UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Cibelle Machado Carvalho

SÉRIE HIDROLÓGICA NÃO ESTACIONÁRIA E OS RISCOS E INCERTEZAS NAS TOMADAS DE DECISÕES NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Santa Maria, RS
2020

Cibelle Machado Carvalho

SÉRIE HIDROLÓGICA NÃO ESTACIONÁRIA E OS RISCOS E INCERTEZAS NAS TOMADAS DE DECISÕES NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lopes da Silveira
Coorientador: Prof. Dr. Rafael Cabral Cruz

Santa Maria, RS
2020

CARVALHO, CIBELLE MACHADO
SÉRIE HIDROLÓGICA NÃO ESTACIONÁRIA E OS RISCOS E INCERTEZAS NAS TOMADAS DE DECISÕES NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS / CIBELLE MACHADO CARVALHO.- 2020.
272 p.; 30 cm

Orientador: GERALDO LOPES DA SILVEIRA
Coorientador: RAFAEL CABRAL CRUZ
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2020

1. Recursos Hídricos 2. Não Estacionariedade 3. Riscos 4. Incertezas 5. Tomadas de decisão I. SILVEIRA, GERALDO LOPES DA II. CRUZ, RAFAEL CABRAL III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Cibelle Machado Carvalho

SÉRIE HIDROLÓGICA NÃO ESTACIONÁRIA E OS RISCOS E INCERTEZAS NAS TOMADAS DE DECISÕES NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Engenharia Civil**, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, linha de pesquisa em Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

Aprovado em 29 de janeiro de 2020:

Geraldo Lopes da Silveira, Dr. (UFSM)
(Orientador)

Rafael Cabral Cruz, Dr. (UNIPAMPA)
(Coorientador- Presidente de mesa)

Eliane Maria Foleto, Dra. (UFSM)

André Carlos Cruz Copetti, Dr. (UNIPAMPA)

Alexandre Swarowski, PhD. (UFSM)

Cristhian Augusto Bugs, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, RS
2020

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Edenilson Carvalho e Edilena Carvalho, no qual sempre me apoiaram para que meus desejos se tornassem realidade. E que muitas vezes abdicaram dos seus próprios desejos em favor dos meus...

AGRADECIMENTOS

Este Trabalho consolida uma etapa da minha vida profissional, oportunizando e abrindo novos desafios e caminhos a seguir. Assim agradeço em especial aos meus pais, Edilena e Edenilson Carvalho pelo imenso apoio nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos Douglas Carvalho, Eduardo Carvalho e Leonardo Carvalho.

Ao meu orientador Geraldo Silveira, pela oportunidade.

Ao meu orientador, da vida acadêmica, Dr. Rafael Cruz, muito obrigada, pela atenção, carinho, amizade e conhecimentos adquiridos ao longo desses 10 anos, levarei o ensinamento de profissionalismo, ética e compromisso, para minha vida.

Á Nájila Rocha pela ajuda na construção da tese. Ao Jeferson Duarte, pela paciência nas oscilações de humor. A tia Maria, pelos incontáveis almoços e ajuda quando mais precisei para construção desse material.

Aos integrantes do LICA – Laboratório Interdisciplinar de Ciências Ambientais da UNIPAMPA, pela estadia e hospitalidade.

A UFSM pela oportunidade de uma pós graduação de qualidade.

Aos amigos, alguns, hoje apenas conhecidos, que de uma forma ou outra me ajudaram ao longo desses 10 anos de vida acadêmica, que hoje se finda ou se inicia. O caminho é difícil, desgastante e longo, mas recompensador.

RESUMO

SÉRIE HIDROLÓGICA NÃO ESTACIONÁRIA E OS RISCOS E INCERTEZAS NAS TOMADAS DE DECISÕES NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

AUTORA: CIBELLE MACHADO CARVALHO
ORIENTADOR: GERALDO SILVEIRA
COORIENTADOR: RAFAEL CABRAL CRUZ

O planejamento hídrico tem por objetivo garantir, em quantidade e qualidade, a água para as atuais e futuras gerações. No entanto, devido a diversas modificações ambientais, no uso do solo, além de mudanças climáticas globais, tornou-se impossível assumir uma condição estacionária das séries hidrológicas. As séries hidrológicas, princípio basilar do planejamento hídrico, tem por premissa as implícitas hipóteses de aleatoriedade, independência, homogeneidade. Com tais modificações, a estacionariedade, noção de que os fenômenos naturais circulam em um processo fixo de incerteza, pode não existir mais. Ou seja, a base mais fundamental da estatística preditiva pode ter suas bases solapadas. Porém, modelos hidrológicos determinísticos e pressupostos estacionários são amplamente aplicados em projetos, planos, instrumentos, vazão de referência, sem a utilização de sensíveis métodos de detecção da não estacionariedade. Perante tal, o objetivo geral norteador deste trabalho foi avaliar as incertezas e riscos da não estacionariedade no planejamento do uso dos recursos hídricos e avaliar a distribuição de segmentos estacionários da série temporal não estacionária. O software R foi utilizado para a realização de testes estatísticos e, para segmentações, utilizou-se como ferramenta a análise de ondaletas, este justificado, porque preserva os fenômenos locais, não periódicos e de multiescala, apropriada para analisar eventos irregulares, mal distribuídos e séries potencialmente não estacionárias em diferentes frequências. Aplicou-se esta abordagem metodológica na Estação 87440000 – Passo das Canoas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Ao analisar a distribuição de frequência de segmentos estacionários nesta série não estacionária, pode-se verificar incertezas de até 70% em estacionariedade para tendência e de até 80% em estacionariedade para nível. As curvas de permanência de frequência de excedência dos segmentos estacionários para nível e para tendência demonstraram restrição de até 99% do tempo. Além do que, foram encontrados períodos máximos de 2 anos para tendência e 3 anos para nível. Portanto, conclui-se que a utilização de métodos estacionários em bacias com mudanças de uso do solo e clima tem, por consequência, riscos e incertezas altos, dificultando o gerenciamento. Além disso, conclui-se que há necessidade de métodos estatísticos mais sensíveis a séries hidrológicas não estacionarias. O caminho recomendado é o manejo adaptativo condicionado a diminuição no horizonte de planejamento nas bacias hidrográficas com séries hidrológicas não estacionárias.

Palavras-chaves: Não estacionariedade. Séries hidrológicas. Gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

NON-STATIONARY HYDROLOGICAL SERIES AND THE RISKS AND UNCERTAINTIES IN DECISION-MAKING IN HYDRIC RESOURCES PLANNING

AUTHOR: CIBELLE MACHADO CARVALHO
COORDINATOR: GERALDO SILVEIRA
CO-ORDINATOR: RAFAEL CABRAL CRUZ

Hydric planning aims to guarantee, in quantity and quality, the availability of water for current and future generations. However, due to various environmental changes in land use, in addition to global climate changes, it has become impossible to assume a stationary condition of the hydrological series. Hydrological series, the fundamental principle of water planning, is based on the implicit assumptions of randomness, independence, homogeneity. Due to such modifications, the notion that natural phenomena circulate in a fixed process of uncertainty may no longer exist. That is, the most fundamental basis of predictive statistics may have its bases undermined. Nevertheless, deterministic hydrological models and stationary assumptions are widely applied in projects, plans, instruments, reference flow, without the use of sensitive non-stationary detection methods. In this context, the main objective of this study was to evaluate the uncertainties and risks of non-stationarity in planning the use of hydric resources and to evaluate the distribution of stationary segments of the non-stationary time series. The R software was used to perform statistical tests and, for segmentations, the analysis of waves, justified because it preserves local, non-periodic and multiscale phenomena, appropriate for analyzing irregular, poorly distributed events and potentially non-stationary series at different frequencies. This methodological approach was applied at Station 87440000 - Passo das Canoas of the Gravataí River Watershed. By analyzing the frequency distribution of stationary segments in this non-stationary series, one can verify uncertainties of up to 70% in stationarity for trend and up to 80% in stationarity for level. The permanence frequency curves of the stationary segments for level and for trend showed restriction of up to 99% of the time. In addition, maximum periods of 2 years for trend and 3 years for level were found. Therefore, it was concluded that the use of stationary methods in watersheds with changes in land use and climate have high risks and uncertainties, making its management difficult. In addition, there is a need for statistical methods that are more sensitive to non-stationary hydrological series. The recommended path is the adaptive management conditioned to a decrease in the planning horizon in the watersheds with non-stationary hydrological series.

Keywords: Non-stationary. Hydrological series. Hydric resources management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

APRESENTAÇÃO

Figura 1- Modelo Conceitual da Problemática de Pesquisa. 19

Figura 2- Regiões do Conselho Regional de Desenvolvimento – COREDE, do Estado do Rio Grande do Sul 39

Figura 3- Estação de Rosário do Sul/RS. 56

Figura 4- Estrutura temporal considerável com tendências e oscilações cíclicas em várias frequências 62

Figura 5- Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS com estações pluviométricas e fluviométricas selecionadas para a pesquisa 78

Figura 6- Falhas da série hidrológica de 1962 a 1968 da Estação 87440000. 81

Figura 7-Falhas da série hidrológica completa da Estação 87440000 81

Figura 8- Processo metodológico da pesquisa 84

ARTIGO 1 –

Figura 1- (a) Calibração da Estação do INMET 1968 a 1970 para a falha da série de 1963 a 1967 da Estação 87399000. (b) Calibração da Estação do INMET 1968 a 1970 para a falha da série de 1963 a 1967 da Estação 87440000 94

Figura 2- (a) Validação no período de 1971 para falha da série de vazões de 1963 a 1967 da Estação 87399000. (b) Validação no período de 1971 para falha da série de vazões de 1963 a 1967 da Estação 87440000. 95

Figura 3-Simulação no período de 01/01/1961 a 31/05/1967 da Estação 87399000 95

Figura 4- Simulação no período de 01/01/1961 a 31/05/1967 da Estação 87440000 96

Figura 5- (a) Calibração no período de 1993 a 1995 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2000 da Estação 87399000. (b) Calibração no período de 1993 a 1995 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2000 da Estação 874400 97

Figura 6- (a) Validação no período de 1995 a 1996 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2000 da Estação 87399000. (b) - Validação no período de 1995 a 1996 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2000 da Estação 87440000 97

Figura 7- Simulação no período de 01/05/1996 a 31/12/2000 da Estação 87399000 98

Figura 8- Simulação no período de 01/05/1996 a 31/12/2000 da Estação 87440000 98

Figura 9- (a) Calibração no período de 1993 a 1995 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2001 da Estação 87399000. (b) Calibração no período de 1993 a 1995 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2001 da Estação 87440000 99

Figura 10- (a) Validação o no período de 1995 a 1996 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2001 da Estação 87399000. (b) Validação o no período de 1995 a 1996 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2001 da Estação 87440000 99

Figura 11-Simulação no período de 01/01/1997 a 31/12/2002 da Estação 87399000 100

Figura 12- Simulação no período de 01/01/1997 a 31/12/2002 da Estação 87440000 100

Figura 13- (a) Calibração CHIRPS no período de 1989 a 1993 para preenchimento de falhas de 1997 a 2001 da Estação 87399000. (b) Calibração CHIRPS no período de 1989 a 1993 para preenchimento de falhas de 1997 a 2001 da Estação 87440000 101

Figura 14- (a) Validação no período de 1994 a 1995 para preenchimento de falhas de 1997 a 2001 da Estação 87399000. (b) Validação no período de 1994 a 1995 para preenchimento de falhas de 1997 a 2001 da Estação 87440000.....101

Figura 15- Simulação no período de 01/01/1996 a 31/12/2007 da Estação 87399000 102

Figura 16- Simulação no período de 01/01/1996 a 31/12/2007 da Estação 87440000 102

Figura 17- (a) Calibração INMET no ano de 2002 para as falhas da série de vazão de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87399000. (b) Calibração INMET no ano de 2002 para as falhas da série de vazão de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87440000. 103

Figura 18- (a) Validação do INMET no período de 2003 para as falhas da série de vazão de 26/01/2005 a13/3/2005 da Estação 87399000. (b)Validação do INMET no período de 2003 para as falhas da série de vazão de 26/01/2005 a13/3/2005 da Estação 87440000.....103

Figura 19 - Simulação no período de 01/01/2004 a 31/12/2006, para a falha de período de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87399000.....104

Figura 20 - Simulação no período de 01/01/2004 a 31/12/2006, para a falha de período de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87440000.....104

Figura 21- - (a) Calibração da Estação da Glorinha de 2003 para a falha da série de vazões de 26/01/2005 a 13/03/2005 da Estação 87399000. (b) Calibração da Estação da Glorinha de 2003 para a falha da série de vazões de 26/01/2005 a 13/03/2005 da Estação 87440000 105

Figura 22- (a) Validação da Estação da Glorinha n período de 01/2004 a 06/2004 para a falha da série Estação 87399000. (b) Validação da Estação da Glorinha no período de 01/2004 a 06/2004 para a falha da série Estação 87440000.....105

Figura 23- Simulação no período de 01/07/2004 a 31/12/2006, para a falha de período de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87399000.....106

Figura 24- Simulação no período de 01/07/2004 a 31/12/2006, para a falha de período de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87399000 106

Figura 25- - Análise de ondaleta da série hidrológica da Estação 87440000 – Passo das Canoas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS, com preenchimento de falhas 108

Figura 26- Análise de ondaleta da série hidrológica da Estação 87440000 – Passo das Canoas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS, sem preenchimento de falhas 109

Figura 27- Análise holística de segmentação da análise de ondaletas. 109

Figura 28 - Primeiro segmento da análise de ondaletas no período de 480 dias e probabilidade crítica de 0,05. 111

Figura 29- Primeiro segmento da análise de ondaletas no período de probabilidade de 480 dias cortado em 17 fragmentos 111

Figura 30 - Curva de permanência de trechos estacionários de tendência na série hidrológica com preenchimento de falhas 114

Figura 31- Curva de permanência d e trechos estacionários de tendência na série hidrológica sem preenchimento de falhas 115

Figura 32- Curva de permanência de trechos estacionários de nível na série hidrológica com preenchimento de falhas 116

Figura 33- Curva de permanência de trechos estacionários de nível na série hidrológica sem preenchimento de falhas 117

Figura 34- Gráfico de frequência de estacionariedade para tendência 119

Figura 35- Gráfico de frequência de estacionaridade para nível 120

LISTA DE QUADROS

APRESENTAÇÃO -

Quadro 1 -Esquema sobre processos estocásticos 52

Quadro 2- Ameaça, vulnerabilidade risco e suas relações 63

Quadro 3- Estações fluviométricas selecionadas 76

Quadro 4 - Taxa de falhas encontradas nas séries de vazões utilizadas para a pesquisa 76

Quadro 5- Estações pluviométricas disponíveis na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. 79

Quadro 6 - Períodos de falhas dos dados das estações fluviométricas e pluviométricas selecionadas para o modelo chuva- vazão. 82

ARTIGO 1 –

Quadro 1- Fragmentos da série hidrológica com preenchimento de falhas da Estação 87440000 – Passo das Canoas 110

Quadro 2- Fragmentos da série hidrológica sem preenchimento de falhas da Estação 87440000- Passo das Canoas. 110

Quadro 3 - Estação 87440000- Passo das Canoas: Frequências do comportamento estacionário da série hidrológica com preenchimento de falhas 112

Quadro 4- Estação 87440000- Passo das Canoas: Frequências do comportamento estacionaria da série hidrológica sem preenchimento de falhas 113

Quadro 5- Documentos referentes a disponibilidade hídricas que utilizam modelos estacionários 122

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

CBH – Comitê de Bacias Hidrográficas

CNS - Coeficiente de Nash-Sutcliffe

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler

PNRH – Política Nacional dos Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO - CONTEXTO E PROBLEMÁTICA DE ESTUDO 16

2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA 20

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 25

*3.1 A água e a democracia: abrindo as cortinas do cenário brasileiro e dos instrumentos de gestão de recursos hídricos **25***

*3.1.1 Desastres **34***

3.2 Uso da terra e alterações climáticas no Rio Grande do Sul/Brasil 37

*3.3 A hidrologia como base nas tomadas de decisões no planejamento hídrico brasileiro **42***

3.4 Processos convencionais das séries hidrológicas: A hidrologia e os riscos nas tomadas de decisões47

3.4.1 Variáveis hidrológicas 50

3.4.2 Séries hidrológicas 51

*3.4.3 Não estacionariedade de uma série hidrológica **53***

3.4.4 Incertezas, riscos e vulnerabilidades da outorga e enquadramento nas tomadas de decisões no sistema de gestão de recursos hídricos 58

3.4.5 Características das funções hidrológicas: Curva de permanência 66

3.4.6 Testes de estacionariedade 69

3.4.7 Análise de ondas e ondaletas 72

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 75

4.1 Estratégias metodológicas 75

4.2 Área de estudo: Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul 85

4.3 Características gerais da bacia 85

5 ARTIGO I - SÉRIE HIDROLÓGICA NÃO ESTÁCIONÁRIA: COMPORTAMENDO DO PREENCHIMENTO DE FALHAS DOS TRECHOS ESTACIONÁRIOS E RISCOS E INCERTEZAS NO PLANEJAMENTO HÍDRICO 88

*1 Introdução **88***

*2 Materiais e Métodos **91***

*3 Resultados e Discussões **94***

*3.1 Construção das séries hidrológicas **94***

*3.2 Análise de ondaletas **108***

*3.3 Análise dos segmentos estacionários das séries hidrológicas com e sem preenchimento de falhas e a curva de frequência de excedência **112***

*3.4 Risco e Incertezas **126***

*3.4 Manejo adaptativo **129***

4 Conclusão ***131***
5 Referência Bibliográficas ***132***

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ***144***
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ***147***

7 APÊNDICE A - GRÁFICOS DE VALORES DE PROBABILIDADES DA SÉRIE HIDROLÓGICA COM PREENCHIMENTO DE FALHAS ***166***
7.1 Período de 1460 dias – segmentos 1, 2 e 3. ..... *166*
7.2 Período de 1.095 dias *167*
7.3 Período de 730 dias *168*
7.4 Período de 480 dias ***170***
7.5 Período de 365 dias *171*
7.6 Período de 180 dias *172*
7.7 Período de 120 dias ***173***
7.8 Período de 60 dias *174*
7.9 Período de 30 dias ***175***

9 APÊNDICE B - FRAGMENTOS DOS SEGMENTOS DA SÉRIE HIDROLÓGICA DA ESTAÇÃO 87440000- PASSO DAS CANOAS- COM PREENCHIMENTO DE FALHAS OBTIDOS APARTIR DA ANÁLISE DE ONDALETAS *177*

10 APÊNDICE C - FRAGMENTOS DOS SEGMENTOS DA SÉRIE HIDROLÓGICA DA ESTAÇÃO 87440000- PASSO DAS CANOAS- SEM PREENCHIMENTO DE FALHAS OBTIDOS APARTIR DA ANÁLISE DE ONDALETAS. ***219***

11 APÊNDICE D – TABELAS DE FREQUÊNCIAS DE EXCEDÊNCIAS DA SÉRIE TEMPORAL DA ESTAÇÃO 87440000- PASSO DAS CANOAS, COM PREENCHIMENTO DE FALHAS PARA A CONSTRUÇÃO DA CURVA DE PERMANÊNCIA ***259***

12 APÊNDICE E – TABELAS DE FREQUÊNCIAS DE EXCEDÊNCIAS DA SÉRIE TEMPORAL DA ESTAÇÃO 87440000- PASSO DAS CANOAS, SEM PREENCHIMENTO DE FALHAS PARA A CONSTRUÇÃO DA CURVA DE PERMANÊNCIA ***264***

1 INTRODUÇÃO - CONTEXTO E PROBLEMÁTICA DE ESTUDO

A água é um recurso finito, dotado de valor econômico, social, político e cultural. Nas diversas regiões do mundo, o recurso hídrico é considerado uma situação de escassez, devido, principalmente, por uma destruição quanti-qualitativa gradual no espaço e tempo de suas bacias hidrográficas.

O que concerne e objetiva a Política Nacional dos Recursos Hídricos, lei 9.433/1997, é a garantia da qualidade e quantidade de água adequada aos seus usos atuais e futuras gerações, promovendo e prevenindo eventos hidrológicos, com uma visão sistêmica, além da bacia hidrográfica como unidade de gestão (BRASIL, 1997).

A necessidade de entendimento e compreensão dos corpos aquáticos é de fundamental importância na engenharia de recursos hídricos, para que, assim, ocorra o gerenciamento, planejamento e tomadas de decisões do recurso adequadas para cada realidade.

Com o passar dos anos e com o crescimento populacional, a necessidade de tomar decisões frente às mudanças e ameaças nas bacias hidrográficas, com mais probabilidade de certeza e menores riscos, tornou-se primordial. Sem dúvida, os primeiros passos para buscar e desenvolver respostas é entender e reconhecer as mudanças. Envolver variáveis e fenômenos naturais, com modelagem matemática, é um dialeto universal.

