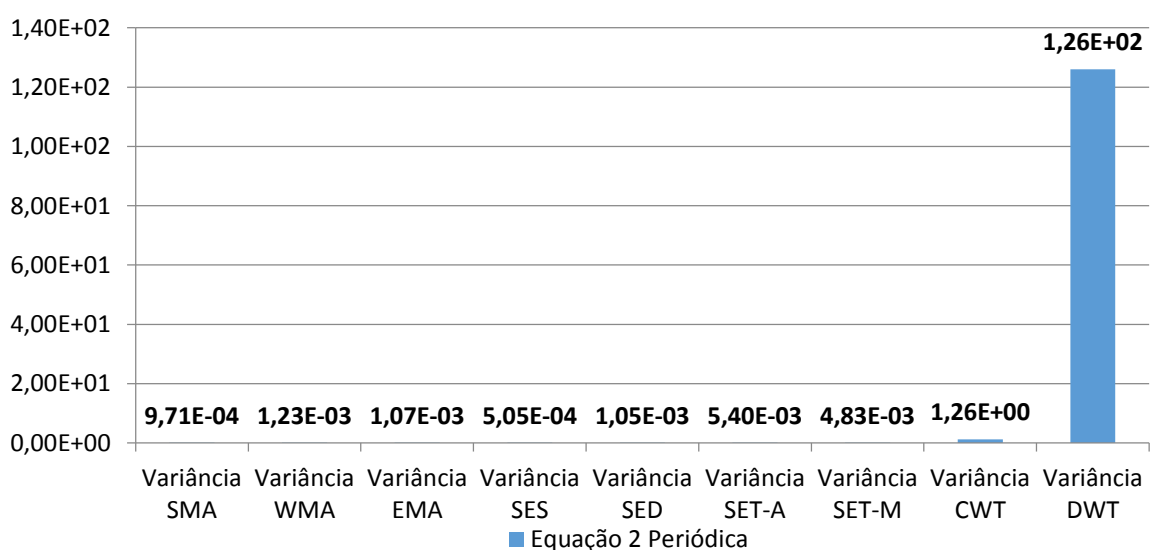
Figura 51: Função 1 Periódica $f(x) = 2 \sin\left(\frac{x}{2}\right) + 3$



2) $f(x) = 2 \sin(4x)$

Nota-se que na Figura 52 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta como no método anterior.

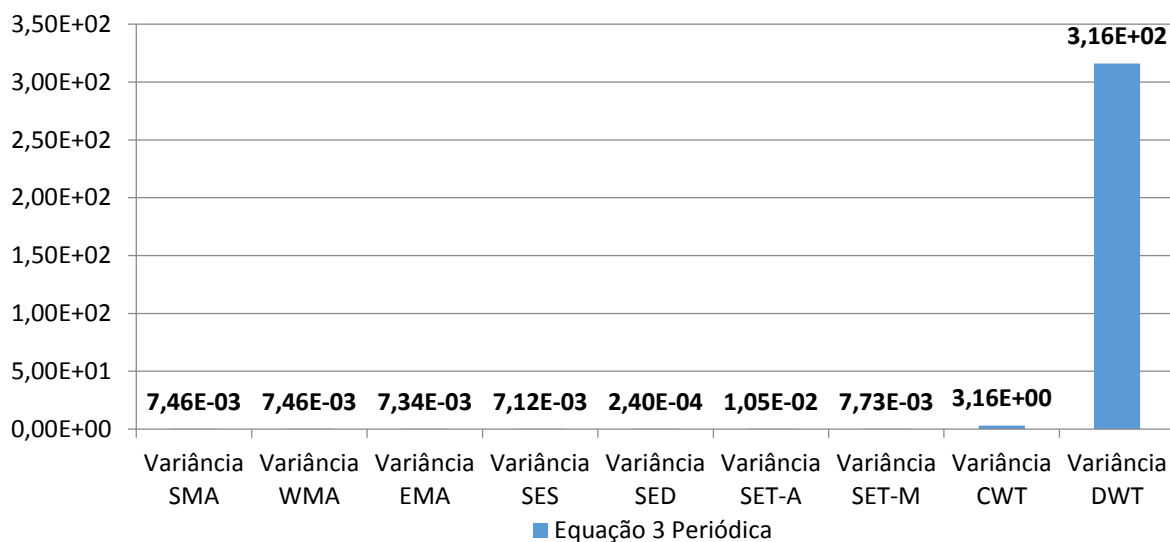
Figura 52: Função 2 Periódica $f(x) = 2 \sin(4x)$



3) $f(x) = -3 \cos\left(\frac{x}{3}\right) + 3$

Nota-se que na Figura 53 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta como no método anterior.