As séries hidrológicas, com o passar dos anos, consequentemente, tornaram-se longas, porém, ainda na hidrologia estatística, há a premissa de se trabalhar com séries de trinta anos, além de implícitas as hipóteses de aleatoriedade, independência, homogeneidade e estacionariedade (NAGHETTINI e PINTO, 2007) no planejamento dos recursos hídricos. Porém, no decorrer da urbanização, desmatamentos e acidentes ambientais, acabou tornando-se impossível assumir uma condição de equilíbrio estático das séries hidrológicas.

Em 2008, um artigo da Science, dos autores Chris Milly, Bob Hirsch e Dennis Lettenmaier, entre outros, provocou os hidrólogos com a afirmação de que a estacionariedade não existia mais, ou seja, a base mais fundamental da estatística preditiva, teve suas bases solapadas (MILLY et al, 2008).

A estacionariedade é a noção de que os fenômenos naturais circulam em um processo fixo de incerteza – princípio basilar da avaliação de risco. Em outras palavras, considera-se que o comportamento das séries históricas observadas seguiria padrão semelhante no futuro. Desta maneira, a estacionariedade orienta os códigos de planejamento, como também a gestão dos recursos hídricos.

No entanto, diversos estudos demonstram que a velha estatística de estacionariedade iniciou-se a falhar. Tucci (2007) afirma que as mudanças climáticas não são os únicos responsáveis, mas a urbanização e a mudança significativa da bacia hidrográfica podem levar a não estacionariedade. Por conseguinte, desenvolvendo mudanças nas cheias e secas extremas (fator de importância para o ser humano).

Diversos autores atrelaram e/ou correlacionaram a não estacionariedade com tendências nas séries hidrológicas, logo que ainda não há substituto para a estatística estacionária (ou que funcione tão bem). Porém, é de fundamental importância reconhecer as mudanças e as possíveis incertezas e riscos da não estacionariedade no planejamento e gestão de recursos hídricos no Brasil.

Garcia e Tucci (2000) afirmam que a modelagem da quantidade e qualidade da água, em condições de criticidade do comportamento hidrológico, podem desenvolver resultados imprecisos. Desta maneira, torna-se fundamental desenvolver uma abordagem não permanente como ferramenta na gestão hídrica, onde se possa associar a quantidade e qualidade da água compilada através do conceito de curva de permanência (BRITES, 2010), Assim, pode-se tornar uma solução para as tomadas de decisões na gestão de recursos hídricos, ou seja, com viés da não estacionariedade das séries hidrológicas.

Esse novo enfoque se traduz em uma linha de pensamento ainda pouco explorada na literatura hidrológica e, diante desse cenário questiona-se: A partir de um quadro de mudanças rápidas na bacia hidrográfica, pode-se comprometer o outorgado e a recorrência de vazão nos projetos que envolvam os recursos hídricos? Poderá haver um aumento de risco (probabilidade combinada com a vulnerabilidade e ameaça)? Desta forma, desenvolveu-se um modelo conceitual da pesquisa, para melhor entendimento da problemática em questão (Figura 1).

A não estacionariedade dos dados pode levar a inconsistências no gerenciamento e a eventuais alocações imprecisas de água em determinadas situações, afetando assim, as tomadas de decisões no controle e planejamento hídrico.

Collischonn (2014) afirma que o sistema de apoio à decisão tem sido utilizado para denominar um arranjo de diversos programas computacionais, que representam cenários de gerenciamento que auxiliam nas tomadas de decisões. Porém, a estacionariedade ainda é pouco discutida em âmbito de risco e vulnerabilidade, juntamente com as mudanças no comportamento hidrológico e o que isso pode acarretar nas tomadas de decisões.

Para uma gestão sustentável dos recursos hídricos, é necessário um conjunto mínimo de instrumentos principais: uma base de dados e informações socialmente acessível, a definição

clara dos direitos de uso, o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e o processo de tomada de decisão (PORTO e PORTO, 2008).

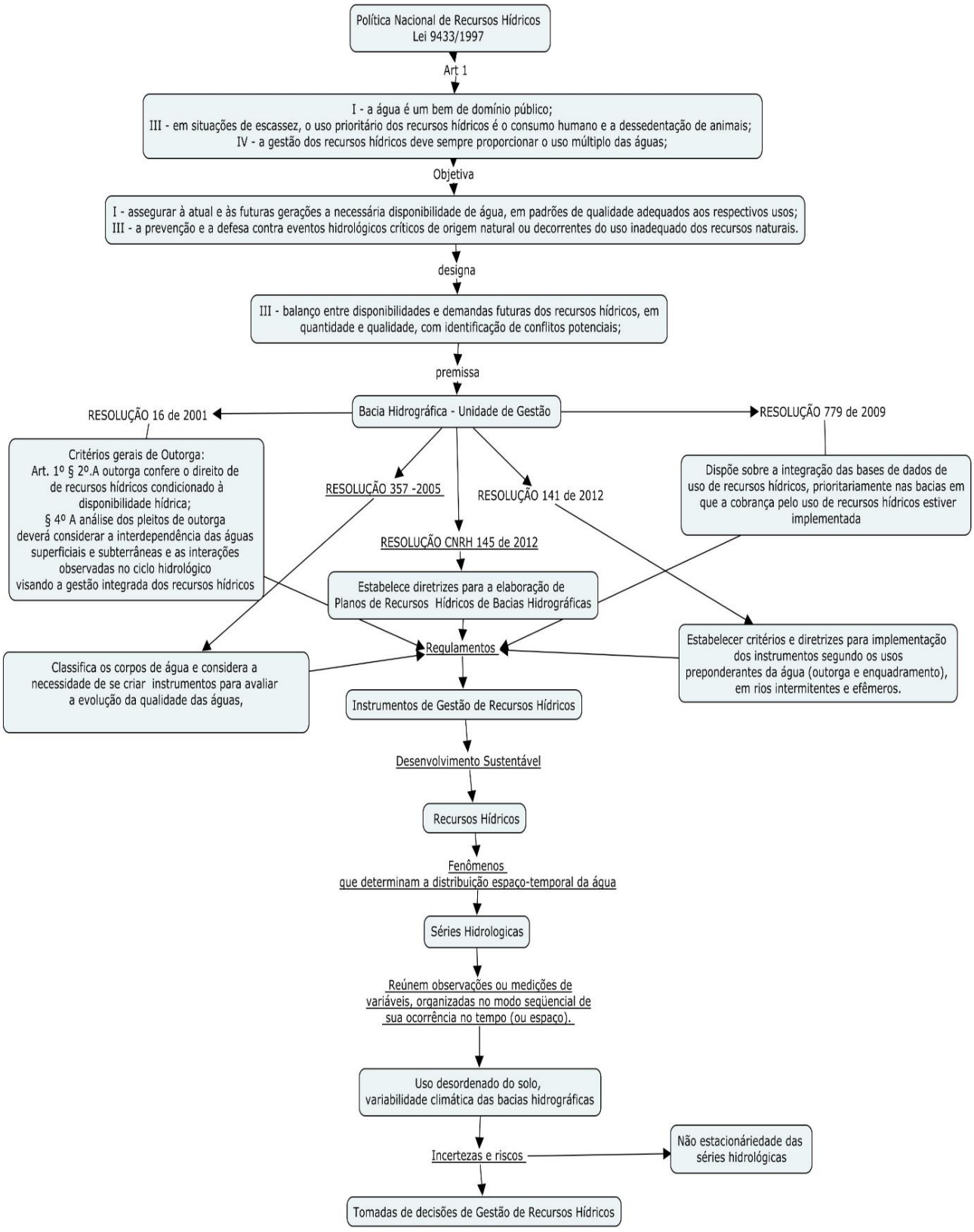
A água é um bem de uso comum e de domínio público, desta maneira, a Política Nacional dos Recursos Hídricos atribuiu instrumentos para que seja assegurado o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Assim sendo, as **hipóteses** a serem testadas nesta tese foram: 1) as séries temporais de vazões são não-estacionárias; 2) os métodos tradicionais, que pressupõem a estacionariedade, aumentam o risco e as incertezas de não atendimento as garantias de disponibilidades quali-quantitavas.

Na abordagem adotada para validar as hipóteses supramencionadas, optou-se pela utilização de modelos computacionais. Vale destacar que modelos computacionais cumprem um importe papel quando se trabalha com problemas de difícil solução teórica (U.S. DOE, 2000). Justificam-se pela complexidade dos fenômenos ambientais e o comportamento das variáveis naturais (DETZEL, 2015).

O **objetivo geral** da tese foi avaliar as incertezas e riscos da não estacionariedade no planejamento do uso dos recursos hídricos, utilizando, como estudo de caso, a Bacia do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul. A pesquisa é norteada pelos seguintes **objetivos específicos:**

1. Avaliar a distribuição de segmentos estacionários da série temporal não estacionária.
2. Analisar os impactos da não estacionariedade no sistema de gestão dos recursos hídricos.

Figura 1- Modelo Conceitual da Problemática de Pesquisa.



Fonte: Elaborado pela Autora.

2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A lacuna a respeito da influência da não estacionariedade, nas séries hidrológicas, para o planejamento dos recursos hídricos no Brasil, fica evidente, quando se percebe que as normas brasileiras visam garantir uma quantidade e disponibilidade de água para sociedade e ao outorgado (já que é um insumo produtivo) que, por muitas vezes, pode ser inexistente ou não refletido na gestão (MACHADO, 2002).

O direito de uso dos recursos hídricos pode ter vulnerabilidades, isso ocorre, principalmente, quando há alterações bruscas e/ou circunstâncias de uma bacia hidrográfica ou trecho fluvial (localização, regime, equipamento) sob quais os dados são coletados, as séries podem apresentar tendências e não estacionariedade (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Detzel (2015) afirma que a grande maioria das aplicações das séries hidrológicas (dados básicos para qualquer planejamento e gestão dos recursos hídricos) requerem um conhecimento básico das propriedades estatísticas, mas, por serem originárias de fenômenos naturais, é esperado que sofram alterações ao longo do tempo, porém não podem ocorrer flutuações significativas nos primeiros momentos das séries estatísticas, visto que isso compromete os modelos ou análises realizadas, caso ocorra, são caracterizados como não estacionárias.

Estudos recentes de reflexos da não estacionariedade nas séries hidrológicas (primordial para a gestão de recursos hídricos) demonstraram que podem ocorrer acréscimos nos volumes dos afluentes e redução de vazão decorrente da intensidade dos usos consuntivos (DETZEL et al., 2013; MULLER et. al., 1998; CLARKE, 2007).

O gerenciamento dos recursos hídricos tem como objetivo norteador solucionar os problemas e garantir as demandas visando os usos múltiplos da água (BRASIL, 1997). Cruz e Tucci (2005) afirmam que é um compromisso entre os diferentes usos da água, tendo como referência a conservação das funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas.

Vale mencionar que os instrumentos de outorga e enquadramento da Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei 9433/1997), dependem da disponibilidade hídrica para sua aplicação. No entanto, é premissa base e pressuposto da análise de frequência convencional que os dados hidrológicos sejam ocorrências de um processo estocástico (SALAS et al., 1980), que apresentam as propriedades de independência, homogeneidade e estacionariedade (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Os fatores que causam um determinado fenômeno não têm seus valores exatos conhecidos, eles podem ser descritos em termos probabilísticos, formando um modelo

estocástico. No entanto, Tucci e Braga (2003) e Tucci (2007) afirmam que as possíveis causas da não estacionariedade em uma série hidrológica podem ser devidas a eventuais modificações do leito fluvial, desmatamento das bacias, urbanização, construção de barragens, mudanças climáticas e não na regulação da vazão que é um processo natural da bacia hidrográfica. Apesar dos riscos evidentes da afirmação de Milly et al. (2008), salientando que a "estacionariedade está morta", fica clara a necessidade de um gerenciamento neste "novo" comportamento.

Detzel (2015), em sua tese, afirma que as séries se tornaram cada vez maiores, evidenciando suas peculiaridades associadas ao comportamento não estacionário. O mesmo autor afirma com os registros de séries de vazões da região sul são justificados por intensas mudanças no uso do solo das bacias hidrográficas. As incertezas no planejamento e gestão de recursos hídricos, ligadas a não estacionariedade das séries hidrológicas, podem complicar uma tomada de decisão racional, uma vez que as tomadas de decisões são baseadas em alguma previsão (já se coloca o fator de incerteza neste processo de decisão).

Apesar de existirem incertezas e discussões sobre a estacionariedade, não estacionariedade e tendências nas séries hidrológicas e na frequência das mudanças, é indiscutível que ocorrem mudanças em várias bacias hidrográficas (TURETTA, 2011; ARIAS, 2007; TUCCI, 2000) e que o passado pode não ser mais reflexo para o futuro. Entretanto, as observações dos diversos fenômenos da natureza servem como base para a elaboração dos modelos hidrológicos.

Outro aspecto que merece breve menção é que, no Brasil, além de serem poucas estações hidrológicas, faltam estações com séries longas (maiores de 30 a 50 anos). Partindo desta premissa, ainda era possível assumir uma condição de equilíbrio estático (estacionariedade), principalmente por inexistir estudos com séries longas, deste modo, permitiu-se o pressuposto de que esta condição continuaria a apresentar um padrão semelhante no futuro. Desta maneira, independente das causas da não estacionariedade dos dados hidrológicos de uma bacia hidrográfica, os modelos estacionários desenvolvidos poderiam não resultar em um planejamento confiável (MILLY et al., 2015).

Com carência de dados hidrológicos e modelos com séries hidrológicas relativamente pequenas, as mudanças nas bacias hidrográficas podem ter ocorrido, mas, estatisticamente de difícil resolução, logo que não há dados. Assim, o risco pode ter sido alterado, uma vez que as probabilidades de excedência ou não excedência podem ter sido modificadas. Além do mais, as incertezas envolvem todos os erros na relação do ser humano com o ambiente, no uso dos métodos de resoluções dos problemas e nos processos de tomada de decisão. Desta maneira, o

risco é definido como uma estimativa do grau de incerteza que se tem a respeito da realização de resultados futuros (ANDRADE, 2000).

Gerenciar os recursos hídricos também é avaliar o risco. Sendo que o risco é uma combinação de frequência com a consequência de eventos indesejáveis, além disso, o risco é uma relação entre a ameaça (fenômenos naturais) e a vulnerabilidade (grau de exposição e fragilidade). Destaca-se que o risco é intrínseco à sociedade, porém, o seu nível, grau de percepção e meios de enfrentamento podem variar segundo os direcionamentos (ROCHA, 2006).

O recursos água é um bem escasso e dotado de valor econômico, social, ambiental e cultural (BRASIL, 1997), torna-se primordial para desenvolver um planejamento onde o perigo seja o menor possível, ou seja, incluir situações com o potencial de ameaça à vida humana, propriedade e ambiente, e que não atinjam as normas e diretrizes dos recursos hídricos do Brasil, visto que perigo é uma ameaça em potencial (MACEDO e AUGUSTO FILHO, 1998).

A garantia de um bem escasso pode tornar-se um risco (consequências indesejáveis), logo que o gerenciamento não prevê as incertezas (não estacionariedade) nas séries hidrológicas. O exemplo disso é outorgar (garantir o direito de uso) em 90% de chance com probabilidade de um mínimo de vazão em determinado tempo, o que pode não ocorrer por mudanças significativas na bacia hidrográfica. É um grande complicador no processo de emissão de outorgas o fato que a disponibilidade hídrica admite diferentes simulações, porque a vazão fluvial é uma variável aleatória (MACHADO, 2002).

Dentro deste contexto questiona-se, o grau de vulnerabilidade dos usuários da água diante do uso do pressuposto de estacionariedade das séries hidrológicas nos instrumentos de outorga e enquadramento para bacias hidrográficas que têm características de não estacionariedade. Além do mais, há danos potenciais no gerenciamento e decisões relacionadas aos recursos hídricos? As incertezas relacionadas à não estacionariedade podem afetar o risco do outorgado?

Cabe perceber que essa vulnerabilidade pode ser modificada em bacias com alto grau de antropização, a probabilidade de não atendimento das demandas quali-quantitativas e o risco podem aumentar. A vulnerabilidade é dependente dos aspectos econômicos, sociais e ambientais da bacia hidrográfica e isso pode se modificar de acordo com suas características.

Rocha (2006) afirma que a vulnerabilidade é uma condição prévia que se manifesta durante o desastre ao não se investir suficientemente em prevenção e ao aceitar níveis de riscos muito elevados. Exemplifica-se isso com os números de mortos e feridos em uma inundação, consequência de um desastre, assim, como o custo total da reposição ou manutenção da

catástrofe. Desta maneira, é necessário desenvolver uma redução da vulnerabilidade, pois não é possível enfrentar as forças naturais ou anulá-las, porém é possível responder à pergunta: O que ou quem é vulnerável? E por quê?

Destaca-se que esta tese se preocupa em associar o risco (probabilidade combinada da vulnerabilidade e ameaça) aos danos e prejuízos que possam ser resultantes da ocorrência de não estacionariedade nas séries hidrológicas utilizadas no planejamento da outorga dos recursos hídricos. Quanta incerteza a não estacionariedade pode estar introduzindo nos sistemas de outorga e a recorrência de vazões de projetos?

Preocupações relacionadas às incertezas e riscos eram pouco discutidas no século passado, isso ocorria, porque as mudanças ambientais eram irrelevantes, ou seja, era apenas o início da urbanização e agricultura mecanizada (mudanças rápidas em curto prazo). Com isso, as tomadas de decisões consistiam em escolher os melhores critérios estabelecidos com base nas probabilidades de não atendimento das demandas, que podem aumentar com a quantidade de variáveis e imprecisões contidas nas descrições específicas do sistema (FREITAS, 2003).

Apesar de existirem abordagens específicas de incertezas hidrológicas e critérios estabelecidos, as abordagens explicitamente estocásticas, nas quais se inserem modelos probabilísticos que descrevem a aleatoriedade futura e, consequentemente, a formulação do problema decisório (muitas vezes, resolvido por otimização), simplificam os problemas, ou seja, pela própria restrição de linearidade (PORTO et al., 1997).

Neste contexto, esta tese justifica-se, principalmente, pela falta de conhecimento sobre os riscos da não estacionariedade nas séries hidrológicas na aplicação dos instrumentos de outorga e enquadramento, visto que é necessário conhecer e compreender os possíveis efeitos que podem causar ou ocasionam.

Embora existam divergências e contradições entre as abordagens de estacionariedade e não estacionariedade em séries hidrológicas (GARCIA e TUCCI, 2000), empregar uma série não estacionária em modelagem estacionária pode repercutir em erros relevantes e conclusões tendenciosas, além de riscos e incertezas de maior magnitude.

Há trabalhos que consistem em esforços para melhorar as representações hidrológicas (FAN, COLLISCHONN e RIGO, 2013; SORRIBAS et al., 2012; DETZEL, 2015; DETZEL et.al., 2016) com uma abordagem não permanente como ferramenta na gestão de recursos hídricos, compilada através do conceito de curva de permanência, onde salientam, que pode ocorrer um planejamento adaptável ou um manejo adaptativo na aplicação das ferramentas de planejamento hídrico.

Por fim, instruir um processo de outorga ou enquadramento, vinculado a estudos de disponibilidade e balanço de demandas futuras dos recursos hídricos é uma referência ao Art. 7º, inciso III da Lei Federal 9433/97 (BRASIL, 1997). Identificando os riscos e incertezas para o melhor manejo adaptativo na gestão de recursos hídricos.

Além dessa parte introdutória, justificativa e objetivos, esta tese está organizada e estruturado em mais cinco segmentos. No segundo segmento é apresentado o quadro teórico. O terceiro capítulo dedica-se à descrição das estratégias metodológicas da pesquisa, em que são apresentados os procedimentos utilizados como coleta e análise das informações, dados de pesquisa, softwares utilizados e as estações fluviométricas e pluviométricas da área de estudo: a bacia hidrográfica do Rio Gravataí, e por fim, o quarto capítulo é o artigo, resultado desta pesquisa.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3. 1 A água e a Democracia: Abrindo as cortinas do cenário brasileiro e dos instrumentos de gestão de recursos hídricos

A existência dos seres humanos - por si só – garante-lhes o direito a consumir água e ar, ou seja, a água é um direito a vida (MACHADO, 2002). A Constituição Federativa Brasileira de 1988 em seu Art. 5 garante a inviolabilidade do direito à vida. Partindo desta afirmação legítima, no Brasil há uma grande oferta hídrica, porém, possui uma diferença significativa entre suas regiões hidrográficas, no que diz respeito, à oferta e a demanda de água (CARNEIRO et al., 2018).

A Agência Nacional de Águas (2016) salienta que em termos globais o Brasil possui uma oferta de água significativa, porém encontra-se distribuído de maneira heterogênea no território nacional. Vale destacar, que além de questões espaciais, ou seja, bacias hidrográficas que se situam em lugares onde residem populações maiores, como o sudeste e sul do Brasil, por exemplo, enfrentam situações de escassez e estresse hídrico com mais frequência do que comparado com a região norte, onde a população é muito menor.

Studart e colaboradores (2001) afirmam que a gestão de recursos hídricos tem como objetivo satisfazer a demanda, considerando as limitações de ofertas, porém, há exceções como a não probabilidade de ocorrência. Desta forma, uma vez que as incertezas sobre a quantidade e qualidade da água são muito pequenas, a abordagem determinística (reconhecer todas as variáveis do sistema), relacionando a oferta e a demanda teoricamente é suficiente.

Porém, segundo o autor Ganoulis (1994) a relação determinística entre vazão e o nível de água de um reservatório operado por comportas, por exemplo, não é motivado por técnicas de análise de risco pois os resultados são perfeitamente previsíveis. No entanto, Studart et al., (2001) retrata que o sistema hídrico é alimentado por influxos espaciais e temporalmente variáveis e as incertezas presentes nas avaliações dos futuros níveis de água resultam em volumes inconstantes, desta forma não sendo mais considerados determinísticos.

Lima et al. (2007) salienta que nos últimos 30 anos os hidrólogos procuraram desenvolver ferramentas confiáveis para representar os processos hidrológicos, permitindo assim uma tomada de decisão confiável. No entanto, as aplicações destas ferramentas são baseadas em premissas, como o passado é um guia aceitável para o futuro e dados de qualquer bacia e modelos derivados disso são guias úteis para se estimar as respostas hidrológicas em outra bacia (SIVAPLAN et al., 2003). Porém, tais modelos podem ser prejudicados quando

parametrizados por calibrações históricas, devido a fatores como a linearidade das respostas das bacias hidrográficas, alterações de clima e solo, além da heterogeneidade espacial e temporal das bacias com dados. Lima e colaboradores (2007) e Cruz (2005) salientam que desenvolver modelos de bacias com dados para bacias sem dados, significa manter as incertezas hidrológicas e, o conhecimento sobre o ciclo hidrológico ainda continua limitado.

Partindo desta problemática o panorama dos recursos hídricos no Brasil é complexo e subdivido pela resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional em apenas 12 Regiões. Vale mencionar, que esta divisão considerou como região hidrográfica, um grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas (com características ambientais, sociais, econômicas similares).

Por exemplo, as Regiões Hidrográficas do Paraná (localizado nos estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal) e Atlântico Sudeste (localizados nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná) têm problemas quanti-qualitativo por serem estados com maiores industrializações e densidade populacional, em vista disso, há uma quantidade de efluentes maior (ANA, 2015).

Em contrapartida, a Região Hidrográfica Amazônica (localizados nos estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso) e a Região Hidrográfica de Tocantins-Araguaia (localizado no estado de Goiás (21%), Tocantins (30%), Pará (30%), Maranhão (4 %), Mato Grosso (15%) e o Distrito Federal (0,1%), estão em situações de maiores ofertas hídricas no Brasil, pelo seu alto nível de chuvas e disponibilidade hídrica superficial (ANA, 2015).

A Região Hidrográfica do Atlântico Leste, distribuídas nos estados da Bahia (69%); Minas Gerais (26%); Sergipe (4%), e Espírito Santo (1%) e a Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, localizados nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, mostram o antagonismo, com baixas quantidades de chuvas e disponibilidade hídrica. A situação mais delicada em disponibilidade de água no Brasil é na Região do Atlântico Nordeste Oriental, devido a demanda na irrigação e balanço hídrico problemático (ANA, 2015).

Frisa-se que a disponibilidade hídrica é entendida como uma vazão de alta garantia no tempo, ou seja, uma vazão que estará acessível na grande maioria do tempo, mesmo em períodos secos (ANA, 2016). A disponibilidade hídrica no Brasil é estimada por 95% (vazão com permanência de 95% - Q95, ou seja, vazão cuja frequência de ocorrência em uma seção do rio é maior que 95%), em torno de 12.000 m^3/s ou 22% da vazão média. Porém estas vazões mudam pela heterogeneidade climática, hidrogeológica e quali-quantitava no Brasil e variam

de 0% a mais de 50% da vazão média (ANA, 2017).

No Brasil, o que legitima a gerenciamento dos recursos hídricos é a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, no âmbito Federal. Além disso, há Leis Estaduais, como a Lei 10.350/1994 que estrutura o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, que é composto por responsáveis que tem por intuito prever a necessária disponibilidade e direito ao acesso a água a sociedade.

A Política Nacional de Recursos Hídricos prevê como diretrizes e propósitos para implementar a Política das águas no Brasil, uma gestão sistemática das águas sem dissociação de qualidade e quantidade, o planejamento tem que ser adequado as diversidades físicas, econômicas, ambientais, sociais, culturais, bióticas e demográficas das bacias hidrográficas (BRASIL, 1997). Além disso, a lei ainda argumenta que deve existir uma integração da gestão das bacias hidrográficas com as zonas costeiras, sistemas estuarinos e a união, onde devem se articular com o Estado para o gerenciamento de interesse comum.

Machado (2003) salienta que um processo relevante na Política Nacional dos Recursos Hídricos é a gestão integrada e descentralizada, onde torna um instrumento de mudança do paradigma de política pública. Os recursos hídricos não podem ser gerenciados de forma isolada, mas sim, concernente ao seu meio, no qual, o planejamento ambiental deve ser articulado com o planejamento estadual e municipal e com o desenvolvimento econômico, social, ambiental e cultural da região (BRASIL, 1997).

O recurso água é um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico e sua gestão deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997). Jacobi e Barbi (2007) salientam que as experiências de deliberação participativa no Brasil ocorreram desde o início de 1980, e está associada à capacidade dos movimentos sociais em explicitar as demandas relacionadas à distribuição de bens públicos. Desta forma, a participação citadina se configura nas práticas dos movimentos organizados por intermédio de espaços públicos múltiplos e diferenciados, onde demandas do coletivo são apresentadas para serem incluídas em agendas públicas.

Neste viés, a PNRH, criou os Comitês de Bacias Hidrográficas, que nada mais são que fóruns, em que um grupo de pessoas se reúne para discutir sobre o uso da água na bacia hidrográfica em questão (ANA, 2011). Machado (2002) salienta que o Comitê de Bacia Hidrográfica - CBH é um colegiado com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição e é representado em três níveis: o poder público, usuários e a sociedade civil.

Segundo a Resolução nº 5/2000, do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos, os usuários devem representar no máximo 40%, as organizações civis 20%, e poderes públicos no máximo 40%. No entanto, essas são orientações legais para referenciar as legislações estaduais, porém, encontra-se uma composição diferenciada nos Comitês, devido à realidade de cada local, ou seja, com percentuais maiores ou menores aos indicados na resolução.

Vale destacar, que os Comitês de Bacia Hidrográfica - CBH, nem sempre são situados por bacia hidrográfica, mas, podem se estender por sub-bacia hidrográfica ou grupo de bacias ou sub-bacias (BRASIL, 1997). A PNRH prevê a descentralização da gestão das águas, desta forma, cada CBH, terá personalidade jurídica, dando-lhes autonomia e responsabilidade frente à eficiência ou a sua ineficiência em sua atuação (MACHADO, 2002).

Machado (2003) afirma que apesar das normas técnicas e as legislações brasileiras, serem teoricamente completas, há conflitos entre Sociedade Civil e Poder Público, uma vez que há uma cultura administrativa de forte tradição centralizadora e tecnocrática ainda bastante arraigada no Brasil, ou seja, a cultura do poder centralizado é uma herança da fundação da República, transmitida de geração a geração, que tem condicionado a evolução da política brasileira.

Desta forma, o mesmo autor salienta que no caso dos recursos hídricos no Brasil, essa cultura sobrevive através de especialistas de diversas formações que estão em cargos decisórios nos poderes públicos do Brasil, detentores de um conhecimento sobre os recursos hídricos, tratam-se de funcionários públicos que compartilham a ideia que sabem o que é melhor para todos.

Há diversos interesses, usos e distribuição da água, e isso pode acarretar conflitos, além de ameaçar a garantia da efetividade do recurso que é considerado um bem comum (BRASIL, 1997). Desta maneira, para reverter tais problemas e desenvolver um uso múltiplo é necessário acordos com todos os grupos sociais que necessitam da água para sua sobrevivência.

Machado et al., (2000) afirmam que qualquer decisão tomada com base em critérios técnicos serve a algum propósito político, quer se tenha ou não consciência disso. A ideia defendida pelo autor é que os seres humanos trazem em si valores políticos, éticos, morais e hábitos profissionais da sociedade e da cultura, e isto norteia as ações humanas.

Para não depender apenas de ações de um grupo social e integralizar a participação e a democracia, a Política Nacional dos Recursos Hídricos criou, não só os Comitês de Bacia Hidrográfica, mas também, instrumentos para a consolidar o processo de gestão (JACOBI e BARBI, 2007).

Para efetivar à seguridade dos recursos hídricos para a geração atual e futura do Brasil,

no Art. 5 da Política Nacional dos Recursos Hídricos – PNRH, foi sistematizado instrumentos para garantir a efetividade e controle das águas, que são: os planos de recursos hídricos; enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes da água, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Convém observar que a aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos implica em complexos processos de negociações e resolução de conflitos diversos (JACOBI, 2004).

O primeiro instrumento da Política das Águas é o Plano de Recursos Hídricos que têm por objetivo ser um plano diretor que vise fundamentar e orientar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e o seu gerenciamento. Estes planos são de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos para cada bacia hidrográfica ou sub-bacias (BRASIL, 1997).

A PNRH em seu Art. 7 retrata que os planos de recursos hídricos têm que ter como conteúdo mínimo:

> I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
>
> II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
>
> III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
>
> IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
>
> V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
>
> VI e VII - (VETADO).
>
> VIII - prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
>
> IX - diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
>
> X - propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

O segundo instrumento é o enquadramento dos corpos de água, que objetiva assegurar a qualidade das águas compatíveis aos seus usos preponderantes. Conceitualmente é retratada como nível de qualidade (classe) nos trechos dos rios. Desta forma, a Resolução CONAMA 20/1986 define a classificação das águas em: doces, salobras e salinas com base nos seus usos. Classificar as águas é reconhecer as diferenças múltiplas para esse recurso finito e limitado (MACHADO, 2002; BRASIL, 1997).

Para cada classe de água, há parâmetros de materiais flutuantes, óleo e graxas,

substâncias que comuniquem gosto, odor, coliformes, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, turbidez, pH, entre outros (CONAMA, 1986; 2005; 2009; 2011; BRASIL, 1997; MACHADO, 2002).

Vale mencionar, que a qualidade da água está intimamente ligada à sua quantidade, pois a concentração de poluente está diretamente relacionada a vazão do corpo hídrico. Um aspecto que merece breve menção, é que as classes de água não representam, necessariamente, a qualidade atual do corpo hídrico, mas uma possível estratégia (prazos) estabelecida no Plano de Recursos Hídricos.

Porto (2002) salienta que o enquadramento (qualidade) da água é um instrumento de planejamento, com uma visão futura da bacia hidrográfica, onde permite um horizonte da situação desejada dos corpos hídricos. A resolução 357 sancionada em 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água para seu enquadramento, onde é definido como meta e/ou objetivo da qualidade da água ser alcançado ou mantido em um trecho do rio, de acordo com seus usos ao longo do tempo.

Em vista disso, as bacias hidrográficas que não estão em condições pretendidas aos seus usos preponderantes, deverão estabelecer metas obrigatórias para a melhoria do recurso hídrico (BRASIL, 1997). Além disso, as metas estabelecidas devem ser em concordância com a vazão de referência estabelecida no Plano de Bacia Hidrográfica, discutido e acordado no Comitê de Bacia.

O enquadramento é uma referência para os demais instrumentos como a outorga e a cobrança do uso da água e para instrumentos de gestão ambiental, como a licença ambiental e monitoramento, pois é uma menção para a aplicação das demais estratégias (CAROLO, 2007).

Para melhorar o planejamento, a Agência Nacional das Águas – ANA, desenvolveu um Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA, para ampliar o conhecimento da qualidade das águas no Brasil. Este programa objetiva orientar as políticas públicas para a recuperação a qualidade dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas e reservatórios (ANA, 2019b).

A ANA obtém 1340 pontos de rede de coleta em todo o país. São coletados quatro parâmetros básicos: pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura, onde estes resultados são obtidos automaticamente por meio de sondas multiparamétricas (ANA, 2019b). Contudo, nem todos os estados do Brasil têm condições de monitorar suas águas, seja pelo custo elevado de logística e/ou profissionais capacitados (ANA, 2019b).

O terceiro instrumento de gestão de recursos hídricos é a outorga, que tem por objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos e o efetivo exercício dos direitos de

acesso à água (BRASIL, 1997). Outorga é o consentimento, aprovação, concessão, beneplácito (MACHADO, 2002) dos recursos hídricos. A outorga visa dar uma garantia quanto à disponibilidade de água, assumida como insumo básico ao processo produtivo. Além do mais, Machado (2002), salienta que a outorga tem valor econômico para quem recebe, visto que na medida de quem oferece garantia de acesso a um bem escasso.

Um complicador na emissão de outorga é origem do conceito de disponibilidade hídrica, visto que é um processo que admite diversas simulações porque a vazão fluvial é uma variável aleatória e não uma constante. Desta forma, frisa-se que diante da inconstância dessa disponibilidade hídrica, os outorgados não têm direito adquirido, e que o poder público lhes fornece um *quantum* de água indicado na outorga (MACHADO, 2002).

Segunda a Política Nacional dos Recursos Hídricos, estão sujeitas a outorga pelo Poder Público, os seguintes usos de recursos hídricos:

> I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de
>
> processo produtivo;
>
> II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
>
> III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
>
> IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

Segundo o artigo 49 da Lei 9.433/1997, a ausência de outorga nos casos acima mencionados é configurada como infração das normas de utilização de recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos, desta forma, o infrator fica sujeito a multas, advertências embargo definitivo ou provisório.

Toda a outorga está condicionada a prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado (BRASIL, 1997).

Um aspecto que merece breve discussão é o conceito de crise hídrica, que é definido pela Unesco como:

> "[...] capacidade de assegurar a uma população o acesso a quantidades adequadas de água de qualidade aceitável com a finalidade de sustentar a saúde humana e a saúde dos ecossistemas, em uma bacia hidrográfica, e também assegurar proteção eficiente da vida e da propriedade contra desastres relacionados a recursos hídricos – secas,

> enchentes, deslizamentos, afundamento de solos" (Unesco, IHP, 2012 *apud* TUNDISI e TUNDISI, 2015).

Tundisi e Tundisi (2015) afirmam que a segurança hídrica tem duas ações fundamentais: a água como ameaça à segurança humana e a água como suprimento adequado para os usos múltiplos. Desta forma, as vulnerabilidades à desastres (secas e enchentes), acessibilidade a água e crimes ambientais são os principais componentes a serem discutidos e necessitam de uma gestão adequada e uma implementação da outorga correta.

Cruz (2001) em sua tese, afirma que os sistemas de outorga têm uma importância relevante, porém necessitam de fontes de informação e registros de transações das águas, logo que, as informações dos volumes utilizados e o regime de uso é fundamental para conhecer a disponibilidade hídrica, pois os usos afetam as séries hidrológicas.

A outorga do direito ao uso da água é uma ferramenta que está vinculada aos sistemas econômicos vigentes da região. Desta forma, a disponibilidade hídrica é a informação básica de apoio a decisão referente a outorga, que tem por objetivo a seguridade das presentes e futuras gerações, além do controle qualitativo e quantitativo e do efetivo exercício ao acesso a água (BRASIL, 1997; CRUZ, 2001).

Tundisi e Tundisi (2015) afirmam que há interdependências entre os recursos naturais (solo, água, ar, ecossistema, fauna etc.), sistema climático (chuvas, temperaturas, variações de clima, etc.), segurança humana (alimento, energia, saúde etc.), estabilidade social (eventos políticos, conflito, violência etc.) e podem se aquilatar a intensidade, complexidade e ao impacto das crises hídricas.

Os autores retratam a vulnerabilidade ambiental, há segurança humana, principalmente pelas funções de sensibilidade ao clima, ações humanas e forças institucionais. Porém as emergências de conflitos destas inter-relações só tendem a agravar quando as autoridades governamentais não utilizam as informações científicas e negligenciam os dados que os mesmos financiam, com uma visão política atrasada e/ou a ausência de projetos que incorporem o planejamento estratégico a longo prazo.

De maneira geral, a segurança da qualidade de vida adequada a população é um papel fundamental do governo (TUNDISI et al., 2015). Em contrapartida, no Brasil nos últimos cinco anos, ocorreram desastres e crimes ambientais irremediáveis, com centenas de mortes e bacias hidrográficas destruídas por ações humanas.

Zhouri e colaboradores (2016) afirmam que no caso do Brasil não chamam atenção

apenas para a negligência do empresariado e do poder público com tais empreendimentos, mas também, para a imprevidência no que diz respeito à gestão das catástrofes.

O quarto instrumento de gestão de recursos hídricos é a cobrança pelo uso, que tem por objetivo reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, além de incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A Política Nacional dos Recursos Hídricos retrata que a fixação dos valores a serem cobrados pela água devem ser observados pelas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação e os lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, além do volume lançado, regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxidade do afluente (BRASIL, 1997). Além do que, os valores arrecadados devem ser aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica onde a cobrança foi gerada.

A cobrança fica sujeita à outorga, visto que, não pode haver cobrança de atividades cujo usos não tenham sido outorgados. Vale destacar, que a cobrança decorre dos usos das águas, não como uma punição, assim, não tem relação direta com imposição das multas (MACHADO, 2002).

Utilizar o instrumento de cobrança na gestão dos recursos hídricos é uma forma de aplicar o princípio do usuário/poluidor- pagador. Esta ferramenta veio em concordância com a declaração do Rio de Janeiro na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, onde as autoridades devem esforçar-se para promover a internalização dos custos de proteção ao meio ambiente e o uso dos instrumentos econômicos, levando em conta que o poluidor deve assumir o custo da poluição.

A aplicação da cobrança do uso dos recursos hídricos é um processo de conscientização do público, juntamente, com a promoção do equilíbrio da qualidade de vida dos habitantes da bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). Dar valor a água é preservar a vida, pois a cobrança permite investir em melhoramento das condições de vida e diversidade do ecossistema (RODRIGUES, 2005).

E por fim, o quinto instrumento é o Sistema de Informações sobre os Recursos Hídricos que tem por objetivo a coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações e fatores intervenientes em sua gestão no Brasil. Além disso, tem como princípio básico a descentralização da obtenção e produção de dados e informações, coordenação unificada do sistema e o acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade (BRASIL, 1997).

No Art. 27 da referida Política Nacional dos Recursos Hídricos o objetivo do instrumento sistema de informações é reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil, atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional, para que assim, forneça subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Rodrigues (2005) afirma que a efetiva aplicação do instrumento "Sistema de Informação sobre os Recursos Hídricos", (onde contenha informações qualitativas e quantitativas da bacia hidrográfica ou região), servirá como base para alimentar os modelos matemáticos para suporte e decisão da gestão dos recursos hídricos viabilizando assim uma decisão mais racional ao utilizar os recursos hídricos.

Perante tal apresentação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos do Brasil, conclui-se que foi construído na base da descentralização, democracia, participação e integração dos aspectos quali-quantitativos dos recursos hídricos (JACOBI e BARBI, 2007).

O mesmo autor salienta que o fortalecimento de espaços participativos como os Comitês de Bacias Hidrográficas é um passo primordial para a aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, porém ainda é um desafio que estes espaços sejam espaços públicos tanto no seu formato quanto em seus resultados, pois o conflito é inerente como é a própria democracia.

Portanto, a participação de atores sociais representativos e qualificados tem um papel relevante para as contradições de interesses de organizações privadas versus públicas, assim favorece a melhoria da democracia e a gestão dos recursos hídricos no Brasil.

3.1.1 Desastres

O caso de Mariana, o rompimento da barragem de rejeitos, denominado de Fundão, ocorreu em novembro de 2015, onde o vazamento dos rejeitos teve mais de 60 milhões de metros cúbicos despejados ao Rio Doce, que abastecia mais de 230 municípios dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Wanderley et al. (2016) salienta que este é um processo e símbolo do megaciclo das commodities e da forma particular que o Brasil se inseriu nele, quando as importações globais de minério saltaram de US$38 bilhões para US$277 bilhões.