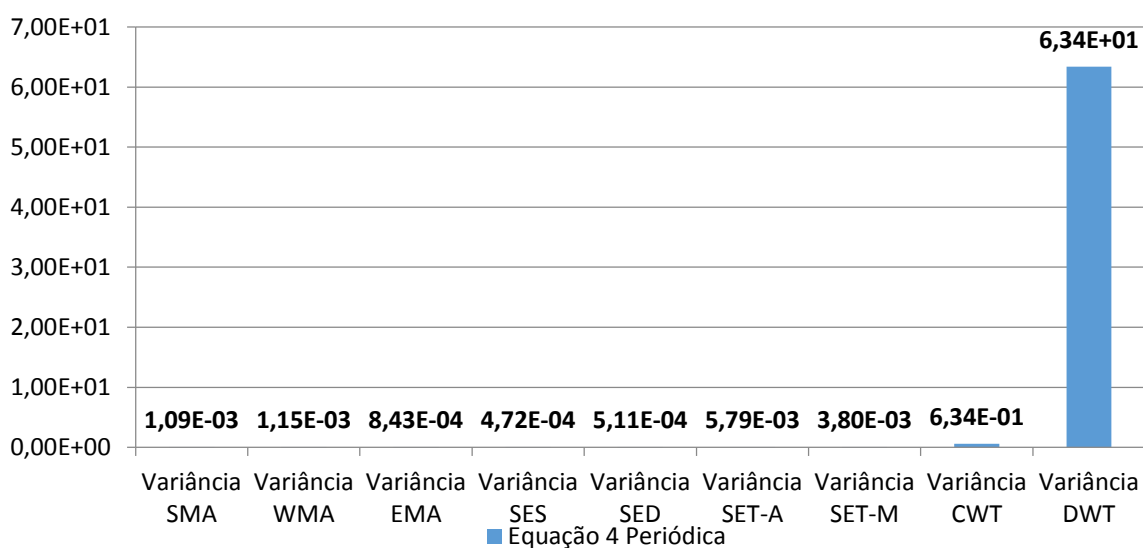
Figura 53: Função 3 Periódica $f(x) = -3 \cos\left(\frac{x}{3}\right) + 3$



4) $f(x) = \sin(2x) + \cos(3x - 2)$

Nota-se que na Figura 54 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Simples e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.

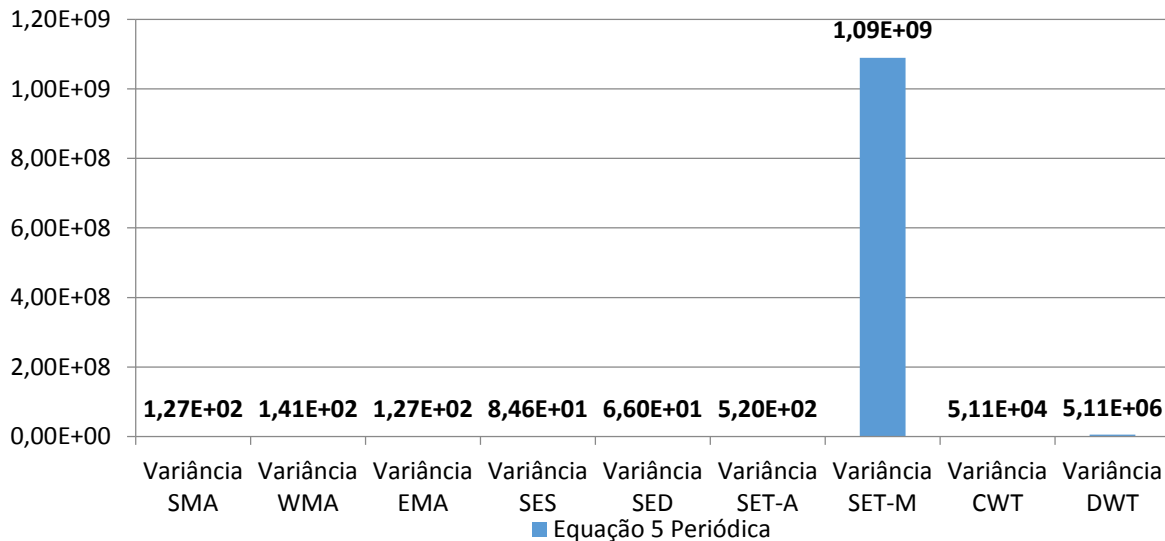
Figura 54: Função 4 Periódica $f(x) = \sin(2x) + \cos(3x - 2)$



5) $f(x) = \tan(2x + 5) + \cot(3x)$

Nota-se que na Figura 55 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Suavização Exponencial Tripla Multiplicativa.

Figura 55: Função 5 Periódica $f(x) = \tan(2x + 5) + \cot(3x)$



Conclui-se que em equações periódicas, o método Suavização Exponencial Dupla apresenta melhor desempenho para essa classe específica, porém o método Suavização Exponencial Simples pode contribuir dependendo dos valores atribuídos a função.

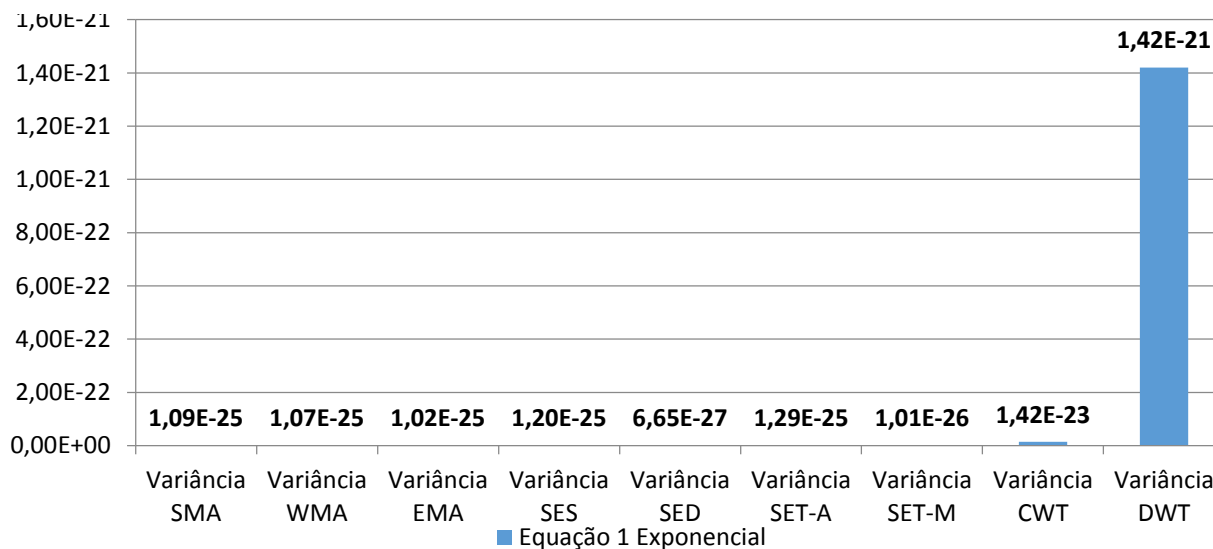
3.4. Análise Função Exponencial

Para essa classe é feito a comparação dos resultados das médias de variâncias de cada um dos métodos como os gráficos abaixo mostram em função exponencial. Os testes foram feitos com cinco funções exponenciais para garantir o método mais apropriado para série temporal. Deste modo, é aplicado para todas as sequências que foram geradas, no caso mil (1000 elementos).

$$1) f(x) = 2^{\frac{x}{23}}$$

Nota-se que na Figura 56 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.

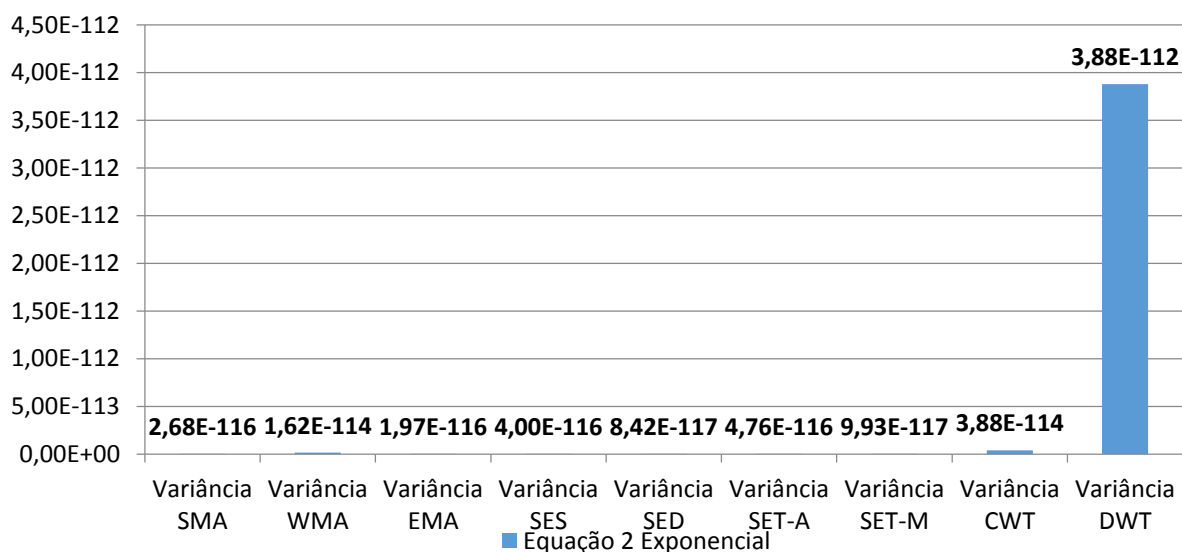
Figura 56: Função 1 Exponencial $f(x) = \frac{x}{2^{23}}$



2) $f(x) = 0,7^{\frac{x}{5}}$

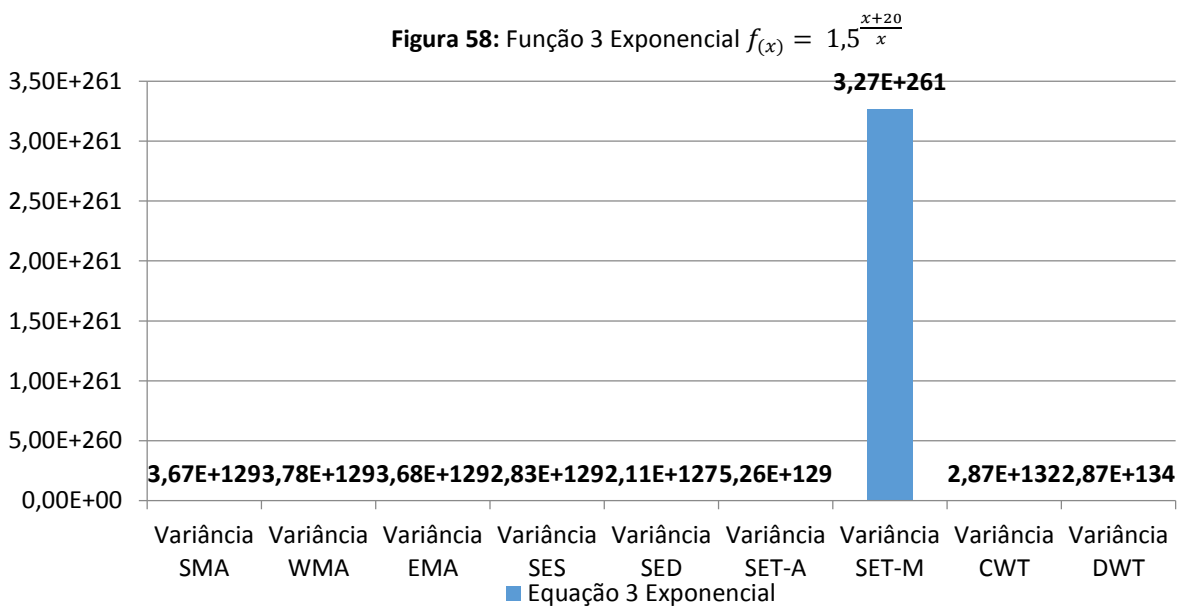
Nota-se que na Figura 57 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta como no método anterior.