Desta forma, Zhouri et al. (2016) salientou em seu artigo que a tendência era de ampliação destas catástrofes, devido a flexibilização dos licenciamentos ambientais (PEC 65/2012, aprovada em abril de 2016 pela Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania do

Senado; o Projeto de Lei 654/2015 em tramitação no Senado Federal; e o Projeto de Lei 2.946/2015, aprovado pela Assembleia Legislativa de Minas Gerais em dezembro de 2015).

O desastre da Samarco Mineração S.A cujo capital é controlado paritariamente pela Vale S.A e a BHP Billiton Brasil Ltda, causou imediatas 19 mortes e 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minérios, que percorreram 600km até o litoral do Espírito Santo (ZHOURI et al. (2016). Vale destacar, que já ocorreu um rompimento em seis barragens em Minas Gerais, totalizando 16 mortos em 1986.

Em 2019, ocorreu novamente este cenário no Estado de Minas Gerais/Brasil, no dia 25 de janeiro, no município de Brumadinho, controlada pela Vale S.A. Estes dois episódios representam os maiores desastres do gênero da história mundial. Somando os dois episódios são quase 400 mortos (humanos). Os impactos desses desastres são mal avaliados, tem-se inúmeros danos ambientais de enormes magnitudes e os prejuízos que serão causados à sociedade, para o meio físico, biótico e socioeconômico, parecem ser incalculáveis (ANGOTTI et al, 2019; ANGOTTI, 2018).

Desta forma os rompimentos das barragens advêm de problemas institucionais precários, com procedimentos e licenças suscetíveis e duvidosas, além da ineficácia dos estudos e relatórios de impacto ambiental, deficientes e/ou práticas profissionais antiéticas, com a produção da subestimação dos impactos negativos e a superestimação dos efeitos positivos (WANDERLEY et al. 2016).

As negligências e a “surdez” institucional com a gestão de recursos hídricos no Brasil, e a (in)ação do Estado, no que diz respeito a um entendimento amplo e democrático da matriz dos recursos hídricos de modo geral, provoca armadilha de elevação exponencial dos riscos para os grupos sociais, econômicos e politicamente vulneráveis (WANDERLEY et al., 2016).

Outro exemplo, das “catástrofes” brasileiras é a cidade de São Paulo, com uma crise hídrica que afetou a maior cidade do país. No entanto, o boletim legislativo número 27 no ano de 2015 salientou que a causa principal da crise hídrica no Brasil não é a estiagem e que o investimento em barragens se justifica porque há incerteza quanto ao regime de chuvas, ou seja, o modelo determinístico e estocástico, não é um processo totalmente confiável. Além do mais, o Boletim afirmou que em vista dos dados, a deficiência, tem relação com a incapacidade institucional dos governos em lidar com os déficits temporários e excepcionais de água (CERQUEIRA et al., 2015).

Outra calamidade pública que merece explanação, vem colecionando a anos megadesastres é a Região Serrana do estado do Rio de Janeiro (DOURADO et al., 2011) e recentemente em diversos outros lugares do Estado, onde as chuvas intensas e alagamentos,

foram um dos principais problemas devido ocupação desordenada do município do Rio de Janeiro.

Ottero et al. (2018) afirmam que as chuvas ocorridas em janeiro de 2011 obtiveram mais de 900 mortos, e em 2013, mais de 30 óbitos, todos localizados na Região Serrana do Rio de Janeiro. Os autores salientam que desde 1990, as inundações representam a maior parte dos desastres no país.

Maffra e Mazola (2007) salientam que os desastres não são apenas de origem pluviométrica, mas também, estão relacionadas aos fenômenos climáticos, potencializados pela ação do homem, com o avanço das degradações e intensidade das relações com o meio ambiente e o aumento da vulnerabilidade humana.

Silva (2015) em sua dissertação conclui que a análise de frequência de vazões extremas, caso as premissas de homogeneidade e estacionariedade não sejam válidas, novos métodos e teorias devem ser utilizados, como por exemplo, a abordagem baseada no conceito das cópulas, aplicado à análise bivariada de frequência de cheias, pois a adaptação do modelo para consideração da não estacionariedade em um dos períodos possibilita prever a vazão da próxima estação com o conhecimento prévio da vazão máxima observada, desta forma os fenômenos e as tomadas de decisão podem ser melhor avaliada, diminuindo assim, a vulnerabilidade humana.

Vale discutir as culturas engessadas congruentes aos métodos tradicionais na gestão de recursos hídricos, pois no Brasil, como descrito anteriormente, há diversas problema derivados dos recursos hídricos e os métodos tradicionais, como a estacionariedade, homogeneidade e premissas de independência tem que serem discutidas, pois as mudanças ambientais estão ocorrendo e as variáveis se intensificando.

Lima e Lall (2008) afirma que a maioria dos modelos estatísticos voltados para análise de eventos extremos de cheia assume a estacionariedade da série de vazões (parâmetros do modelo que são invariantes ao longo do tempo). Porém, as bacias hidrográficas, em particular no Brasil, têm sido modificadas com a urbanização, desmatamento, mudanças climáticas, desta forma, o modelo determinístico que tem que ser revisto, principalmente para a emissão de outorga e enquadramento dos corpos de água, pois a quantidade de água pode não ser a mesma.

A criação de um sistema de outorgas em concordância com os planos é de fundamental importância para desenvolver métodos de seguridade das outorgas, além da praticidade em termos legislativos. Porém, é fundamental que as variáveis ambientais atuais estejam em concordância com a emissão desta licença, para que a segurança econômica, social e ambiental, seja mantida.

No Estado do Rio Grande do Sul- RS, para aperfeiçoar a gestão de recursos hídricos criou-se o Sistema de Outorga de Água, com informações de forma eletrônica (DRH/SEMA, 2019). Desta forma, a gestão e processo para a aplicação da outorga torna-se mais ágil para a sociedade. Apesar, da lei Estadual gaúcha 10.350/1994 que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, em seu Art. 29 explica que qualquer empreendimento ou atividade que alterar as condições quantitativas e/ou qualitativas das águas, superficiais ou subterrâneas dependerá de outorga, ainda há poucos estudos e a escassez de dados das variáveis ambientais, mudanças das séries hidrológicas, juntamente com as disponibilidades hídricas, podendo assim ocorrer congruências na prática.

3.2 *Uso da terra e alterações climáticas no Rio Grande do Sul/Brasil*

O Estado do Rio Grande do Sul teve seu marco inicial no município de Alegrete as margens do rio Ibicuí, o povoamento mais antigo, há 12.770 anos atrás (OLIVEIRA, 2005). Houve diversas ondas migratórias, mas teve três momentos distintos: a primeira se deu a 10.000 anos, representada por caçadores coletores, paisagens moldadas por modificações climáticas; a segunda onda era Cristã, representada por grupos de horticultores-ceramistas oriundos da Amazônia e do Planalto Central e a terceira onda se dá pela chegada do europeu com o descobrimento da América (IBGE, 2010).

De 1609 há 1768 viveram mais de 100 mil guaranis e jesuítas sob um Estado Teocrático, conhecida como República Guarani ou Sete Povos das Missões e alcançaram notável desenvolvimento econômico e cultural para a época e se expandiram por várias áreas deixando heranças na formação do estado Riograndense. Com isso, do ponto de vista econômico, os jesuítas e guaranis contavam com imensos rebanhos, atrativo para portugueses e espanhóis, que frequentemente atacavam as missões para a captura do gado, índios e produtos de couro (IBGE, 2010).

Por conseguinte, houve a expulsão de jesuítas e os guaranis, desencadeado, por diversas guerras contra a coroa espanhola e portuguesa, e por consequência, houve o abandono de seus trabalhos, dispersando o gado na região, que ficou à mercê do tempo, consolidando a expansão da atividade pecuária no Estado (CRUZ e GUADAGNIN, 2010).

Os mesmos autores salientam que com a disseminação do gado, sem predadores especializados e alimento em abundância, houve um crescimento exponencial. Com o fogo utilizado pelos índios e o crescimento acelerado do gado bovino e equino causou uma pressão

sobre as espécies de hemicriptófitas que dominavam os campos e, consequentemente teve uma redução da cobertura vegetal, e a introdução de espécies oportunistas (exóticas).

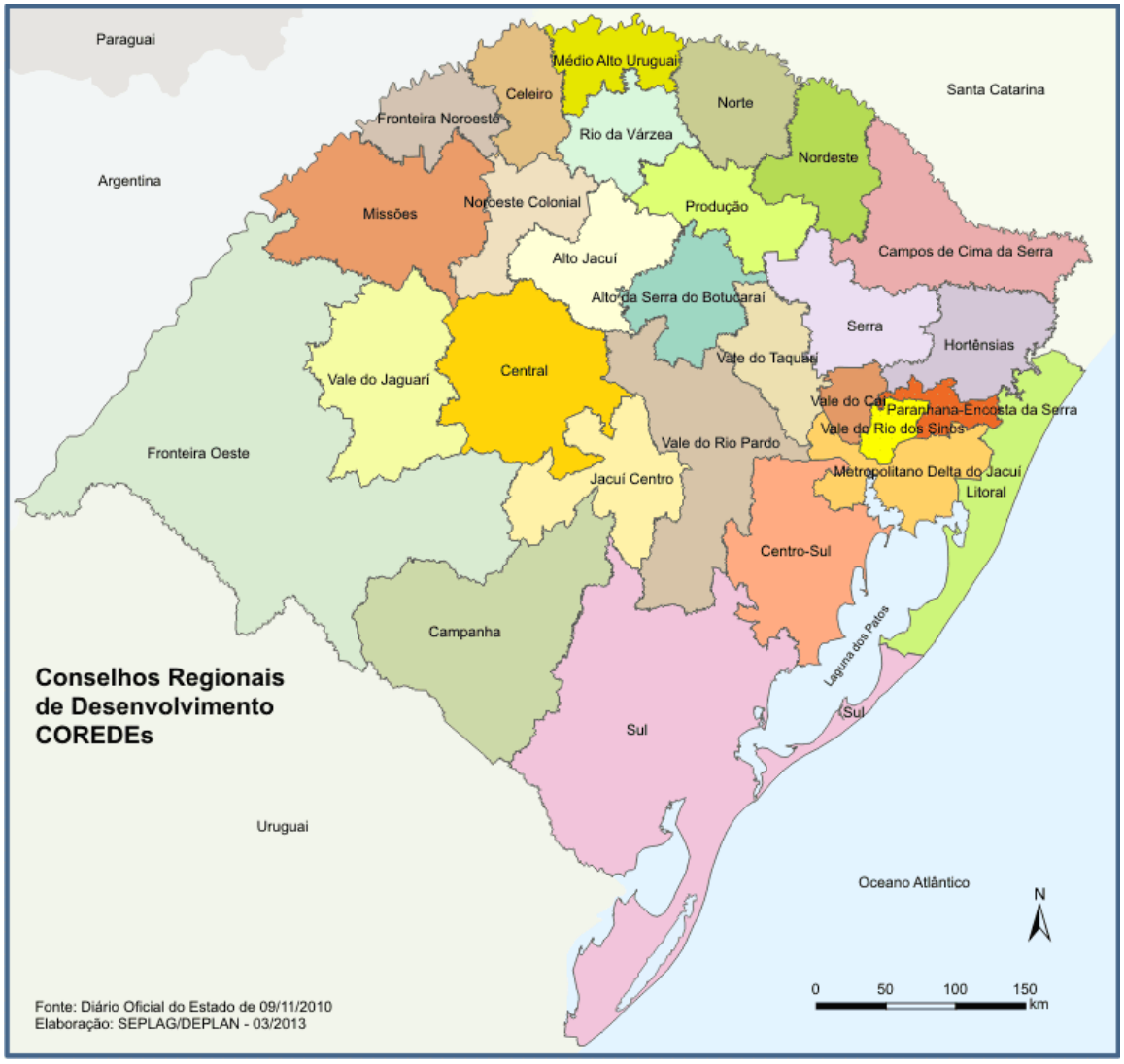
De tal maneira, a mudança do uso da terra se deu inicialmente pela chegada dos seres humanos, e posteriormente a dos europeus (chegada do gado e o uso demasiado do fogo) e a terceira mudança do uso do solo, envolveu a agricultura industrial, onde houve uma perda significativa do bioma Pampa (CRUZ e GUADAGNIN, 2010). A produção agrícola no Estado ocorreu com a melhoria dos transportes e a adoção de tecnologias modernas, vale destacar, que no mesmo período houve muitos agricultores-colonizadores que obtiveram terras virgens (IBGE, 2010).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística retrata que nos anos de 1950 no Rio Grande do Sul, a atividade agrícola sofreu declínios, em função da redução da capacidade produtiva natural dos solos. Com a revolução verde nos anos 1960-1970, políticas voltadas a produtividade favoreceu a produção de soja, que se tornou o principal produto agrícola do Estado.

Posteriormente, houve avanços de monocultura de espécies exóticas no Rio Grande do Sul, em especial no escudo riograndense, na planície litorânea e no setor oriental do planalto meridional e na campanha a expansão da vitivinicultura (IBGE, 2010). Vale mencionar, que a potencial contaminação por mineração e lavra no Estado do Rio Grande do Sul/RS, são os municípios de Caçapava do Sul, Lavras do Sul, São Gabriel e São Sepé (DAMES; PESSOA; PESTANA, 2006).

Segundo Trindade e outros (2018) o percentual de ocupação do uso da terra da agricultura mais a urbanização é de 45,50% em todo o Estado do RS. Os autores, subdividiram a regiões a partir do Conselho Regional de Desenvolvimento – COREDE, Rio Grande do Sul (Figura 2). Por conseguinte, a região com maior porcentagem de agricultura e urbanização é o Alto Jacuí com 85,62% e as regiões com a menores porcentagens são: Hortênsias (18,21%), Litoral (20, 78%) e o Sul (29,26%). A silvicultura totaliza 2,69% do estado e tem maior produção na região das Hortênsias (municípios de São Francisco de Paula, Cambará do Sul, Jaquirana, Canela, Gramado, Nova Petrópolis e Picada Café) com 17% de ocupação.

Figura 2- Regiões do Conselho Regional de Desenvolvimento – COREDE, do Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/midia/imagem/mapa-coredes-2013> Acesso em: 28 de março de 2019.

A região de Paranhana- Encosta da Serra obtêm 59,31% de porcentagem florestal de uma totalidade de 23,77% em todo o Estado. Além do mais, a região da Campanha concentra a maior porcentagem de uso do solo campestre com 43,73% de uma percentagem de 25,96% total do Estado. Vale destacar, que 51,66% da concentração do uso da terra para fins agrícolas e de urbanização está sob o Bioma Mata Atlântica (TRINDADE et al., 2018).

Cordeiro e Hasenack (2009) salientam que as áreas campestres ou florestais sem nenhuma modificação antrópica são pequenas no Estado do Rio Grande do Sul. Desta forma, restou apenas 31,38% da cobertura com características naturais ou seminaturais – considerando

o uso pecuário sobre campo nativo como fisionomia seminatural. Vale mencionar, que tem sido mais sustentável do ponto de vista da conservação a pecuária extensiva em campo nativo.

Há uma perda anual de cobertura natural de 845,04 km² por ano no Estado, demonstrando assim, a conversão de paisagens naturais em grandes machas de agricultura (CORDEIRO e HASENACK, 2009; TRINDADE et al., 2018; IBGE, 2010).

Outro processo que merece breve menção no Estado do Rio Grande do Sul são as mudanças climáticas que são alterações permanentes em um conjunto de condições meteorológicas, que ocorreram por diversas vezes no passado, por causas naturais (ROCHA, 2016). O IPCC (2014) afirma que os impactos da mudança climática já estão sendo percebidos pela sociedade.

A fim de evitar catástrofes, o aumento de temperatura no planeta tem sido objeto de estudos e preocupação de pesquisadores e é esperado cenários de clima mais extremos, com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes futuramente (PINTO, et al., 2003).

Mudança climática pode afetar o ciclo hidrológico e por consequência a disponibilidade hídrica e a duração os períodos de estiagem e enchente, afetadas principalmente pela mudança do uso do solo. Assim, a quantidade de água no solo influência diretamente as culturas agrícolas, demonstrando a necessidade de irrigação ou não. No Rio Grande do Sul os agrossistemas são predominantemente não irrigados, e dependem de fatores como da quantidade de água armazenada no solo oriunda da precipitação pluvial (STRECK e ALBERTO, 2006).

Pinto et al. (2003) salientam que a elevação da temperatura aumenta a capacidade do ar em reter vapor d'água e por consequência tem maior demanda hídrica. Assim, pesquisas realizadas por Siqueira et al. (1997) teve como resultados que as mudanças e suas implicações na agricultura podem aumentar de 3º a 5ºC na temperatura com tendência maior de aquecimento nas regiões do sul do país.

Streck e Alberto (2006) projetaram em seu estudo a mudança climática para os próximos 100 anos no município de Santa Maria/RS e resultou numa influência significativa no balanço de água no solo em agrossistemas de trigo, soja e milho, ou seja, com o aumento de CO^2 associado a um aumento de até 6ºC tendem a diminuir a quantidade de água no solo.

Mader e Casar Junior (2010) afirmam que a espécie de pinguim-de-magalhães sofre ameaças e declínio populacional e um dos principais problemas desta redução está nas mudanças climáticas e há grande incidência de mortalidade na costa brasileira mais especificamente na costa do sul do Brasil, desta forma, o presente estudo demonstrou que em torno de 7.000 pinguins morreriam por ano na costa do Rio Grande do Sul devido a esses fatores.

Outro destaque é o estudo de Pinheiro et al. (2013), no qual, foi analisado as séries temporais de precipitação e encontraram como resultado na faixa leste da região sul do Brasil área de tendência positivas de aumento de chuva, ou seja, desde o centro do Rio Grande do Sul até o Paraná. Sansigolo e Kayano (2010) revelaram que no estado gaúcho há tendência significativas de aumento de 93 mm em 100 anos na média sazonal do verão.

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2013) afirma que bacias das regiões Sul e Sudeste são de grande importância para a geração hidrelétrica, correspondendo a 80% da capacidade instalada brasileira. Destaca-se que a não estacionariedade das séries hidrológicas (vazão e precipitação) pode ter impacto negativo e significativo no cálculo de energia assegurada para a população.

A não estacionariedade de uma série hidrológica está relacionada há variações do ambiente, como mudanças climáticas e alterações antrópicas. Desta forma, é importante conhecer as séries para o planejamento hídrico, visto que, teoricamente é um pré-requisito os atributos de estacionariedade e homogeneidade (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

As mudanças ambientais e os mais diversos eventos como furacões, enchentes, degelo, ondas de calor, que até o século XX eram considerados fenômenos naturais, recentemente, têm sido atribuídos às mudanças climáticas e o uso da terra. Estas mudanças afetam a série hidrológica que é considerada invariante no tempo (ULIANA et al., 2014).

Assim, os recursos hídricos podem diminuir e/ou aumentar, visto que pode ocorrer flutuações e variáveis ambientais. Um exemplo disso, são as séries de vazões na bacia do rio Paraná, que apresenta uma não estacionariedade entre os períodos antes e depois da década de 1970. Desta forma, Tucci (2002) salienta que essa variação é resultado do aumento da precipitação, modificação do uso do solo por desmatamento, variabilidade amostral da vazão em conjunto com a precipitação.

Segundo Tucci (2002) o desmatamento produz o aumento do escoamento médio. Tucci e Clarke (1997) afirmam que alterar a superfície da bacia hidrográfica tem por tendência impactos significativos para o escoamento, visto que este processo é caracterizado pelo comportamento das enchentes, nas vazões mínimas e médias. Por consequência ocorre a não estacionariedade das séries hidrológicas (TUCCI, 2002) e dificuldades no planejamento e gestão dos recursos hídricos do Brasil.

Jackson (1975) enfatiza que os modelos estocásticos para a geração de séries sintéticas de vazões eram insuficientes, pois percebeu-se que a série histórica sozinha era insatisfatória para o planejamento apropriado dos sistemas de recursos hídricos devido as mudanças ambientais.

3.3 A hidrologia como base nas tomadas de decisões no planejamento hídrico brasileiro

A hidrologia é uma ciência nova, no entanto, desde a gênese da história das civilizações, há relatos do ser humano tentando entender os recursos hídricos, sendo limitado ao desenvolvimento de técnicas estruturais e não estruturais. Face ao seu papel primordial na sobrevivência, as comunidades antigas asseguraram a coerência civilizadora através da organização religiosa e administrativa que, vinculadas à função agrária e alimentar, determinaram as ações sobre a água, através de um conjunto de ritos e mitos como, por exemplo, o da criação e da fecundidade (ELMO, 1998).