Figura 57: Função 2 Exponencial $f(x) = 0,7^{\frac{x}{5}}$



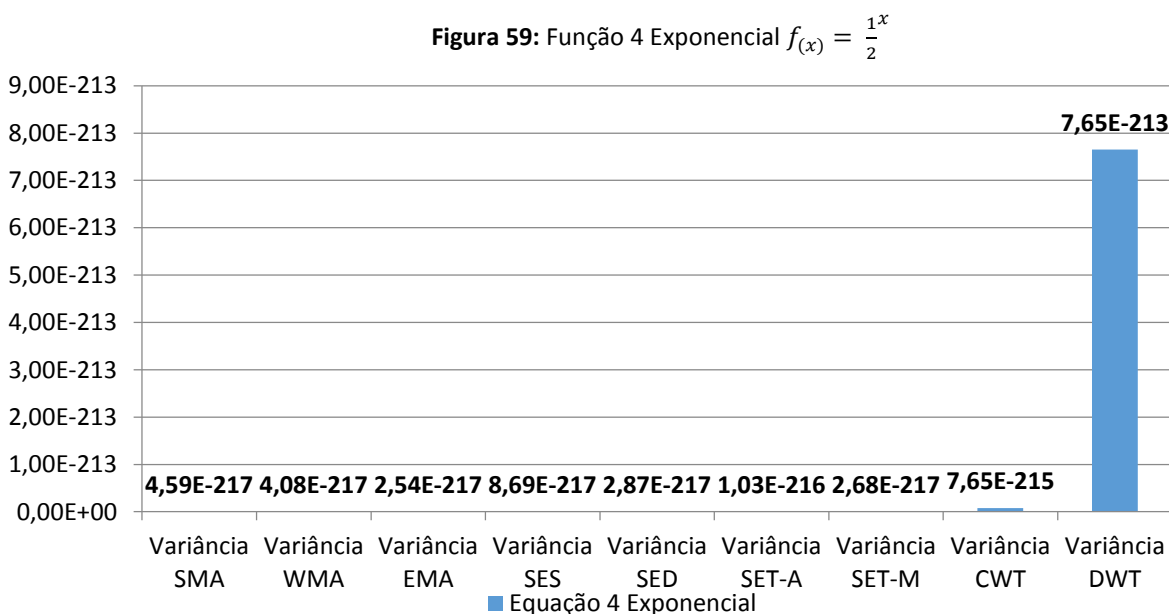
3) $f(x) = 1,5^{\frac{x+20}{x}}$

Nota-se que na Figura 58 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo.



4) $f(x) = \frac{1^x}{2}$

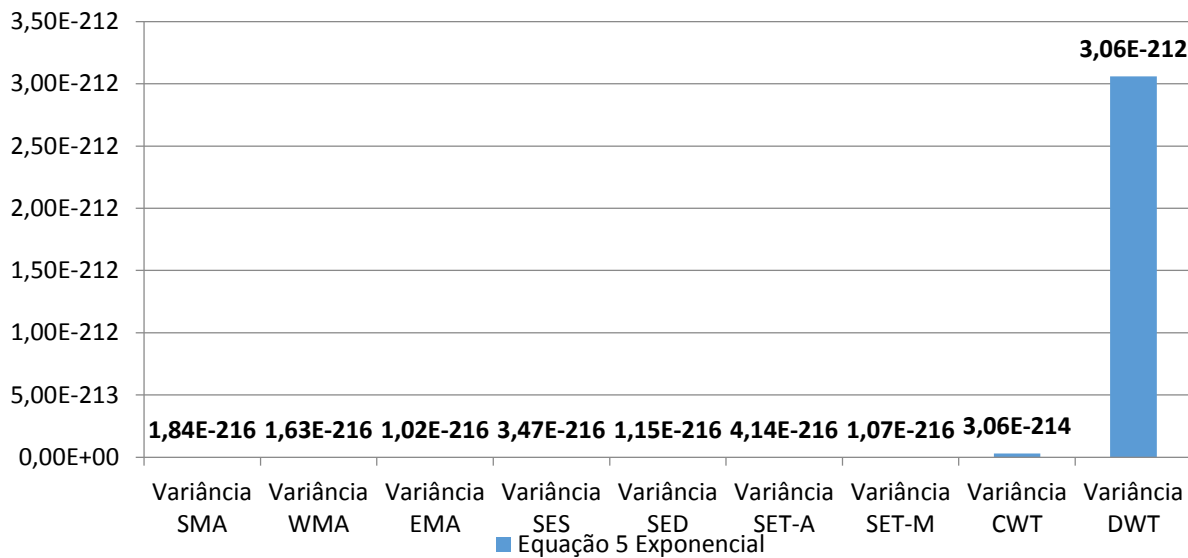
Nota-se que na Figura 59 o método que possui menor variação é a Média Móvel Exponencial e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.



5) $f(x) = 2^{-x+1}$

Nota-se que na Figura 60 o método que possui menor variação é a Média Móvel Exponencial e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.

Figura 60: Função 5 Exponencial $f(x) = 2^{-x+1}$



Conclui-se que em equações exponenciais, o método Suavização Exponencial Dupla apresenta melhor desempenho para essa classe específica, porém o método Média Móvel Exponencial pode contribuir dependendo dos valores atribuídos a função.

CAPÍTULO 4 – COMPARAÇÕES COM ANÁLISE

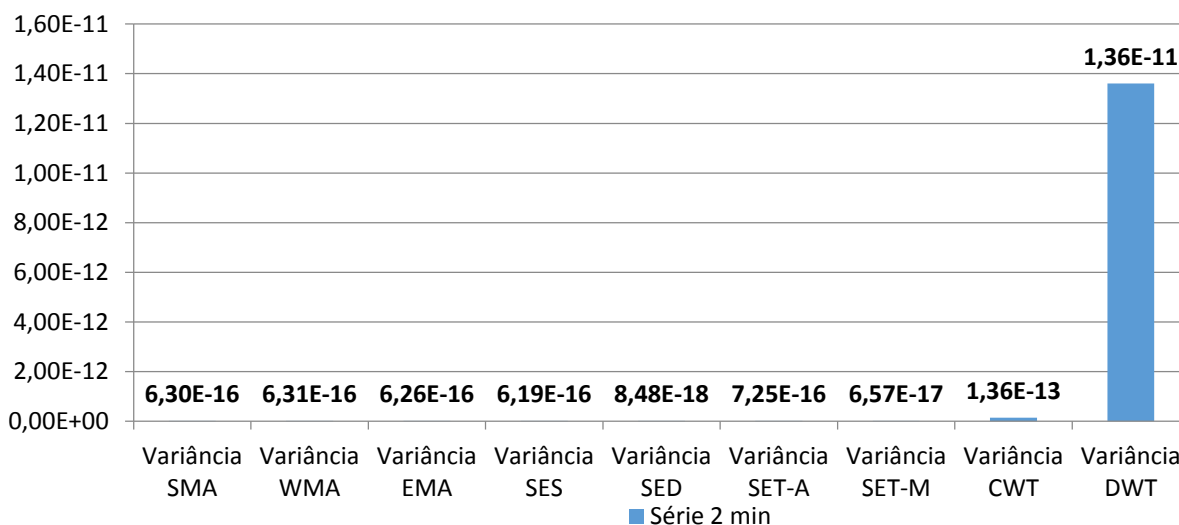
O estudo para a análise é feito também com valores reais de séries temporais para ganhar mais credibilidade. A série temporal inclui o tempo variando de meio segundo e o valor variando conforme o tempo, gerando uma sequência de 1000 elementos.

As amostras das séries temporais de 2 minutos, 4 minutos e 8 minutos são resultados da análise do espectro Uv-Vis de ZnO (óxido de zinco). Nestes dados, deve-se identificar uma banda larga de emissão luminescente com pico máximo fixado na região do vermelho.

4.1. Série 2 Minutos

Para essa série é feito a análise abaixo para garantir o método mais apropriado para série temporal com o tempo de 2 minutos.

Figura 61: Série Temporal Real 2 Minutos

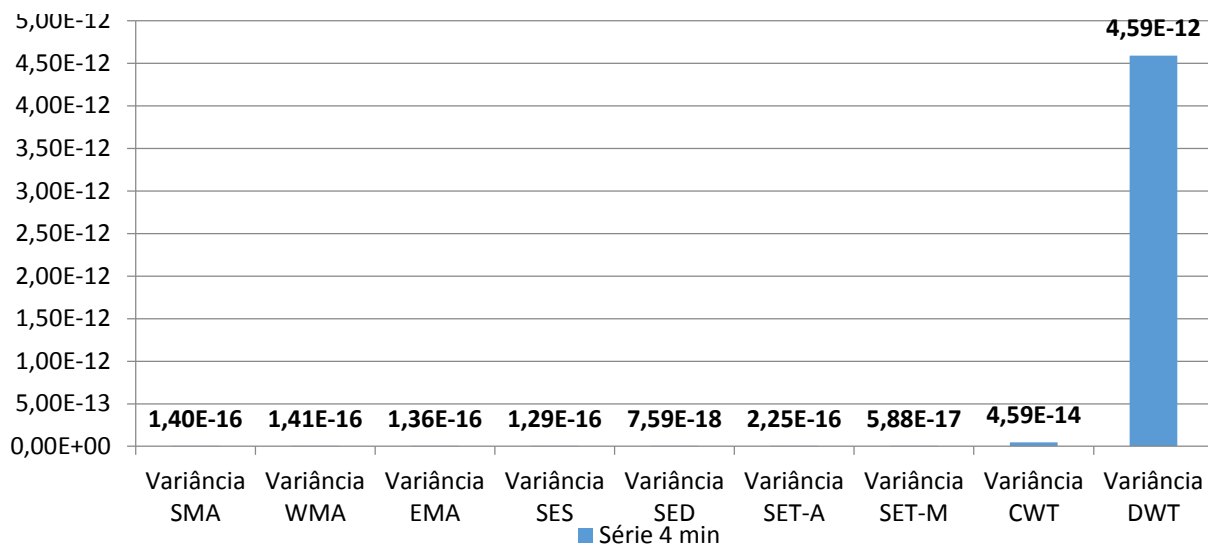


Nota-se que na Figura 61 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.

4.2. Série 4 Minutos

Para essa série é feito a análise abaixo para garantir o método mais apropriado para série temporal com o tempo de 4 minutos.