Pressupostos malthusianos[1] acreditavam que o aumento da população levaria a degradação ambiental, devido principalmente a intensidade de agrotóxicos, inseticidas e pesticidas para a produção de alimento. Sabe-se atualmente, que não é o aumento populacional que leva a degradação, mas sim a ambição econômica e a percepção que o meio ambiente é um bem privado (TUNDISI, 2008).

O problema da degradação e poluição dos corpos hídricos está diretamente relacionado ao binômio industrialização/urbanização, bem como ao processo de desenvolvimento político e econômico, o qual determina como se darão a apropriação e os diversos usos dos recursos ambientais, além disso, o Brasil teve um crescimento populacional rápido e a distribuição regional feita de forma desigual (ELMO, 1998) com quase 85% da população atual habitando nos centros urbanos (IBGE, 2016).

O antagonismo, entre os recursos hídricos e o desenvolvimento, obteve diversas discussões nas últimas décadas no Brasil, devido, principalmente, a grandes acidentes ambientais dos últimos anos. Além do mais, no Brasil, 63% da demanda hídrica vem da agricultura (REBOUÇAS, 2003).

Perante tal problemática o campo ambiental legitimou-se socialmente de modo mais intensivo há cerca de 40 anos (COSTA, 2005). Uma importante referência legal no Brasil, foi o Código de Águas (BRASIL, 1934), que normatizou o uso dos recursos hídricos, enfatizando usos para a agricultura e posteriormente para a geração de energia, o que demonstrou com convicção a preocupação eminentemente agrícola nos meados de 1930. Cardoso (2003) e Meier

[1] The Population Bomb (1966), de Paul Ehrlich, e Tragedy of the Commons (1968), de Garret Hardin. Paul Ehlich, acredita que população do planeta estava crescendo de forma exponencial e milhões de pessoas passariam fome, uma vez que a capacidade humana de produzir alimentos resultaria em uma devastadora degradação ambiental. Garret Hardin afirmava que a devastação dos recursos naturais era irremissível em virtude da quantidade de pessoas para disputá-los.

(2016) afirmam que este código não regularizou um tratamento holístico na temática da gestão de recursos hídricos e nem estruturou uma institucionalização para o setor água.

Meier (2016) afirma que esta postura se dá principalmente pelos fluxos econômicos do país na época, em que a água era responsabilidade do Ministério da Agricultura e posteriormente ao Ministério de Minas e Energia, o que retrata este privilégio no código de águas. Era uma estratégia de estimular a indústria e a economia na época.

Não havia referência e apontamento de gestão ou planejamento no código das águas (Decreto n^0 24.643 de 10 de julho de 1934) apenas uma visão particularizada e pouco hidrológica na tomada de decisão (MEIER, 2016; CARVALHO, 2005). Os recursos hídricos eram considerados de uso comum e particular e poderia haver inspeção ou autorização administrativa caso fosse de interesse da saúde e segurança pública. Vale mencionar, que os proprietários ribeirinhos tinham o direito de fazer na margem obras necessárias ao seu uso.

O modelo de gerenciamento hídrico era limitado no campo hidrológico e técnico, além de despolitizado, beneficiava alguns segmentos econômicos. Outrossim, as nascentes, em 1934, eram consideradas particulares, caso não fosse alimentada por rios e lagos de uso comum, ou seja, navegação e parques, por exemplo. Esta estrutura beneficiou para a poluição hídrica atual, visto que o meio ambiente ainda era considerado um bem infinito e particular (MEIER, 2016).

Carvalho (2005) em sua tese salienta que o código das águas tinha um moderno princípio do poluidor- pagador, o qual admitia a indústria produzir externalidades negativas, porém, que estas fossem internalizadas pelos poluidores.

> Art. 111 - Se os interesses relevantes da agricultura ou da indústria o exigirem, e mediante expressa autorização administrativa, as águas poderão ser inquinadas, mas os agricultores ou industriais deverão providenciar para que elas se purifiquem, por qualquer processo, ou sigam o seu esgoto natural (BRASIL, 1934).

No entanto, a mesma autora, afirma que este moderno conceito no código, não era preocupação ambiental no Brasil, mas sim em legitimar o código de águas ante o código civil (CARVALHO, 2005).

Lima (1999) salienta que a questão ambiental emerge como um problema significativo em âmbito mundial apenas nos anos de 1970, o qual dá início a contradições de modelos dominantes de desenvolvimento econômico e industrial com a realidade ambiental. Essas contradições eram reveladas nas degradações e ameaças à continuidade da vida á longo prazo.

Assim, a consciência ecológica cresceu gradualmente, espelhados nos movimentos sociais, científicos, agências, políticas públicas, mídia e organizações não governamentais.

Estudos de Müller et al. (1998) e Sáfadi (2004) notaram um aumento linear das vazões das séries hidrológicas estudadas das bacias do Paraná, Uruguai e Paraguai, além de uma diferença significativa entre as medianas das séries nos períodos anteriores e posteriores a 1970.

Ao retomar à institucionalização dos recursos hídricos no Brasil, a constituição de 1988, destinou um capítulo inteiro para as questões ambientais, em específico para os recursos hídricos, definiu o fim do domínio privado sobre os recursos hídricos. Um marco histórico para o Brasil, visto que, atualmente, as Organizações das Nações Unidas, ainda lutam para que os recursos hídricos seja um direito de todos. Castro et al. (2015), afirma que a desigualdade e a injustiça no acesso à água e seus serviços básicos são mais graves nas áreas onde a disponibilidade deste recurso é adequada ou até mesmo abundante, como ocorre no sul do México e em extensões amazônicas.

Castro et al. (2015) afirma que, em meados de 1980, a maioria dos países da américa latina envolveram-se na implementação de uma sucessão de políticas públicas no setor dos recursos hídricos, conduzidos fundamentalmente pelo princípio de que os Estados deveriam transferir a responsabilidade pela governança da água. Com isso, estes países obtiveram resultados variados como a proliferação e acirramento dos conflitos sociais relacionados com a água, que geraram movimentos de luta por parte das populações afetadas.

Após sessenta e três anos do código de águas, juntamente com muitos acidentes ambientais, secas e inundações, em 1997, foi criada a Lei 9433 que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos – PNRH, que tem como princípio norteador a água como um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico, no qual sua gestão, deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

Carvalho (2005) salienta que a gestão dos recursos hídricos de forma compartilhada não se circunscrevia apenas ao problema administrativo, mas no reconhecimento, embora que tardio, de que os governos, sozinhos, eram incompetentes para tratar da questão.

Desta maneira, a Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei 9433/1997, tendo como objetivo conservar e recuperar os corpos hídricos degradados tem uma compreensão da gestão ambiental sistêmica, com viés da bacia hidrográfica como unidade de gestão. A hidrologia foi estudada com um olhar sistêmico e o balanço hídrico primordial para sua gestão e planejamento.

Tucci (2002) salienta que a quantificação da disponibilidade dos recursos hídricos tem que servir como base para os projetos e os planejamentos hídricos, só assim, se consolidarão, com efetividade, representatividade e satisfatoriedade às tomadas de decisões na gestão das

águas. Além disso, o autor afirma que a hidrologia é uma ciência que estuda a água na terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas reações com o meio, propriedades físicas, químicas e biológicas, além das relações com as formas vivas. Quantificar e qualificar a disponibilidade hídrica é a base para projetos e planejamentos hídricos e boas tomadas de decisões sem dissociação e com adequações econômicas, sociais, culturais, ambientais.

Segundo Tucci (2002), a hidrologia é uma ciência interdisciplinar e sua evolução significativa é em face aos problemas crescentes de ocupação descontrolada das bacias hidrográficas que resulta impactos negativos. Vestena (2008) afirma que a ciência hidrológica passou a ter uma grande importância na tomada de decisão, no sentido de prevenir e minimizar efeitos provocados pelos desastres naturais, visto que fornece informações que subsidiam as decisões na implantação de ações ocasionadas pela escassez e excesso da água.

Para desenvolver uma gestão ambiental integrada (como é o plano de bacias) de um território é necessário conhecer a bacia hidrográfica com dados concretos. Tucci et al. (2001) afirmam que as informações hidrometeorológicas são indispensáveis para promover um adequado aproveitamento dos recursos hídricos, porém, na prática, há demasiadas dificuldades por razões históricas de separações institucionais dos órgãos responsáveis pelos levantamentos e controles (KOIDE e SOUZA, 2001).

Porto e Porto (2008) garantem que para ter um conhecimento de uma bacia hidrográfica é necessário desenvolver estudos topográficos, geológicos, climáticos, socioeconômicos e ambientais que podem ser conhecidos com um estudo físico da área e acompanhamento de possíveis mudanças, já o clima e o regime hidrológico somente são conhecidos se existir histórico de séries de dados hidrometeorológicos, quanto maior o histórico, melhor a qualidade dos dados e melhor será o conhecimento da bacia hidrográfica estudada.

Técnicas metodológicas para a confiabilidade de dados tornaram-se imprescindíveis para a aplicação dos instrumentos de recursos hídricos e excelência no gerenciamento das águas. Naghettini e Pinto (2007) salientam que com a intensidade com que os fenômenos hidrológicos ocorrem, podem ser dadas por variabilidades espaciais e/ou temporais presentes tais como: a precipitação, escoamento e armazenamento superficiais, evapotranspiração, infiltração, escoamento e armazenamento sub-superficiais, conformações geomorfológicas, transporte de sedimentos, entre outros.

Ferreira et al. (2016) afirmam que a necessidade de compreender e prever o comportamento de corpos aquáticos nos pontos de vista físico, químico e biológico é imprescindível para estabelecer segurança na quantidade e qualidade da água. Desta maneira, foram realizados, ao longo do tempo, diversos estudos que consolidam metodologias adequadas

para asseguras a veracidade dos dados hidrológicos (BOYE, FALCONER e AKANDE, 2015; HARTNETT e NASH, 2015), isto dá segurança, veracidade e credibilidade nas tomadas de decisões.

As intensidades com que os fenômenos hidrológicos ocorrem, podem ser postas como funções do tempo, ou do espaço (ou ambos), estes considerados processos hidrológicos. Desta maneira, a função do tempo descreve a evolução contínua das vazões em uma certa seção fluvial é exemplo de um processo hidrológico que podem ser classificados como estocásticos (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

O mesmo autor ainda afirma que quanto maior o histórico, melhor a distribuição espacial e melhor a qualidade dos dados e conhecimento da bacia, teoricamente, melhor seria as tomadas de decisões na gestão de recursos hídricos. Visto que, quase todos os processos hidrológicos são considerados estocásticos (governados por probabilidades) ou seja, componentes aleatórios que sobrepõem a regularidades eventuais explícitas (variações de radiação solar, precipitação, escoamento etc.). No entanto, ocorreram diversas mudanças nas bacias hidrográficas causadas principalmente por ações e atividades antrópicas nos últimos anos, ocasionando reflexos nas vazões afluentes (DETZEL et al., 2016).

Modelos matemáticos são utilizados como ferramentas para o planejamento e gestão dos recursos hídricos e estes são baseados em condições de escoamento de regime permanente. Abordar regimes não-permanentes permite descrever com veracidade as características dos recursos hídricos demonstrando maior representatividade dos processos hidrológicos (FERREIRA et al., 2016).

Tucci (2006) evidência que o modelo hidrológico permite equacionar, representar, simular e entender o comportamento da bacia hidrográfica. Além disso, Lucas et al. (2009) afirmam que os modelos hidrológicos podem ser classificados em: modelos estocásticos ou determinísticos ou com a combinação de ambos (NAGHETTINI e PINTO, 2007), variáveis (empírico ou conceitual), representação de dados (discretos ou contínuos), a existência ou não de relações espaciais (pontuais ou distribuídos) e a existência de dependência temporal (estatísticos ou dinâmicos). Ou seja, são pressupostos da análise de frequência convencional que os dados hidrológicos devem satisfazer as condições de independência, estacionariedade e representatividade (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Yevjevich (1974) ressalta que há aumento da incerteza com a carência de dados e sua confiabilidade está intrinsecamente ligada ao tamanho da amostra e sua representatividade, ou seja, erros sistemáticos em amostras, podem produzir incertezas e riscos quando as estimativas dos parâmetros estatísticos forem obtidas de amostras relativamente pequenas.

Cruz (2005), em seu estudo, afirma que a carência de dados é uma pedra no processo de tomada de decisão, ou seja, para implementar o sistema de gestão de recursos hídricos no Brasil é necessário um desenvolvimento metodológico adaptado com uma abordagem holística e que considere o ecossistema "rio" como uma unidade de manejo. A abordagem da gestão é incorporada em uma gestão de incertezas no processo de tomada de decisão quando o viés for os dados hidrológicos existentes (MENDIONDO et al., 2007).

Cada corpo hídrico ou comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é determinado por diversos fatores externos que o influenciam e isso é caracterizado por uma série temporal de vazões. Cruz (2001) salienta que os processos hidrológicos são processos aleatórios e, desta maneira, consiste em variáveis aleatórias, não sendo possível prever quais valores ocorrerão em cenários futuros. Com as modificações antrópicas intensas na bacia hidrográfica, o processo aleatório, homogêneo e representativo dentro de uma série hidrológica, juntamente com carência de dados, é uma realidade prevista e assumida no Brasil. Por fim, as técnicas de hidrologia utilizadas para subsidiar o sistema de gestão de recursos hídricos possuem uma grande incerteza quanto aos efeitos nas tomadas de decisões.

Revisar-se-ão, com maior foco, os principais trabalhos na área da hidrologia estocástica (processos aleatórios) que discutem, direta ou indiretamente, a questão da não estacionariedade de séries hidrológicas com possíveis riscos e incertezas nas tomadas de decisões.

3.4 Processos convencionais das séries hidrológicas: A hidrologia e os riscos nas tomadas de decisões

Os "fenômenos hidrológicos" ocorrem em função de tempo e/ou espaço ou ambas, podendo variar do local para o global e isso se dá como um processo hidrológico, que está intrinsicamente associado ao ciclo hidrológico (local ou global) e/ou ao balanço hídrico de uma bacia hidrográfica. Desta maneira, a modelagem hidrológica é uma ferramenta que representa o que ocorre em uma bacia hidrográfica, além de prever as consequências nas diferenças dos valores observados (TUCCI, 1998). Os fenômenos hidrológicos não podem ser reproduzidos (pelos menos na escala que ocorrem), no entanto, para estudos e políticas públicas, é fundamental sua previsibilidade.

Tucci (2002) salientou que os processos hidrológicos são aleatórios, ou seja, suas realizações não podem ser conhecidas, não é possível saber a evolução dos valores de temperatura, vento, insolação, precipitação, evaporação, vazão em determinada seção fluvial,

ao longo do tempo e/ou espaço. Com isso, ocorrem diversas inconveniências básicas no planejamento dos recursos hídricos. Assim, buscou-se instrumentos de tratamento aleatório relacionados à teoria de probabilidades.

Cruz (2001) afirma que o conceito de aleatoriedade pressupõe que não há meio que possibilite prever o valor exato de uma variável para um instante de tempo e/ou espaço em um cenário futuro, e isso está relacionado a diversas flutuações não controláveis, visto que a variável tem características aleatórias. Não é possível determinar com exatidão os processos hidrológicos, ou seja, nenhum processo é puramente determinístico, pois está sujeito a fatores aleatórios (GUIMARÃES, 2011).

Segundo Box, Jenkins e Reinsel (1994), com o modelo determinístico é possível mapear tais fatores de forma a escrever uma relação matemática que traduza exatamente suas intervenções sobre a variável de interesse. Hipel e McLeod (1994) afirmam que modelos determinísticos reproduzem todo o estado de um sistema. Um sistema determinístico é raro, pois é impossível saber todas as influências do sistema. Naghettini e Pinto (2007) apresentam um exemplo de sistema determinístico com o pulso de precipitação conhecido, uniforme e homogêneo em superfície de geometria simples, impermeável, que são irreais na natureza.

Desta maneira, Detzel (2015) afirma que os fatores que causam um determinado fenômeno não têm seus valores exatos conhecidos, eles podem ser escritos em termos probabilísticos e essas equações matemáticas descrevem o sistema formando um modelo estocástico.

Exemplo disso é a previsão de chuva, em que é possível prever a ocorrência de precipitação, porém não sua quantidade exata. Essa “dificuldade” dos hidrólogos foi ultrapassada, considerado que os processos hidrológicos são processos estocásticos, ou seja, é uma coleção de variáveis aleatórias e sua sucessão cronológica é resultante de observação, representando uma única realização do processo (GUIMARÃES, 2011).

Desta maneira, se os processos são estocásticos, pode-se recorrer às leis de probabilidade. Assim, é possível determinar qual probabilidade de realização em determinado intervalo, por exemplo, se precipitar, pode-se determinar a probabilidade de ocorrer um determinado valor de chuva. Naghettini e Pinto (2007), salientam que os processos estocásticos se referem à identificação e interpretação da aleatoriedade em tais processos, no qual, buscam estabelecer conexões sequenciais, no tempo e/ou no espaço.

Processos meramente determinísticos são explicados pelas leis da física, química e biologia, ou seja, são regularidades próprias, as variáveis são explicadas (LUCAS et al., 2009; NAGHETTINI e PINTO, 2007). Porém, pela própria natureza dos rios, meio ambiente e

sociedade, quase todos os processos são considerados estocásticos pelos pesquisadores e governados pelas leis da probabilidade de ocorrência.

Vale salientar que as séries temporais são consideradas pelos analistas, em sua grande maioria, como estacionárias, como pressuposto, quer dizer, desenvolvem-se no tempo aleatoriamente em uma média constante, condizente com o equilíbrio estável. Diversos autores garantem que, na prática, na maioria das séries é encontrado algum tipo de não estacionariedade (DETZEL et al., 2016; FERREIRA, et al., 2016; IPCC, 2007; NAGHETTINI e PINTO, 2007).

A credibilidade das estimativas está associada a parâmetros de uma dada distribuição da amostra e sua representatividade. Esses modelos são construídos por processos estocásticos, que estimam valores futuros da variável em questão, que são baseados em valores passados (BRESSAN, 2004).

Há diversas causas de possíveis não estacionariedades, como construções de barragens, urbanização, desmatamento das bacias, eventuais modificações do leito fluvial, cheias, mudanças climáticas que possam impactar vários componentes do ciclo hidrológico, fazendo com que as séries hidrológicas deixem de ser estacionárias (MILLY et al., 2002; CLARKE, 2002). Tucci (2002) salienta que uma série é estacionária quando as suas estatísticas não se alteram com o tempo, além de amostras representativas (não tem tendência, redução e aumento). Estudos de Dale et al. (2015), Kibria et al. (2016) e He et al. (2013) asseguram que as tendências em séries históricas de vazão estão sendo alteradas pelo uso dos solos e alterações de regime pluviométrico.

A ocorrência de não estacionariedade em registros hidrológicos longos tem levantado questões de adequação de métodos estatísticos hidrológicos convencionais para a previsão dos recursos hídricos (COULIBALY e BALDWIN, 2005; SANTOS et al., 2016). Porém, são pressupostos da estatística hidrológica que a frequência convencional deva ser independente, estacionária e representativa (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Por fim, há demasiados trabalhos como de Larentis et al. (2008), Fan et al. (2013), Sorribas et al. (2012) que realizam melhorias e esforços nas representações hidrológicas, nas quais examinam cenários futuros. Porém, estudos de Ferreira et al. (2016) e Detzel et al. (2016), sobre a não estacionariedade em vazões com ênfase nos instrumentos de gestão de recursos hídricos, apresentam uma abordagem primordial a ser discutida, devido, principalmente, às mudanças antrópicas atuais e aos riscos e incertezas nas tomadas de decisões na gestão de recursos hídricos no Brasil.

3.4.1 Variáveis hidrológicas

A quantidade de água em uma bacia hidrográfica depende inicialmente da área, clima, uso e cobertura da terra que influenciam ou podem influenciar de forma direta o comportamento sazonal dos fluxos de água dentro da área (GUANDIQUE e MORAIS, 2015). Essa quantificação é realizada por uma variável, aleatória, que é desenvolvida no tempo e no espaço (TUCCI, 2002).

As variações temporais e/ou espaciais dos fenômenos do ciclo da água podem ser consideradas variáveis hidrológicas e serem descritas quantitativamente ou qualitativamente. As flutuações dessas variáveis hidrológicas são categorizadas ou quantificadas por medições (NAGHETTINI e PINTO, 2007). Exemplos são os tanques evaporimétricos locais, para medição de evaporação ou pluviômetros para a medição diária de precipitação.

As incertezas aleatórias não podem ser reduzidas porque são intrínsecas à variabilidade do fenômeno observado, no entanto, podem ser parcialmente estimadas pelo padrão da variabilidade exibida pela amostra referente a fenômenos que intervêm (NAGHETTINI e PORTELA, 2012).