Figura 62: Série Temporal Real 4 Minutos

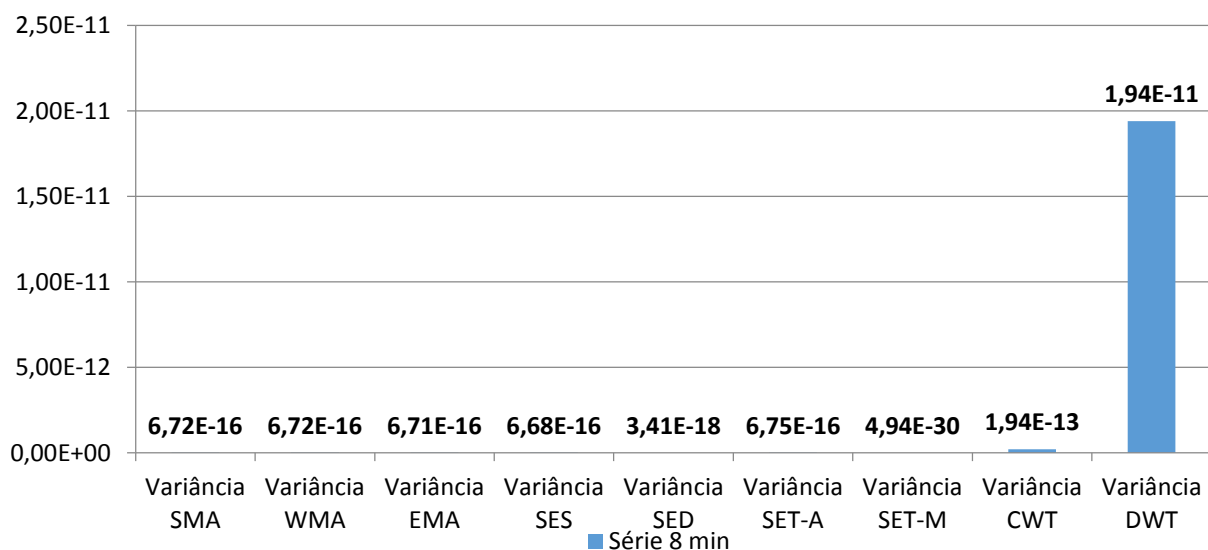


Nota-se que na Figura 62 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Dupla e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.

4.3. Série 8 Minutos

Para essa série é feito a análise abaixo para garantir o método mais apropriado para série temporal com o tempo de 8 minutos.

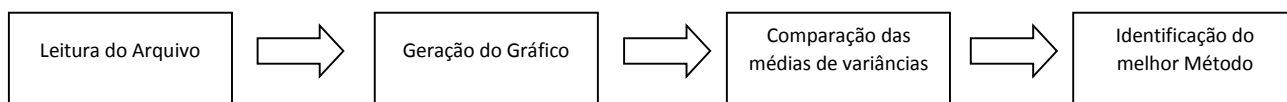
Figura 63: Série Temporal Real 8 Minutos



Nota-se que na Figura 63 o método que possui menor variação é o Suavização Exponencial Tripla Multiplicativo e o método que possui maior variação é o Ondaleta Discreta.

CAPÍTULO 5 - PROTÓTIPO

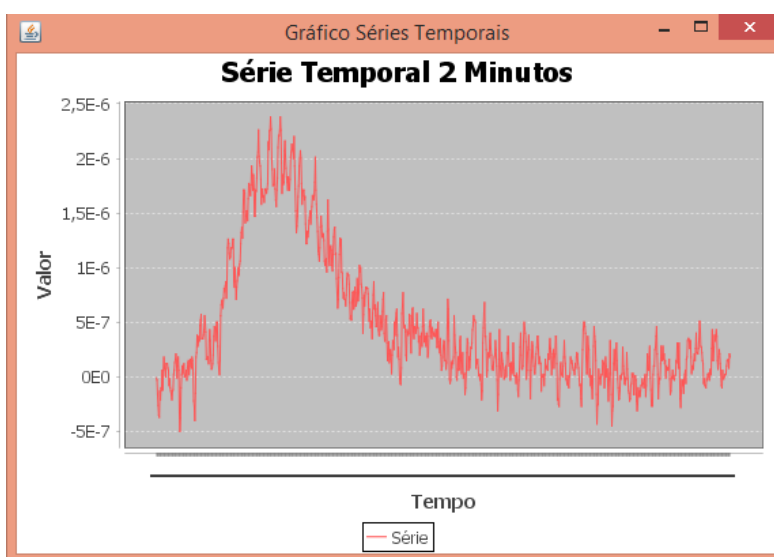
O protótipo foi desenvolvido na linguagem de programação Java com o uso da IDE NetBeans 8.0.1, com o objetivo de ler o arquivo com a série temporal, geração do gráfico da mesma série temporal e identificação do melhor método com a comparação das médias de variâncias.



Para a leitura, o arquivo deve estar no formato em duas colunas separadas entre si por *tab*, onde a primeira é o tempo e a segunda é o valor em função do tempo e separadas entre linhas por *enter*.

Para a geração dos gráficos, foi utilizado a biblioteca jFreeChart 1.0.19 para plotar as informações lidas da etapa anterior. A Figura 64 abaixo mostra a aplicação.

Figura 64: Gráfico plotado pela série temporal



Para a comparação, primeiro é calculado todas as médias de variâncias dos métodos e posteriormente comparar os valores entre si.

Para a identificação do melhor método, é determinada a menor média de variância na comparação da etapa anterior. A Figura 65 abaixo mostra o retorno das médias de variâncias conforme os métodos, e o melhor e pior entre eles.

Figura 65: Resultado do retorno das médias de variâncias

```

Saída - ProjetoSerieTemp (run) x
run:
Médias de variação:
SMA: 6.304056329410555E-16
WMA: 6.311723524725595E-16
EMA: 6.264327296835078E-16
SES: 6.189092609146172E-16
SED: 8.476385169796401E-18
SET-A: 7.248508316564518E-16
SET-M: 6.572238922988368E-17
CWT: 1.3604592032934727E-13
DWT: 1.3604592032934768E-11

Melhor Método: SED
Pior Método: DWT
CONSTRUÍDO COM SUCESSO (tempo total: 13 segundos)

```

Resultados Obtidos

Como o objetivo desse projeto é selecionar e comparar métodos de identificação de propriedades em séries temporais para posterior automatização da análise (como parte da linha de pesquisa para identificação de propriedades relevantes de semicondutores). É possível identificar nos resultados obtidos que:

Para as classes de séries aleatórias que foram utilizadas, o método melhor foi o SED.

Para as classes de séries reais que foram utilizadas, o método melhor foi o SED.

Portanto, de uma forma geral o método Suavização Exponencial Dupla presentes nas séries aleatórias e reais, apresentou um melhor desempenho nas séries temporais utilizadas para se identificar possíveis materiais semicondutores.

Tabela 5: Resultado das comparações da média de variação e desvio padrão

Tipo da série	Descrição	Método	Varição Média	Desvio Padrão
Série Aleatória	1º Grau	SMA	6,065975E+00	3,679606E+01
Série Aleatória	1º Grau	WMA	6,065981E+00	3,679612E+01
Série Aleatória	1º Grau	EMA	6,065427E+00	3,678941E+01
Série Aleatória	1º Grau	SED	1,819111E-02	3,309166E-04
Série Aleatória	1º Grau	SES	6,065852E+00	3,679456E+01
Série Aleatória	1º Grau	SET-A	6,068425E+00	3,682579E+01
Série Aleatória	1º Grau	SET-M	3,024192E+00	9,145735E+00
Série Aleatória	1º Grau	CWT	1,616819E+02	2,614104E+04

Série Aleatória	1º Grau	DWT	1,616819E+03	2,614104E+06
Série Aleatória	2º Grau	SMA	7,320539E+03	5,359030E+07
Série Aleatória	2º Grau	WMA	7,321550E+03	5,360510E+07
Série Aleatória	2º Grau	EMA	7,324560E+03	5,364918E+07
Série Aleatória	2º Grau	SED	1,417809E+02	2,010183E+04
Série Aleatória	2º Grau	SES	7,311398E+03	5,345654E+07
Série Aleatória	2º Grau	SET-A	7,322525E+03	5,361938E+07
Série Aleatória	2º Grau	SET-M	8,930181E+06	7,974812E+13
Série Aleatória	2º Grau	CWT	2,182131E+05	4,761696E+10
Série Aleatória	2º Grau	DWT	2,182131E+06	4,761696E+12
Série Aleatória	Periódica	SMA	5,727396E-02	3,280306E-03
Série Aleatória	Periódica	WMA	5,732391E-02	3,286031E-03
Série Aleatória	Periódica	EMA	5,645401E-02	3,187055E-03
Série Aleatória	Periódica	SED	1,362597E-02	1,856671E-04
Série Aleatória	Periódica	SES	5,447086E-02	2,967075E-03
Série Aleatória	Periódica	SET-A	7,694448E-02	5,920453E-03
Série Aleatória	Periódica	SET-M	8,148751E-02	6,640215E-03
Série Aleatória	Periódica	CWT	1,261675E+00	1,591825E+00
Série Aleatória	Periódica	DWT	1,261675E+01	1,591825E+02
Série Aleatória	Exponencial	SMA	3,297037E-13	1,087045E-25
Série Aleatória	Exponencial	WMA	3,277813E-13	1,074406E-25
Série Aleatória	Exponencial	EMA	3,195896E-13	1,021375E-25
Série Aleatória	Exponencial	SED	8,152300E-14	6,646000E-27
Série Aleatória	Exponencial	SES	3,462161E-13	1,198656E-25
Série Aleatória	Exponencial	SET-A	3,597513E-13	1,294210E-25
Série Aleatória	Exponencial	SET-M	1,003703E-13	1,007419E-26
Série Aleatória	Exponencial	CWT	3,701642E-12	1,370215E-23
Série Aleatória	Exponencial	DWT	3,701642E-11	1,370215E-21
Série Real	2 minutos	SMA	2,510788E-08	6,304056E-16
Série Real	2 minutos	WMA	2,512314E-08	6,311724E-16
Série Real	2 minutos	EMA	2,502861E-08	6,264314E-16
Série Real	2 minutos	SED	2,911423E-09	8,476385E-18
Série Real	2 minutos	SES	2,487789E-08	6,189093E-16
Série Real	2 minutos	SET-A	2,692305E-08	7,248508E-16
Série Real	2 minutos	SET-M	8,106935E-09	6,572239E-17
Série Real	2 minutos	CWT	2,180995E+05	4,756737E+10
Série Real	2 minutos	DWT	2,180995E+06	4,756737E+12
Série Real	4 minutos	SMA	1,183128E-08	1,399791E-16
Série Real	4 minutos	WMA	1,185968E-08	1,406519E-16
Série Real	4 minutos	EMA	1,167819E-08	1,363801E-16
Série Real	4 minutos	SED	2,755279E-09	7,591564E-18
Série Real	4 minutos	SES	1,136704E-08	1,292096E-16
Série Real	4 minutos	SET-A	1,500575E-08	2,251727E-16
Série Real	4 minutos	SET-M	7,665594E-09	5,876133E-17

Série Real	4 minutos	CWT	2,142422E-07	4,589972E-14
Série Real	4 minutos	DWT	2,142422E-06	4,589972E-12
Série Real	8 minutos	SMA	2,592507E-08	6,721091E-16
Série Real	8 minutos	WMA	2,593046E-08	6,723887E-16
Série Real	8 minutos	EMA	2,589782E-08	6,706969E-16
Série Real	8 minutos	SED	1,847758E-09	3,414208E-18
Série Real	8 minutos	SES	2,584546E-08	6,679879E-16
Série Real	8 minutos	SET-A	2,598034E-08	6,749783E-16
Série Real	8 minutos	SET-M	2,222514E-15	4,939569E-30
Série Real	8 minutos	CWT	4,410764E-07	1,945484E-13
Série Real	8 minutos	DWT	4,410764E-06	1,945484E-11

Conforme a Tabela 5 mostra quais métodos são melhores em cada classe de série, para a classe de série do 1º grau, o melhor método é SED. Para a classe de série do 2º grau, o melhor método é SED. Para a classe de série periódica, o melhor método é SED. Para a classe de série exponencial, o melhor método é SED. Para a classe de série de 2 minutos, o melhor método é SED. Para a classe de série de 4 minutos, o melhor método é SED. E para a classe de série de 8 minutos, o melhor método é SET-M.