Um conjunto de observações das variáveis hidrológicas denomina-se de amostra (número limitado de medições). Vale salientar, que as amostras não contêm todas as possíveis observações daquela variável do processo hidrológico em questão. Entretanto, estatisticamente, busca-se extrair da amostra características que irá igualar ou superar o valor de referência em que não foi observado (está fora dos limites amostrais).

Os limites amostrais se estabelecem por mudanças do ambiente, poucas pesquisas e coletas, falta de incentivos governamentais e poucas aparelhagens de coletas, frequência das coletas, entre outros.

As variáveis hidrológicas que podem ser consideradas qualitativas são denominadas nominais, nas quais não há existência de ordenação (por exemplo, estado do tempo, ensolarado, chuvoso, trovoada) e ordinais, em que se pode categorizar ou classificar, por exemplo, altura de uma represa, mês de observação, nível de armazenamento do reservatório (NAGHETTINI e PINTO, 2007; NAGHETTINI e PORTELA, 2012; TUCCI, 2002).

As variáveis hidrológicas quantitativas podem ser consideradas contínuas ou discretas (por evento). Um modelo hidrológico contínuo busca representar longos períodos da série, que contemplam comportamentos hidrológicos diferentes. Em contrapartida, uma variável

hidrológica discreta busca períodos isolados da série, exemplo, eventos de cheias. Além disso, quanto menor o intervalo de tempo, maior é a precisão dos resultados (GONTIJO, 2007).

As variáveis hidrológicas quantitativas podem ser consideradas limitadas e ilimitadas. Exemplo são as variáveis de concentração da qualidade dos recursos hídricos, que podem ser limitadas pela capacidade de dissolução de oxigênio de um corpo hídrico, que, além disso, dependem da temperatura do local. As variáveis ilimitadas são aquelas que não possuem limites inferiores ou superiores definidos, por exemplo, a vazão média diária de um corpo d´água (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Vale ressaltar que os autores da área de hidrologia estatística se respaldam em aplicações de variações hidrológicas aleatórias quantitativas (COLLISCHONN, 2001; NAGHETTINI e PINTO, 2007; GUANDIQUE e MORAIS, 2015; BELO FILHO, 2010; SILVA, 2015).

3.4.2 Séries hidrológicas

Segundo Naghettini e Pinto (2007), as variáveis hidrológicas e hidrometeorológicas têm seus parâmetros apontados por meio de séries temporais. Estas observações ou medições são tabuladas e organizadas em decorrência sequencial de tempo e/ou espaço.

As séries hidrológicas podem apresentar tendências na periodicidade ao longo do tempo e espaço, resultando variações naturais do clima ou indução antrópica e, neste caso, as séries são consideradas não estacionárias. Assim, quando uma série não se altera ao longo do tempo é dita estacionária ou seja, tem homogeneidade e padrão de variabilidade em torno de uma valor médio ao longo do tempo. No entanto, quando a série é não estacionária deve ser composta por duas subséries, possivelmente estacionária e homogênea (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Detzel (2015) afirma que uma série temporal é encadeada de observações de uma variável no tempo e, em raras ocasiões, o espaço entre os elementos de uma série pode ser desigual. O mesmo autor salienta que é normal referir-se a série temporal como uma realização infinita do processo estocástico que governa o fenômeno natural estudado. Vale descrever que processos estocásticos são decorrentes das leis de probabilidade e processos naturais são chuvas em determinado posto pluviométrico, por exemplo.

Vale a pena frisar que os processos de medição e observação apresentam variações hidrológicas instantâneas ou contínuas ao longo do tempo e têm seus registros limitados por intervalos. Isso se dá, principalmente, pelas coletas e medições na compilação de dados (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Koutsoyiannis (2006) exibe um esquema (Quadro 1) sobre séries observadas e realização de processos estocásticos que vale breve menção.

Quadro 1 -Esquema sobre processos estocásticos

	Processos (variáveis)	**Séries temporais (valores)**
Fenômeno Natural	Processo natural	Séries observadas (únicas e finitas)
Modelo	Processo estocástico	Realizações (infinitas)

Fonte: Adaptado de Koutsoyiannis (2006) e Detzel (2015).

As séries temporais podem ter fenômenos naturais (séries observadas e finitas) em uma realização de processo estocástico. As séries hidrológicas podem incluir todas as observações coletadas em intervalos de tempo e ou valores característicos como máximas, mínimas e médias mensais.

Na maioria das aplicações e métodos da hidrologia estatística se utiliza dos requisitos de estacionariedade e homogeneidade. Devido à importância desta explicação no contexto da presente tese, coube, aqui, aprofundar processos determinísticos, estocásticos, variações hidrológicas e séries hidrológicas e seus conceitos convencionais, para discussão desta pesquisa.

Detzel (2015) afirma que na série temporal pode se encontrar comportamentos estacionários e suas estatísticas não variam com o tempo. Cruz (2001) enfatiza que a estacionariedade da série temporal se baseia na frequência de ocorrência do passado e que essas são válidas para a ocorrência do futuro.

Klemes (1974) afirma que classificar em estacionariedade ou não é filosófico, visto que o termo estacionário está atrelado aos processos estocásticos (probabilidade). Mesmo assim, Detzel (2015), em sua pesquisa sobre modelagem de séries hidrológicas, afirma que é extremamente comum na literatura o uso destes termos para séries temporais.

As séries hidrológicas, com o passar dos anos, ficam maiores e com comportamentos mais instáveis associados ao comportamento antrópico e não estacionário. Em diversos lugares do Brasil estão registradas modificações nas vazões decorrentes de ações antrópicas. Porém, pesquisadores e hidrólogos procuram alternativas de remoção da não estacionariedade nas séries históricas para a apropriação de modelos matemáticos.

Koutsoyiannis (2006) defende adaptar os modelos para receber os dados em sua forma

original e não manusear e adaptar os dados para os modelos matemáticos. Além do mais, questões como inconsistências conceituais da própria não estacionariedade são descritas.

Klemes (1974) já discutia esse conceito, refletindo tratar-se de um "exercício de futilidade", visto que quanto mais longas as séries, maiores as probabilidades de apresentar um comportamento não estacionário. Além disso, mudanças significativas nas leis ambientais brasileiras foram redigidas como, por exemplo, o Código Florestal (BRASIL, 2012), podendo alterar significativamente o uso do solo e, consequentemente, aumentando a não estacionariedade das séries hidrológicas.

Deste modo, percebe-se que, quanto mais longa e significativa uma série temporal, maior a probabilidade de ela ser não estacionária. Pergunta-se, então, porque insistir na utilização do pressuposto de estacionariedade na instrução de processos de outorga e enquadramento?

3.4.3 Não estacionariedade de uma série hidrológica

Segundo Milly et al. (2008), a estacionariedade está morta. As mudanças hidrológicas e climáticas, advindas em grande maioria de ações antrópicas, devem ser analisadas, por conseguinte, é necessário encontrar formas para identificar modelos de probabilidade não estacionária para avaliar o planejamento de riscos dos recursos hídricos (MILLY et al., 2015).

Porém, autores como Koutsoyiannis (2006), Lins e Cohn (2011), Matalas (2012) e Montanari e Koutsoyiannis (2014) salientam que a abordagem de uma estacionariedade morta necessita de cautela, visto que a seleção de um modelo não estacionário pouco desenvolvido pode ser menos eficiente no âmbito de planejamento de riscos. Além do mais, consideram relações determinísticas necessárias para explicar a evolução de um demarcado processo estatístico no tempo e no espaço.

As mudanças antrópicas do meio ambiente são heterogêneas, crescentes e, no entanto, têm sido negligenciadas pela modelagem matemática ao longo do período (MILLY et al., 2015). Assumir a simplificação da estacionariedade ou apenas um fator de multiplicação, em estudos hidrológicos, pode ser uma prática arriscada (BARTIKO et al., 2017).

Porém, Vogel et al. (2015) afirmam que mudar conceitos relacionados à estimativa de retorno em inundações e dos riscos assumidos é necessário, assim, levou diversos pesquisadores a atualizar métodos estatísticos para possível não estacionariedade das séries hidrológicas.

Bartiko et al. (2017) e Vogel et al. (2015), por sua vez, apresentam que a probabilidade de excedência de variáveis hidrológicas não estacionárias está mudando, a fórmula tradicional T=1/P, ou seja, período de retorno é igual a 1 sobre a probabilidade de excedência, não é mais válido.

Montanari e Koutsoyiannis (2014) dizem que há uma percepção generalizada da não estacionariedade em variáveis hidrológicas e o passado não é mais representativo do futuro. A resposta a esta percepção foi sugerida por Milly et al. (2008), que propõem a adoção de modelos determinísticos, baseados em conhecimento mais aprofundado dos processos naturais, com relação aos cenários de força (que levam em conta mecanismos externos que forçam a estado do sistema como, por exemplo, as concentrações de gases do efeito estufa). Estas mudanças de paradigmas e de abordagens metodológicas poderiam substituir o pressuposto da estacionariedade no planejamento.

Koutsoyiannis (2011, 2013) aponta incoerência na caracterização de tendência como um componente determinístico da série e é explanado através de uma função: tipo $zt = f(t)$, onde $f(t)$, quase sempre, uma função linear do tempo t. Detzel (2015) afirma que é um procedimento usual adotado na literatura e que as hipóteses avaliadas assumem tendências lineares de crescimento ou redução da variável. No entanto, Koutsoyiannis critica essa análise e afirma não existir significado físico, além de um paradoxo criado ao modelar estocasticamente em variável aleatória por um elemento determinístico. Além do mais, o autor reprova tendências determinísticas e adota comportamento de flutuações de larga escala.

Klemes (1974) e Serinaldi e Kilsby (2015) defendem o mesmo argumento acerca da classificação das séries temporais, que o uso de modelos não estacionários só se justifica quando a evolução do processo pode ser descrita em termos determinísticos.

Milly et al. (2015) afirmam que muitas séries temporais hidrológicas podem ser visualizadas (ou seja, modeladas) como combinações de componentes deterministas (incluindo periódicos) e estocásticos. No entanto, os autores salientam que se a(t) e b(t) são deterministas e z(t) é estocástico, então Z = a + bz também é estocástico, as funções a(t) e b(t) podem ser determinadas pelo forçamento antropogênico de um sistema, enquanto que z(t) pode ser o resultado de uma dinâmica interna não-linear caótica e forçamento externo natural imprevisível do sistema.

Klemes (1974) ainda afirma que, em uma escala maior de tempo, o comportamento poderia ter variações amostrais de uma série não estacionária, em suma, não se pode analisar e concluir precipitadamente o equilíbrio estático de uma série, logo que é a única informação disponível para as análises. Desta maneira, as séries históricas são a interação de múltiplos

mecanismos e variáveis. Detzel (2015) ainda enfatiza que a condição de ergocidade é violada quando se trabalha em processos não estacionários, prejudicando toda e qualquer inferência feita a partir da série.

A questão de ergodicidade, de modo geral, é um sistema inteiro e podem ser inferidas na trajetória de apenas uma partícula (DETZEL, 2015). Choe (2005) afirma que a trajetória das partículas tem a mesma probabilidade de passar por diversos estados que compõem o sistema no tempo e espaço, ou seja, a estacionariedade estatística é um processo estocástico (probabilidade), apresenta homocedasticidade (variância constante dos erros) e ergodicidade (sistema dinâmico munido de variantes).

Bartiko et.al. (2017) e Koutsoyiannis (2006) defendem a ideia de que uma abordagem estacionária não é apropriada para modelagem hidrológica em bacias com mudanças em grande escala, resultante de influências antropogênicas.

Detzel et al. (2011) afirmam que, para o planejamento dos recursos hídricos, são utilizadas informações contidas em registros históricos e que essas séries, de modo implícito, são invariantes no tempo (condição conhecida como estacionariedade - estado de equilíbrio da série). Porém, de acordo com os autores, são modelos que geralmente trabalham com séries relativamente curtas, ou seja, menores de 30 anos, e a premissa de estacionariedade seria válida e não apresentaria transtornos. Contudo, é uma afirmação que não pode ser generalizada, pois em alguns casos, podem ocorrer mudanças de comportamento hidrológico em intervalos de tempo menores que 30 anos, exemplo disso, são os dados da bacia hidrográfica do rio Santa Maria. Dados ainda não publicados, realizados no Laboratório Interdisciplinar de Ciências Ambientais na Universidade Federal do Pampa, demonstraram um comportamento não estacionário (Figura 3), e realidade distinta antes e após 1989 (grande influência de período climático com período chuvoso El Niño).

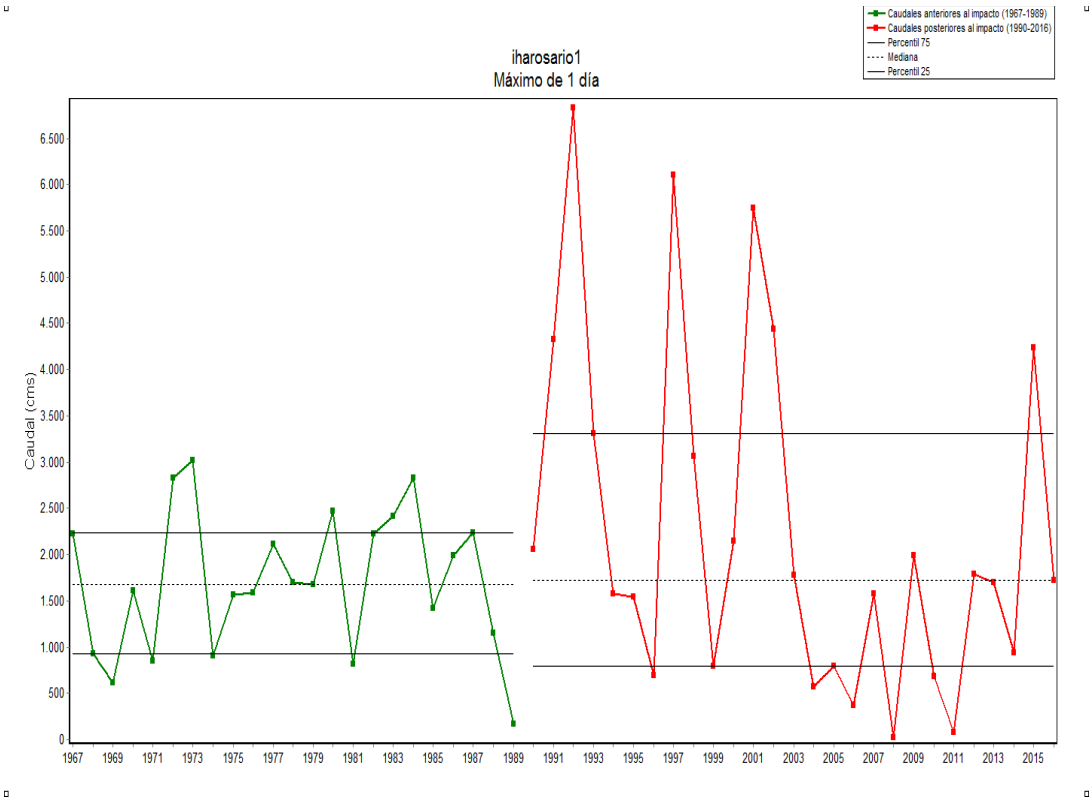
Porém, quando se trabalha com séries mais longas, o uso da premissa torna-se imprudente, em alguns casos, reduzindo a confiabilidade das séries geradas.

Detzel et al. (2011) pesquisaram as séries de vazões afluentes de 146 usinas hidrelétricas que compõem o Sistema Interligado Nacional (até dezembro de 2007) e concluíram que 52% apresentam características de não estacionariedade.

Batista et al. (2009) afirmam que os planejamentos dos sistemas hídricos obtiveram um grande desenvolvimento no século XX, e estão baseados em princípios da hidrologia estocástica, ou seja, as séries não variam no tempo (é admitido séries estacionarias, na média, variância, assimetria, autocorrelação e que as amostras sejam estatisticamente representativas). Porém, Tucci (2007) salienta que a não representatividade e a não estacionariedade podem

ocorrer por diversos fatores, como variabilidade e modificação climática, uso do solo, alteração físico-químicas da bacia hidrográficas, efeitos naturais e antrópicos, entre outros.

Figura 3- Estação de Rosário do Sul/RS.



Fonte: CRUZ, 2020, no prelo.

Batista et al. (2009) desenvolveram uma pesquisa sobre a estacionariedade das séries de vazões anuais e totais anuais em estações representativas das regiões do Sul e do Sudeste do Brasil e avaliou o impacto das mudanças climáticas na geração hidroelétrica e concluiu que apenas as séries do Sul poderiam ser caracterizadas como não estacionárias com significância relevante.

Ao focar em séries de vazões, vários autores reconheceram que as ações antrópicas em bacias hidrográficas foram responsáveis por induzir a não estacionariedade (TUCCI e BRAGA, 2003; FLEMING e WEBER, 2012; SÁFADI, 2004; DETZEL et al., 2011). E ficou evidente, em seus estudos, que o início da década de 1970 (revolução verde) foi marcado por regimes hídricos alterados no sul do país.

As aglomerações de valores elevados ou baixos de uma série, em certos períodos, são explicadas pela variabilidade dos valores médios. Essa relação foi nomeada como Efeito por Joseph (MANDELBROT e WALLIS, 1968) e foi aplicada a dimensionamentos de reservatórios

(DETZEL, 2015). Mandelbrot e Wallis (1968) tentaram reproduzir o Efeito Noah, que se refere a eventos extremos incomuns na série hidrológicas, mas acabaram subestimando as flutuações.

Detzel (2015) informou que o fenômeno de Hurst surgiu em trabalhos empíricos em 1950, quando o engenheiro estudava níveis de vazões do rio Nilo, intencionados a dimensionar a capacidade do reservatório da represa Alta de Assuã, Egito. Porém, foram encontrados valores empíricos e teóricos extremamente diferentes. Com isso, os autores Mandelbrot e Wallis (1968) desenvolveram a hipótese de que as variáveis hidrológicas possuiriam um elevado grau de interdependência, aproximando um comportamento de um processo com longa memória.

Klemes (1974) alegou que as flutuações de valores médios da série explicariam o fenômeno de Hurst (não estacionariedade da média). Desta maneira, Klemes concluiu que este fenômeno não seria só característico do rio Nilo, mas, sim, da grande maioria das séries de variáveis naturais.

Milly et al. (2015) salientam que a hidrologia tem uma longa história de introdução de conceitos de não estacionariedade para abordar uma variedade de ações antrópicas, incluindo o uso da terra e mudanças na cobertura do solo, drenagem da terra, barragens, retiradas de água e esgotamento das águas subterrâneas. Desta maneira, os autores salientam que o impacto nos valores médios, sazonalidade e variabilidade, em uma gama completa de escalas de tempo, de subsequentes a vários anos, a jusante de uma bacia hidrográfica, pode ser projetado usando informações sobre isso na bacia hidrográfica, através de um conjunto de ferramentas e métodos de engenharia, que o tornem relativamente bem compreendido.

Além do mais, o planejamento relacionado à água sempre vai depender da avaliação de dados passados para informar as projeções e condições futuras, logo que no último século, por diversas razões, os hidrólogos precisaram introduzir descrições de várias mudanças nos componentes determinísticos, componentes estocásticos ou em ambas (MILLY et al. 2015).

Villarini et al. (2009) afirmam que processos longos de memória (MATALAS, 2012) ou persistência a longo prazo (LINS e COHN, 2011) até podem contribuir para que um processo estacionário seja confundido com não estacionário e, se a possibilidade de dependência a longo prazo for permitida, pode ser difícil reverter uma hipótese nula de estacionariedade com base apenas nos dados estacionários. A partir do que foi explanado, vale frisar a visão científica e predominante da mudança climática antrópica (extremamente salientada por Milly et al., 2015), que está ocorrendo e cresce em influência, em que a termodinâmica básica diz que o aquecimento associado às ações antrópicas têm implicações hidrológicas, devido a mudanças de temperatura, quantidade de água armazenada nas coberturas de neve, capacidade de retenção da água na atmosfera, quantidade de água

precipitável na atmosfera, intensidades pluviométricas, taxas de evapotranspiração, etc (IPCC, 2014).

Nesta perspectiva, o caminho a ser seguido requer maior atenção nas séries hidrológicas não estacionárias e as tomadas de decisão na gestão de recursos hídricos. Além do mais, Reeves (1988) afirma que a potência das forças do universo não contém apenas átomos de ferro, moléculas nobres e buracos negros, que há variedade das espécies nucleares, químicas e estelares, ou seja, a obra das forças ainda não está terminada. Com isso o autor salienta que a solução tem que ser inventada e todos podem dar sugestões.