Conclusões

A principal contribuição foi apresentar uma visão geral sobre séries temporais aplicados a propriedades químicas, assim como a identificação dos métodos de apoio a séries temporais. Uma análise a partir da série temporal constrói um modelo matemático que seja possível identificar o método que ajusta melhor os dados da série.

O estudo dos métodos para análise de identificação de propriedades químicas representa uma grande parcela na pesquisa que objetivam a identificação de propriedades consideradas relevantes para determinado domínio específico de aplicação. Esse estudo será baseado em modelagens, análise dessa dependência e técnicas específicas a séries temporais.

Com essas técnicas, é possível identificar o melhor método em cada classe de séries temporais criadas para melhor visualização da forma do gráfico. Com essas formas, fica mais acessível para identificar o método ideal para a amostra analisada da série temporal.

Foram apresentadas nas sessões anteriores exemplos práticos com amostras de cada método utilizado para identificar o melhor método em séries temporais conforme as funções atribuídas a elas.

Conclui-se que o método Suavização Exponencial Dupla (SED) pode contribuir para a maioria das séries temporais analisadas, devido aos dados apresentarem tendência e as propriedades vão mudando conforme o tempo. Assim, o método se adequa a maioria das séries temporais.

Referências Bibliográficas

- [1] HANSUN, S. (2013). "A new approach of moving average method in time series analysis" pp. 14. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6708545>>. Acesso em 06 abr. 2015.
- [2] MARIN, L. H. G; TASINAFFO, P. M. (2009). "MECTIP: Método Computacional para tratamento, identificação e previsão aplicado a sistemas dinâmicos naturais" pp. 28-36. Disponível em: <<http://www.seer.furg.br/vetor/article/viewFile/1705/850>>. Acesso em 06 abr. 2015.
- [3] RUI JIANG; SZETO, K. Y. (2003). "Extraction of Investment Strategies based on Moving Averages: A Genetic Algorithm Approach" pp. 403-410. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1196288>>. Acesso em 06 abr. 2015.
- [4] LUO, Y.; LIAO, M.; ZHAN, Z. (2010). "A Similarity analysis and clustering algorithm for vídeo based on moving trajectory time series wavelet transform of moving object in video" pp. 625-629. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5476192>>. Acesso em 06 abr. 2015.
- [5] MURUGANATHAM, B.; SANJITH, M.A.; KUMAR, B.K.; MURTY, S.A.V.S.; SWAMINATHAN, P. (2010). "Inner Race Bearing Fault detection using Singular Spectrum Analysis" pp. 573-579. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5670774>>. Acesso em 10 abr. 2015.
- [6] SHAKHSI-NIAEI, M.; IRANMANESH, S.H. (2011). "Using Singular Spectrum Analysis for new product development forecasts" pp. 123-126. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6014863>>. Acesso em 10 abr. 2015.
- [7] YOROZU, Y.; HIRANO, M.; OKA; TAGAWA, Y. (1987). "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740-741.

- [8] MORAIS, J. (2007). "Estudo de algoritmos para classificação de séries temporais: Uma aplicação em qualidade de energia elétrica".
- [9] CAMILO, C; SILVA, J. (2009). "Mineração de dados: Conceitos, Tarefas, Métodos e Ferramentas".
- [10] ALMEIDA, P. (2008). "Avaliação de ferramentas para análise de séries temporais e métodos de previsão".
- [11] CAMILO, C; SILVA, J. (2009). "Mineração de dados: Conceitos, Tarefas, Métodos e Ferramentas".
- [12] NETO, G. (2012). "Uso de algoritmos de mineração de dados para agrupamento e busca de erros em séries temporais coletados a partir de geossensores".
- [13] THIELO, M. (2000). "Análise e classificação de séries temporais não estacionárias utilizando métodos não-lineares" pp. 13-98.
- [14] MOURA, A. P; OLIVEIRA, L. H; NOGUEIRA, I. C. (2014). "Synthesis, Structural and Photophysical Properties of Gd₂O₃:Eu³⁺ Nanostructures Prepared by a Microwave Sintering Process" pp. 374-388.
- [15] OLIVEIRA, L. H; MOURA, A. P; MAZZO, T. M. (2012). "Structural refinement and photoluminescence properties of irregular cube-like (Ca_{1-x}Cu_x)TiO₃ microcrystals synthesized by the microwave-hydrothermal method" pp. 1-10.
- [16] MOURA, A. P; LIMA, R. C; MOREIRA, M. L. (2010). "ZnO architectures synthesized by a microwave-assisted hydrothermal method and their photoluminescence properties" pp. 775-780.
- [17] LIMA, R. C; MACARIO, L. R; ESPINOSA, J. W. M. (2008). "Toward a Understanding of Intermediate- and Short-Range defects in ZnO single crystals. A combined experimental and theoretical study" pp. 8970-8977.
- [18] MUSA, S; WEERDEN, H. J; YAU, T. H.; LAMBECK, P. V. (2000). "Characteristics of Er-Doped Al₂O₃ Thin Films Deposited by Reactive Co-Sputtering" pp. 1089-1097.
- [19] SHOJI, Y; OGASAWARA, T; KAMEI, T. (2010). "Pump-Induced Optical Nonlinearities in Hydrogenated Amorphous Silicon Waveguides" pp. 174-176.
- [20] MACDONALD, K. F; SOARES, B. F; BASHEVOY, M. V; ZHELUDEV, N. I. (2006). "Controlling Light With Light via Structural Transformations in Metallic Nanoparticles" pp. 371-376.

- [21] SIMPSON, R. (1997). "Semiconductor Packaging for the Telecommunications Industry"
pp. 995-1000.