Nussenzveig (2003) salienta que os problemas mais difíceis têm que serem abordados como um sistema complexo, ou seja, relacionar que as pequenas perturbações podem levar um sistema de um estado a outro, conseguinte, a quebra de ergodicidade, miríades de interações locais e estruturas fractais como estados possíveis. Com isso, para se compreender sistemas não lineares, deve-se perceber que existe caos na ordem e ordem no caos, concluído pelo autor, pela análise de incertezas nas previsões meteorológicas.

Desta maneira, o comportamento espaço temporal típico desses sistemas contém fortes correlações entre pontos distantes entre o presente e a história passada (ou seja, memória, ao contrário dos sistemas chamados de markovianos), com isso, qualquer perturbação pode produzir avalanche de qualquer tamanho e essas avalanches seriam responsáveis pela introdução de correlações de todas as escalas. O autor explana que o sistema pode ser caracterizado por três formas de comportamento: 1) ordem, 2) caos e 3) criticidade auto-organizada. Em que a primeira é inteiramente previsível e regular; a segunda revela-se como um sistema de mudança a todo tempo, ou seja, a irregularidade é completa; e, por fim, a terceira é um sistema complexo adaptativo, com evoluções constantes, e quanto mais muda, mais se torna diferente (NUSSENZVEIG, 2003).

3.4.4 Incertezas, riscos e vulnerabilidades da outorga e enquadramento nas tomadas de decisões no sistema de gestão de recursos hídricos

De acordo com Freitas (2003), um dos fatores complicadores nas tomadas de decisões é a incerteza, logo que, a maior parte das decisões importantes é tomada com base em previsões. Desta maneira, o fator de incerteza já está atribuído no processo de decisão, além de um fator agravante na realidade brasileira: insuficiência e carência de dados (CRUZ, 2005).

É de fundamental importância avaliar o grau de incerteza existente no processo de

tomada de decisão, principalmente quando as séries demonstram a não estacionariedade, desta forma a estimativa de risco envolvido deve ser discutido.

De acordo com Tucci (1998), risco é quando a curva de probabilidade de vazões mínimas possibilita estimar as vazões menores a um valor elencado e estabelece que o risco é uma variável aleatória (CRUZ, 2001). No entanto, muitas vezes, já é uma chance aceita pelo projetista, além de ser uma tomada de decisão realizada em conjunto ao Comitê de Bacias.

Yean (1988) já relatava que ao planejar, projetar, operar sistemas na área de recursos hídricos sempre poderá haver incertezas, relacionadas à geofísica, medições, simulações, entre outros.

Sobre a utilização do termo risco e incerteza, existem significados distintos, apesar de que em muitos casos apareçam como sinônimos. Yevjevich (1974) define risco como sendo a probabilidade de excedência ou não excedência da distribuição de probabilidade de variáveis aleatórias quando relacionadas aos recursos hídricos, já incerteza são erros que podem ocorrer notadamente na determinação de informações, por exemplo, uso de métodos, tomadas de decisões, entre outros.

Kundzewicz (1995) afirma que o risco é uma variável aleatória quando se assume uma distribuição de probabilidade aleatória e é apoiada em um conjunto consistente de pesquisas. Já as incertezas resultam de informações insuficientes ou reduzidas. Freitas (2003) afirma que o problema mais difícil é a análise de risco, devido principalmente, a estimativa de probabilidade (medida de incerteza é a probabilidade). Mesmo que o problema seja novo, o gestor terá que ter informações a respeito dos problemas que darão certa “sensibilidade” acerca da incerteza dos fatores envolvidos.

Klir (1995) salienta que existem três princípios norteadores de incertezas com deficiências de informações: incerteza mínima, incerteza máxima e princípio da invariância da incerteza. No entanto, vale mencionar que, matematicamente, a incerteza é a probabilidade de um resultado aleatório.

Além disso, as incertezas, em nível de gerenciamento dos recursos hídricos, podem estar em três perspectivas: incerteza ao conhecer o ambiente externo (mudanças do ambiente), incertezas no campo relativo às escolhas e incertezas no valor da consequência (KUNDZEWICZ, 1995).

No equacionamento de incertezas e riscos de outorga e enquadramento há diversas incertezas que merecem breve menção. Na questão do gerenciamento dos recursos hídricos, um dos contrapontos que tem sido alvo de estudos é sobre os dados fluviométricos. Na prática, podem ocorrer diversos erros, como: calibração da curva-chave da estação fluviométrica, erros

de anotações, descuidos com os aparelhos na hora da coleta. Além do mais, pode haver escassez de dados, como é o caso da realidade brasileira (CRUZ, 2001; CRUZ, 2005; SILVEIRA, 1997).

Cruz (2001) em sua tese, afirma que as tomadas de decisões na outorga são outra relevante fonte de incertezas em escala temporal, principalmente em âmbito de disponibilidade hídrica. A autora salienta que, no Brasil, é adotada a curva de permanência em base anual e que a incerteza é potencializada quanto maior for a heterogeneidade sazonal.

Studart (2002) afirma que a aleatoriedade do futuro é a maior dificuldade com que processo decisório da outorga se defronta. Muitas vezes, pouco se conhece do passado, porém o que importa é o futuro. Além do mais, no cenário de escassez atual, conflitos de interesse e disputa pelo uso preponderante dos recursos hídricos, tornam o sistema de tomada de decisão mais complexo e difícil de ser administrado (BRIGADÃO e CORDEIRO NETO, 2007).

Porém, vale salientar que um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos é a "água como um bem de domínio público". Além disso, em seu art. 11, estabelece que o regime de outorga de direitos de uso dos recursos hídricos tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício de acesso à água (BRASIL, 1997). Com isso, a Instrução Normativa 4, de 21/06/2000, do Ministério do Meio Ambiente, definiu a outorga de direto de uso dos recursos hídricos como ato administrativo, de autorização mediante o qual o poder público outorgante faculta o outorgado o direito de uso dos recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e condições expressas do respectivo ato (MACHADO, 2002).

Mediante ao exposto, a avaliação de risco é um item obrigatório que, em contrapartida, é estimado ou subestimado, quando o conceito é de outorga ou de enquadramento. Lins e Cohn (2011) afirmam que o termo não estacionariedade tem sido usado para implicar no comportamento de um processo, exclusivamente de mudanças. Com isso, os conceitos de estacionariedade e não estacionariedade são críticos para o campo prático do planejamento dos recursos hídricos, devido principalmente à gestão de desastres, vulnerabilidade e perigo.

Exemplo disso foi descrito por Koutsoyiannis (2011) na Figura 4, que exibe uma estrutura temporal considerável com tendências e oscilações cíclicas em várias frequências. O autor utilizou, no painel, um modelo estacionário para gerar as séries temporais, ou seja, superposição de um processo estocástico. Percebe-se que este modelo não é estacionário. Entretanto, Lins (2011) utilizou os mesmos painéis para afirmar que a não estacionariedade resulta da resposta a uma pergunta simples: a linha vermelha grossa de planaltos no painel (Figura 4) representa uma função conhecida (determinística) ou função desconhecida (aleatória). Caso se confiar que os mecanismos causais são responsáveis por todas essas

transições, pode-se adotar uma descrição não estacionária, caso isso não ocorra, deve-se admitir que não se tem certeza das variações observadas e deve-se usar uma descrição estacionária.

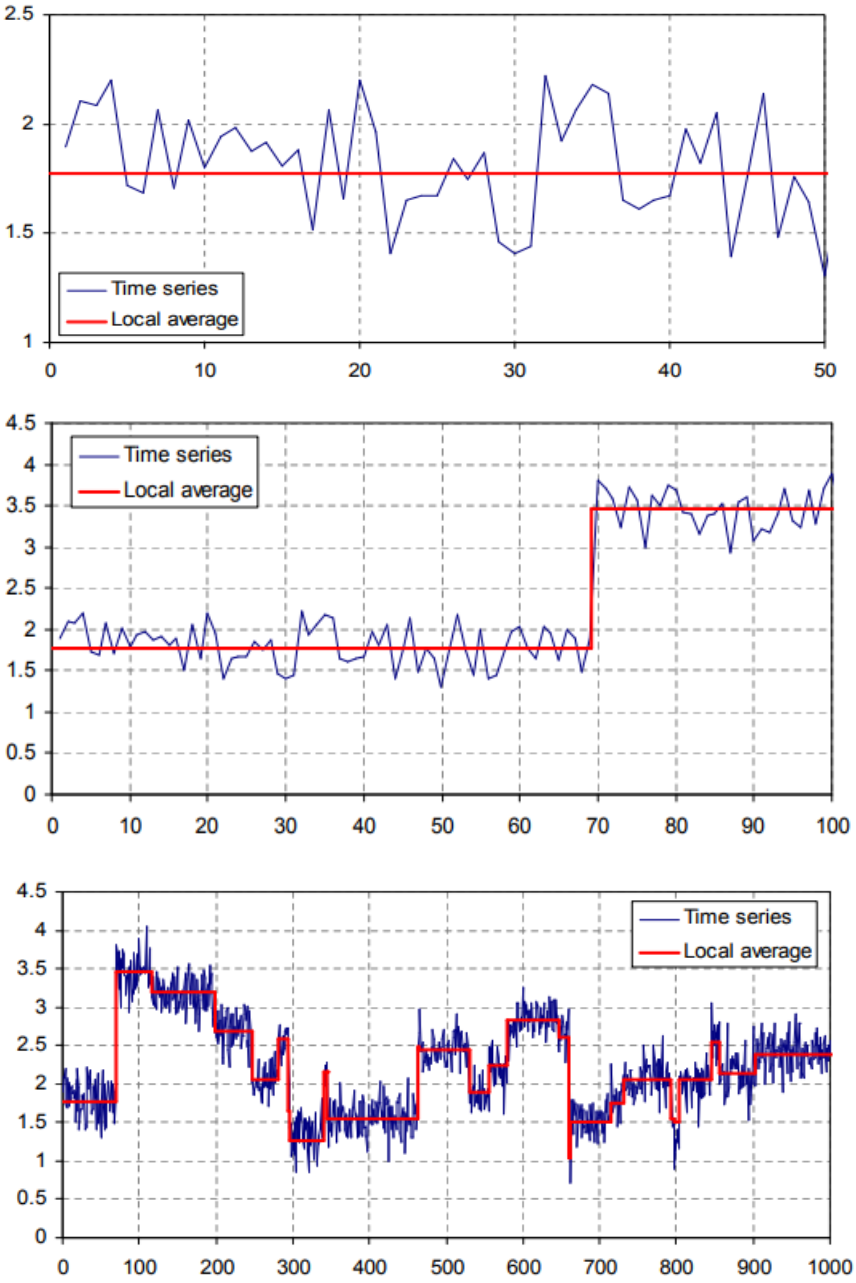
Lins (2011) frisa que a abordagem tradicional (estacionariedade) caracteriza eventos futuros se assemelhando ao passado e que o passado pode ser representado por uma amostra de observações tiradas do mesmo processo físico, a partir do qual o futuro será gerado (isto é, estacionança). Porém, o autor afirma que em uma análise rigorosa é difícil justificar a admissão da não estacionariedade e reconhecer que a não-estacionança existe como uma característica "natural". Também, afirma que a estacionariedade é diferente de estático e a não estacionariedade é diferente de mudanças ou tendências.

No entanto, será que, cientificamente, o problema seja este? Comprovar, estatisticamente se pode ser aceito pressuposto de estacionariedade quando a física moderna demonstra que os sistemas, em todas as escalas, são auto-organizativos, de modo que a mudança é absoluta e o repouso relativo? Que sistemas auto-organizativos são sistemas de não-equilíbrio, dissipadores de energia e, portanto, produtores de entropia, cuja mudança constante é reconhecida como a flecha do tempo? Será que não se está com olhar tão focado na ferramenta e nas aplicações, que se perdeu a direção na abordagem científica do problema?

Apesar de existirem diversos autores defensores dos conceitos tradicionais na engenharia hidrológica, vale mencionar a seguinte questão: Qual o grau de vulnerabilidade dos outorgantes devido a uma não estacionariedade em uma bacia hidrográfica? Apesar de não reconhecer todos os processos que causam a não estacionança, não admitir estes processos na gestão dos recursos hídricos é negligenciar o perigo, o risco e a vulnerabilidade. Estimar ou subestimar o risco, ao conceder o uso dos recursos hídricos é contrário a lei, visto que, a outorga visa garantir a disponibilidade de água, já que é um insumo básico no processo produtivo, além de existir um valor econômico a quem recebe, na medida em que oferece garantia de acesso a um bem escasso. Constata-se que os outorgados não têm direito adquiridos, mas recebem o *quantum* de água indicada da outorga (MACHADO, 2002).

Cruz (2001), afirma que ações antrópicas como retirada de água para as irrigações e indústria ou transposições de vazões tornam a série não estacionária. Estes são processos econômicos que visam uma outorga com riscos condizente com a realidade de sua bacia hidrográfica. Todavia, em determinadas bacias os outorgantes podem ser mais vulneráveis a essa não estacionariedade e, com isso, ocorrer vulgarização desta política pública, tornando-se pouco eficaz e negligenciada pela população.

Figura 4- Estrutura temporal considerável com tendências e oscilações cíclicas em várias frequências



Fonte: Koutsoyiannis (2011).

Um dos instrumentos norteadores da Política Nacional dos Recursos Hídricos visa educar e incentivar o uso racional da população com a aplicação de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, porém cobrar sem direito adquirido ou subestimar o risco da outorga, pode direcionar este processo para um caminho ao contrário do que se refere à lei.

Rocha (2006) definiu o risco como uma combinação de frequência (número de ocorrência de um acidente por unidade de tempo) com a consequência (impacto de um acidente

nas pessoas, no ambiente ou na propriedade) de eventos indesejáveis, envolvendo algum tipo de perda. Com isso, o risco é definido como uma relação *a priori* entre a ameaça e a vulnerabilidade (Quadro 2).

Segundo Rocha (2006) a vulnerabilidade é manifestada durante o desastre ao não investir suficientemente em prevenção e ao aceitar níveis de risco muito elevados. Com isso, para se desenvolver uma gestão dos possíveis desastres é necessário reduzir a vulnerabilidade, logo que não é possível enfrentar as forças naturais ou anulá-las, porém pode-se responder a pergunta: O que ou quem é vulnerável e por quê?

Quadro 2- Ameaça, vulnerabilidade risco e suas relações

Ameaça	**Vulnerabilidade**	**Risco**
Fenômenos naturais	Grau de exposição e fragilidade, valor econômico.	Probabilidade combinada entre os parâmetros anteriores
Probabilidade de que ocorra um evento, com espaço e tempo determinados, com intensidade suficiente para produzir danos	Probabilidade e que a perda, a intensidade do evento e a fragilidade dos elementos expostos ocorram danos a: economia a vida humana e ao ambiente.	

Autor: Adaptado de Rocha (2006).

Assim, o risco é uma combinação de frequência e consequências de eventos indesejáveis, envolvendo perda, que pode ser social, individual, ambiental ou financeiro. Desta maneira, quando o modelo de séries históricas é não estacionários, contudo é tratado como séries hidrológicas de estacionariedade a uma vulnerabilidade manifestada com uma combinação de riscos, logo que está sendo desenvolvida com uma combinação de frequências (número de ocorrência por unidade de tempo), entretanto, são séries de não estacionariedade, podendo assim, ocorrer uma estima ou subestimativa do risco.

Rocha (2006) consolida alguns conceitos:

> "Acidente: Evento não intencional que pode causar ferimentos pequenos danos materiais e/ou ambientais, mas é prontamente controlado pelo sistema de gestão.
> Desastres: Evento não intencional que pode causar ferimentos médios a graves, danos materiais/ambientais razoáveis, e é parcialmente controlado pelo sistema.

> Catástrofe: Evento não intencional que pode causar mortes, danos ambientais/ materiais significativos e não controlados pelo sistema de gestão.
> Perigo: Uma situação potencial de ameaçar a vida humana, a saúde, a propriedade ou o ambiente.
> Vulnerabilidade: grau de fragilidade dos elementos (receptores) de uma comunidade.
> Aceitabilidade do risco: Estabelecimento de níveis de risco que podem ser aceitos pela sociedade.
> Análise do Risco: Análise de perigos potenciais, possíveis eventos acidentais e medidas de segurança para determinar frequência e consequências de eventos acidentais" (ROCHA, 2006, p.18).

Macedo e Augusto Filho (1998) afirmam que perigo é uma ameaça potencial a pessoas ou bens e risco e uma possibilidade de eventos perigosos produzirem consequências indesejáveis, ou seja, uma perda potencial avaliada.

Partindo desta preposição, vale uma menção sobre o enquadramento dos corpos hídricos, que visa o uso preponderante da água, no qual, determina características de cada classe, estabelecendo como fundamento assegurar as qualidades compatíveis para os usos mais exigentes a que foram destinadas, diminuir custos a combate à poluição mediante ações preventivas e permanentes. Tal conhecimento permite assegurar a qualidade da água com consecução de modelos matemáticos em diversos estudos. Com isso, modelos de equação de transporte de massa fornecem estimativas de variação da distribuição de uma determinada substância ao longo dos sistemas, incorporando mecanismos de advecção, dispersão e reação. No entanto, essa expressão usualmente tem sido solucionada com a hipótese de regime permanente (estacionário), ou seja, a variação temporal da vazão e da concentração não é considerada (FERREIRA et al., 2016). Autores como Knapik et al. (2009) e Babbar (2014) afirmam que utilizam procedimentos aproximados de estimativa das características hidráulicas através de coeficientes de descarga e/ou equação de Manning.

Garcia e Tucci (2000) frisam que locais urbanos, onde há cargas poluidoras em processos contínuos, modelar em estado estacionário pode levar a resultados imprecisos. Segundo Ferreira et al. (2016), ainda há falta de literatura sobre o impacto da hidrodinâmica de bacias hidrográficas na qualidade dos recursos hídricos.

Validar a aplicação de métodos estatísticos para a análise de frequências (aleatoriedade, independência, homogeneidade e estacionariedade) em amostras simples e aleatórias, em dados hidrológicos cuja probabilidade é desconhecida *a priori*, é de fundamental importância para a premissa base da modelagem hidrológica (COELHO, 2013). Todavia, o mesmo autor afirma,

em sua dissertação, que não há justificativa plausível na literatura sobre estudos de qualidade de água e, ao contrário de estudos hidrológicos, é incomum a verificação de sua representatividade estatística.

Exceto a hipótese de estacionariedade, a qual foi substituída por análise de tendências, que tem como ressalva e anula a estacionariedade dos dados nos termos de carga e concentração ao longo de períodos relativamente extensos no tempo (NAGHETTINI e PINTO, 2007). Os autores acreditam que, nas variáveis hidrológicas, alguns fenômenos naturais, como El Niño, podem gerar dados com características diferentes (série histórica heterogênea), logo que a estacionariedade se refere ao fato de que, excluídas as flutuações aleatórias, as observações amostrais são invariantes com relação à cronologia de suas ocorrências (COELHO, 2013). Com isso, tendências e ciclos ao longo do tempo seriam as causas de não estacionariedade em séries históricas de variáveis hidrológicas.

Porém como já mencionada, a não estacionariedade é uma realidade. Prigogine (1996), afirma que o paradoxo do tempo foi identificado tardiamente e que o passado e o futuro desempenham papéis diferentes, como poderia a flecha do tempo emergir de um mundo a que a física atribui uma simetria temporal? Ou como incorporar a flecha do tempo sem destruir essas construções grandiosas do espírito humano?

Com isso, nasceu uma nova ciência a física dos processos de não-equilíbrio, a qual estuda os processos dissipativos, com uma nova significação à irreversibilidade. A irreversibilidade não pode ser mais identificada com uma mera aparência que desaparecia se tivesse acesso a um conhecimento perfeito, é uma condição essencial de comportamentos coerentes em uma população de bilhões e bilhões de moléculas. Assim, a questão do tempo e do determinismo não se limita às ciências, mas está no centro do pensamento ocidental desde a origem do que se chama de racionalidade e situa-se na época pré-socrática (PRIGOINE, 1996).

Em ambientes urbanos, onde o lançamento de cargas poluidoras é contínuo, a modelagem de qualidade de água em estado estacionário pode levar a resultados imprecisos (GARCIA e TUCCI, 2000). Coelho et al. (2017) afirmam, em seus estudos de qualidade de água, que não existe uma solução adequada, ou seja, os dados ambientais são suscetíveis a não aleatoriedade, dependência, não homogeneidade e não estacionariedade devido à sazonalidade, ocorrência de eventos extremos, a urbanização, entre diversos outros fatores. Desta maneira, os autores salientam uma análise cautelosa, especialmente em bacias urbanas.

Segundo Gilbert (1987), a aplicação incorreta ou negligenciada de métodos estatísticos tradicionais em séries e suas incertezas associadas, ou seja, intervalos de confiança, desvios padrões entre outros, podem ocasionar vulnerabilidades no planejamento dos recursos hídricos.

Além do mais, Coelho et al. (2017), em seu estudo sobre a Bacia do Alto Iguaçu, evidenciaram a necessidade de uma abordagem mais cautelosa e atenciosa nas séries históricas, logo que os pressupostos de aleatoriedade, homogeneidade e as premissas de independência e estacionariedade, até então, típicas em estudos de qualidade de água, podem ocasionar enganos e consequências nas estratégias de monitoramento de qualidade de água, devido, principalmente, à variabilidade associada às atividades antropogênicas.

Com isso, os autores deste estudo concluíram que as estratégias de monitoramento devem gerar informações nos ciclos de variações das atividades antropogênicas, com ciclos de dias, meses, anos e feriados, devido a sazonalidade de eventos, que possam interferir nas condições de qualidade da água. Além disso, com frequências irregulares de monitoramento, no Brasil, mais especificamente, sem planejamento, interfere negativamente neste processo.

Por fim, repensar a gestão dos recursos hídricos com os riscos, incertezas e vulnerabilidades atuais da sociedade em processos de não estacionariedade nas séries hidrológicas é essencial, para a excelência do sistema de recursos hídricos, como também, para a aplicação das ferramentas de enquadramento e outorga, logo que, ações antropogênicas não são estacionárias, homogêneas e independentes.

3.4.5 Características das funções hidrológicas: Curva de permanência

A curva de permanência relaciona a vazão ou nível de um rio e a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor da ordenada, podendo ser baseado em valores diários, semanais ou mensais (TUCCI, 2002). Cruz (2001) afirma que a curva de permanência é igualada ou superada sobre todo o período histórico utilizado para a sua construção.

Na bacia hidrográfica, independente dos usos existentes, a curva de permanência é utilizada para a estimativa de disponibilidade hídrica da vazão, atualmente escoada pelo rio, ou seja, vazão remanescente (CRUZ e TUCCI, 2008). Os mesmos autores afirmam que a curva de permanência é uma ferramenta para determinar a disponibilidade hídrica em uma bacia, no entanto, não se refere a probabilidade de vazões de qualquer ano, mas a garantia de ocorrência das vazões em um horizonte de planejamento.

Com isso, a curva de permanência, também conhecida como curva de duração, expressa com que frequência a vazão de dada magnitude é igualada ou excedida durante algum período de registro de vazões (DETZEL et al., 2016). Esta curva retrata a parcela do tempo em que uma

determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado (TUCCI, 2006), assim, esta curva é utilizada para conhecer a permanência no tempo de determinados valores. Exemplificando, poderia diagnosticar o tempo em que o navio possa navegar, logo, que existe uma cota limite de navegação.

Desta maneira, vale mencionar, que a curva de permanência é uma garantia ou probabilidade de ocorrência das vazões, com isso, é uma ferramenta importante para o gerenciamento e planejamento adequados dos recursos hídricos. No caminho tradicional, às séries hidrológicas são aplicadas à curva de permanência, ferramenta generalizada entre os hidrólogos, que expressa diversos regimes em uma única parcela (CUNHA et al., 2012; NAGHETTINI, 2012; TUCCI, 1993). Tal curva fornece, de forma simples, porém concisa, visão gráfica do comportamento hidrológico de uma bacia, quanto à variabilidade das vazões ao longo do tempo. A curva de permanência está relacionada ao estudo das características da bacia hidrográfica.

Vale mencionar, que o método mais clássico aplica toda a série disponível para construir uma única curva (BEARD, 1943). Alguns autores, como Vogel e Fennessey (1994), desapreciam essa ideia pela susceptibilidade a eventos extremos. Mas, Cruz e Tucci (2005) aplicaram uma terceira abordagem, baseada em curvas sazonais de duração de fluxo, calculadas para fins de concessão de água, além do mais, as demandas de água seguem variações sazonais e a não estacionariedade pode influenciar para determinar a disponibilidade de água.

Assim, analisar o comportamento da vazão de uma bacia hidrográfica ao longo de um período, em uma determinada seção, é a base para a construção da curva de permanência, logo que é uma curva acumulativa de frequência de série temporal contínua dos valores de vazão. Por conseguinte, a curva de permanência é uma ferramenta que tem sido utilizada para se discutir os modelos de estacionariedade, através da aplicação das ferramentas de gestão de recursos hídricos, que permite a associação de concentrações a vazões (BRITES, 2010).

Por exemplo, para o subsídio na aplicação do enquadramento dos recursos hídricos, pode-se relacionar a distribuição do poluente a uma probabilidade de ocorrência, indicando o percentual de tempo em que a concentração está superada ou igualada no tempo (FERREIRA et al., 2016).

Outra ferramenta, na qual se utiliza a curva de permanência, para as eventuais alterações de disponibilidade hídrica, é a outorga. É comum a grande parte dos estudos de determinação de disponibilidade hídrica utilizar a curva de permanência sobre os dados de vazão natural média diária como ferramenta para as análises (DETZEL et al., 2013).

Tucci (2002) afirma que a obtenção da curva de permanência consiste em dois procedimentos principais: 1) metodologia empírica e o 2) ajuste de uma função matemática (ajustando as distribuições probabilísticas). Observa-se que a metodologia empírica estabelece o número de intervalos de classe de vazões ou níveis, em que os intervalos podem decorrer da magnitude das vazões, procurando ter uma quantidade razoável de valores que caiam em cada intervalo. Tucci (1991) adotou um número fixo de cinquenta intervalos de classe. Para a construção da curva empírica, a série de vazões pode ser ordenada de forma decrescente e ranqueada (DETZEL et al., 2016). Silveira et al. (2005) afirmam que a função empírica pode ser estimada a partir de escolhas de uma posição de plotagem, e, uma das mais utilizadas, era a equação de Weibull.

Vogel e Fennessey (1994) afirmam que o uso das posições de plotagem de Weibull, além de simples, fornece estimadores não tendenciosos independentemente da distribuição de probabilidades teórica da série. A curva de permanência empírica é uma técnica amplamente discutida na área de engenharia hidrológica (TUCCI, 1991 E 2002; LANNA, 1993; SILVEIRA e CRUZ, 2005).

Já o ajuste da função matemática é a curva resultante que acompanha uma função usada para representar a curva de permanência, ou seja, distribuição log normal (BEARD, 1943 apud TUCCI, 2002). Silveira et al. (2005) afirmam que o método da curva de permanência consiste em atribuir a cada vazão **q** uma probabilidade de excedência **p.** Onde **p** é a frequência de excedência, **q** é a vazão, **P** é a função da probabilidade e $\mathbf{F_Q\,(q)}$ é a função da densidade acumulativa de probabilidade das vazões.

$$p = 1 - P\,\{Q \leq q\} \qquad (1)$$

ou

$$p = 1 - F_Q\,(q) \qquad (2)$$

A curva de permanência é um descritor simples no regime hidrológico, porém as vazões médias diárias não se constituem em variáveis independentes entre si, devido ao deplecionamento fluvial das bacias, com isso, o significado da frequência, ou seja, permanência fica afetada. Só há significado se houver um período histórico de construção de curva (CRUZ, 2001).

As curvas de permanências são ferramentas que podem ser utilizadas com diferentes vieses no planejamento dos recursos hídricos e não apenas com foco na estacionariedade. Prigogine (2002) salienta que uma nova teoria física sempre encontra uma expressão em uma fórmula matemática original, no entanto, a matéria trata de uma mudança de perspectiva e deve ser justificada e analisada.

Desta maneira, o que surge hoje é uma descrição mediana, situada em duas representações alienantes, a de um mundo determinista e de um mundo arbitrário submetida apenas ao acaso, as leis não governam o mundo, mas este tampouco é regido pelo acaso, com isso as leis físicas correspondem a uma nova forma de inteligibilidade que as representações probabilísticas irredutíveis exprimem e estão associadas à instabilidade, nas quais descrevem os eventos enquanto possíveis de leis determinísticas (PRIGOGINE, 1996).

3.4.6 Testes de estacionariedade

Segundo Rao (1994), no método padrão clássico de estimação, usa-se, como base, a hipótese das séries com variáveis bem definidas, constantes e independentes no tempo. Todavia, a aplicação do teste de raiz unitária demonstrou que essas hipóteses não são satisfatórias para um grande número de séries no tempo. Com isso, variáveis cujas médias e variâncias mudam ao longo do tempo são conhecidas como variáveis com raiz unitária (LÜTKEPOHL, 2004).

Desta maneira, o autor ainda salienta que, se as médias e variâncias de variáveis que tenham raiz unitária mudam ao longo do tempo. Todas as estatísticas calculadas nos modelos de regressão que utilizam essas médias e variâncias, mudam ao longo do tempo e falham ao tentar convergir com seus valores verdadeiros quando o tamanho da amostra aumenta. Com isso, testes de hipótese convencionais serão seriamente direcionados no sentido de rejeitar a hipótese nula. Vale salientar, ainda mais se a hipótese nula for verdadeira.

A maioria das séries temporais acaba apresentando algum tipo de não estacionariedade, ou seja, raiz unitária. No entanto, algumas são chamadas de caminhos aleatórios (sem padrão), outros são caminhos aleatórios com uma constante (apresentam tendência definida). Com isso, para prever séries temporais não estacionárias é preciso introduzir mecanismos para capturar os elementos que são não estacionários da série ou transformar as séries de alguma forma para alcançar a estacionariedade.

Partindo desta preposição, autores como Phillips e Perron (1988) afirmam que pode haver um viés nos parâmetros com a presença de raiz unitária, podendo fazer com que a média e a variância deixem de ser constantes com o passar do tempo, desta forma, contrariam o que é estabelecido na estatística convencional. Há diversos testes para se confirmar a estacionariedade das séries temporais. Há estudos de raiz dos operadores de retardos, dentro de um círculo unitário (raiz unitária). Neste referencial teórico, serão abordados três testes.

O teste de R, que estima a autorregressão:

$$\nabla Y_1 = (p-1)\, y_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (3)$$

Onde $\nabla = (Y_t - Y_{t-1})$, ou seja, é o operador diferença e y = p - 1. A hipótese nula (H_0) é de que exista pelo menos uma raiz unitária, logo a variável não é estacionária e y =0. Por sua vez, a hipótese alternativa (H_1) é que a variável seja fracamente estacionária, nesse caso não há nenhuma raiz unitária e consequentemente y < 0 (MARGARIDO e ANEFALOS, 2013).

Vale destacar, que a equação pode ser acrescentada, incorporada a presença de tendência:

$$\nabla Y_1 = \alpha + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (4)$$

Onde α é o intercepto. Caso, seja necessária a presença da tendência e do intercepto, a equação a ser utilizada é a seguinte:

$$\nabla Y_1 = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (5)$$

Estas fórmulas não apresentam autocorrelação, isto é, pressupõe que os termos de erros nas equações são identicamente e independentemente distribuídos. Desta forma, ampliou-se e foram incorporadas defasagens em relação às variáveis analisadas. Este procedimento denominou-se Dickey-Fuller Aumentado (ADF), ou seja, foi adicionada a variável defasada e diferenciada:

$$\nabla_{Yt} = \beta 1 + \beta 2t + {}^{\delta}Yt\text{-}1 + \sum \alpha i\, \Delta_{Yt-1} + \varepsilon\, t \qquad (6)$$

Onde β_1 é o intercepto da série; β_2 é o coeficiente de tendência. $^{\delta}$ é o coeficiente de presença de raiz unitária e m é o número de defasagens tomadas na série. O teste ADF tem como principal vantagem a introdução de números de defasagens, com isso, garante-se que os resíduos não apresentem autocorrelação (SAID e DICKEY, 1984). A equação (6) também pode ser calculada sem tendência ou constante.

O teste de Phillips e Perron (1988) é baseado no seguinte modelo:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha y_{t-1} + u_t \qquad (7)$$

Também conhecido como teste Z, as hipóteses deste modelo são H_0: $\alpha = 1$ e H_1: $\alpha < 1$. O teste Phillips-Perron, mais conhecido como PP, tem por objetivo resolver o viés assintótico do teste original de Dickey-Fuller, quando tiver uma correlação serial nos resíduos.

Desta maneira, isso acontece devido à correlação da estatística τ do teste original de Dickey-Fuller. A estatística τ modificada é:

$$\tau^* = \frac{\hat{\sigma}\,\tau}{\hat{\lambda}} - \frac{T(\hat{\lambda}^2 - \hat{\sigma}^2)}{2\hat{\lambda}\, y' M_x y} \qquad (8)$$

Onde λ^2 é a variância de longo prazo de u_t (limite de T vezes a variância da média amostral de ut), 2 σˆ é um estimador consistente da variância dos erros e MX = IT-P = IT – X(X'X)-1X', em que X é a matriz variância/covariância dos resíduos. Vale mencionar, que a função da diferença entre a variância estimada de u_t e a variância de longo prazo estimada de u_t: f (2 2 ˆ λ ˆ −σ) (BRAGA, 2006).

Porém os testes acima mencionados, tem como pressuposto a estacionariedade (KWIATKOWSKI et al., 1992). O teste KPSS, foi desenvolvido pelos autores Denis Kwiatkowski, Peter C. B. Phillips, Peter Schmidt e Yongcheol Shin. Este teste tem como hipótese H_0= série é estacionária e H_1= a série apresenta raiz unitária (KWIATKOWSKI et al., 1992). No entanto o teste KPSS é apenas utilizado em critérios de decisões, ou sejam somente quando, testes convencionais discordam (testes ADF e PP).

Em sua versão mais simples supõe-se que: yt = dt + ut e que Δut é um MA (1), isto é:

$\Delta ut = (1-\theta L)\, vt$ onde vt é estacionário. A hipótese nula é $\theta=1$ (e nesse caso ut é estacionário, pois ut = vt + u0 - v0). A hipótese alternativa é de que $|\theta|< 1$. Com isso, ut tem uma raiz unitária autorregressiva e, portanto, é não-estacionária.

Além disso, o teste KPSS- Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin, tem sensibilidade na detecção da não estacionariedade. Os autores desenvolveram testes com séries temporais hipotéticas e propositalmente não estacionárias, e os testes tradicionais não detectaram a não estacionariedade (KWIATKOWSKI et al, 1992). Visto que, os testes Dickey-Fuller Aumentado – ADF (Augmented Dickey-Fuller), obtém acréscimo dos valores defasados da variável dependente, além do que, por vezes indica raiz unitária para determinada série, quando na realidade o valor é pouco menor, como, por exemplo, 0,95 (BROOKS, 2014) e o teste de Phillips – Perron onde os coeficientes dos processos, permite consistência mesmo com variáveis defasadas dependentes a correção serial nos erros (BUENO, 2011).

Destaca-se que o KPSS é um teste cuja principal característica é a inversão das hipóteses em teste, isto é, a hipótese nula assume que a série é estacionária e a hipótese alternativa e que a série é não estacionária (KWIATKOWSKI, et al. 1992). O teste KPSS capta a estacionariedade para tendência e para nível, essas independentes entre si.

Segundo Syczewska (2010), a estacionariedade em torno de um nível tem uma variabilidade de frequência constante. A estacionariedade para tendência significa afirmar que não há tendência no fragmento, ou seja, há uma média constante, mas não necessariamente uma variabilidade constante (KWIATKOWSKI et al., 1992).

3.4.7 Análise de ondas e ondaletas

Wavelet ou ondaletas (traduzido para o português por Morettin (1999), é uma ferramenta comum no cotidiano, por exemplo, quando utilizados as imagens jpeg de um celular que podem ser enviadas por internet ou dados biométricos por características digitais (DOMINGUES et al., 2016).

Ondaletas são funções que satisfazem certas propriedades, podendo ser: suaves, simétricos, com expressões matemáticas simples (MORETTIN, 2014). Daubechies (1992) já descrevia a ondaleta como uma interpretação de uma onda de curta duração, podendo ter crescimento e decrescimentos repentinos. Percival e Walden (2006) afirmam que ondaletas são

ferramentas matemáticas para analisar séries temporais e são complementares às técnicas já existentes. A ondaleta é uma pequena onda, que cresce e decai em períodos limitados.

A transformada de wavelets (ondaletas) tem sido satisfatoriamente aplicada a sinais de características não-estacionárias. Sua aplicação se destaca em diferentes áreas e serve como um procedimento auxiliar na filtragem (de-noising), regressão não paramétrica e estimação de densidade de probabilidade (RODRIGUES, 2015). Uma análise por meio de ondaletas (processamento de sinais) é conduzida no domínio do tempo-escala, portanto, é apropriada para analisar processos não estacionários. Com isso, o comportamento não estacionário que contém transitoriedade e estruturas tipo fractais torna-se ideal para analisar sinais (MORETTIN, 2014).

A análise de ondaletas tem vantagens sobre as análises espectrais clássicas, porque permite analisar periodicidade de eventos em diferentes escalas da variabilidade temporal e não necessita de uma série estacionária. Além do mais, é apropriada para eventos irregularmente distribuídos e séries temporais que contenham potências não estacionárias em diferentes frequências (SANTOS e FREIRE, 2013).

A análise de ondaletas é uma alternativa à análise de Fourier (tradicionalmente conhecida por resolver equações diferenciais parciais que aparecem na física ou matemática, como equação de calor e ondas) e se baseia na afirmação de que toda função real periódica pode ser escrita como uma soma infinita de senos e cossenos, permitindo, desta forma, a identificação do sinal em um espaço unidimensional. No entanto, dados hidrológicos apresentam variabilidade aperiódica, o que acaba tornando a interpretação do espectro de potência de Fourier (resultante de sinais) complexa, além de poder ocorrer erros. Desta maneira, surge a transformada wavelet (ondaletas), que fornece, desta maneira, não só a identificação da frequência, como, também, sua localização no tempo (MORETTIN, 2014; SANTOS e FREIRE, 2013).

Morettin (2014) salienta que tanto na análise de Fourier, quanto na análise de ondaletas, o objetivo é aproximar a função por uma combinação linear de senos e cossenos ou ondaletas. Desta maneira, para a análise de Fourier, toda função periódica de período 2π, de quadrado integrável, é gerada por uma superposição de exponenciais complexas e essa ideia foi estendida para $L^2(\mathbb{R})$, isto é, esse espaço é gerado a partir de uma única função ψ, chamada de ondaleta mãe, isso só ocorre por dilatações e translações de ψ, gerando uma família de funções $\psi_{a,b}$ (VETTERLI e KOVACEVIC, 1995).

$$\psi_{a,b}(t) = |\alpha|^{-1/2} \psi\,(t-b/\alpha),\ b \in \mathbb{R},\ \alpha > 0 \qquad (9)$$

Porém, quando se trabalha com sinais discretos, são usados valores de a e b: $\alpha = 2^j$ e b: $k2^j$, j, k € $\mathbb{Z}$. Desta maneira, tem-se a expressão da ondaleta, onde, ψ j,k(t) é obtida por dilatação binária 2^j e uma translação diádica $k2^j$.

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{j/2}\,\psi(2^j t - k),\ j, k \in \mathbb{Z} \tag{10}$$

Segundo Morettin (2014), os parâmetros k e j representam escala e localização temporal e pode ser pensada como um "inverso da frequência". Além do mais, o autor salienta que $\psi_{j,k}$ (t), j,k, ∈ $\mathbb{Z}$, formam uma base que não precisa ser necessariamente ortogonal, ou seja, bases ortogonais permitem a reconstrução perfeita do sinal original a partir dos coeficientes da transformada.

Negri (2012) afirma que há diversidades de tipos de ondaletas, mas, na prática, tem que existir um suporte compacto para aplicações em séries temporais. Com isso, Morettin (2014) salienta que as mais utilizadas são Daubechies e Haar.

A ondaleta de Haar é quadrática e fornece a primeira representação de uma série de ondaletas ortogonais. As ondaletas de Daubechies (1992) são calculadas de forma interativa e de suporte compacto, com isso faz com que a análise discreta da ondaleta seja, mas praticável (NEGRI, 2012; MORETTIN, 2014).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentadas as estratégias metodológicas para avaliar os riscos e incertezas da não estacionariedade na gestão de recursos hídricos, considerando a legislação existente, a demanda, e as incertezas nas tomadas de decisões. Além disso, serão apresentadas a características da bacia hidrográfica utilizada para o estudo de caso: A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.

4.1 Estratégias metodológicas

Inicialmente foram levantados dados de vazão da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, no Portal Hidroweb – que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre recursos hídricos, que disponibiliza dados coletados de vazões, chuvas, cotas, qualidade da água, entre outros. Foram encontradas quatro estações fluviométricas que continham séries históricas de vazão, que são: Passo Grande – 87398800 e Cerâmica Cherubini – 87401600, que continham dados apenas a partir do ano de 1991 e Passo das Canoas Auxiliar 87399000, com dados de 1973 a 2018, e por último, a estação Passo das Canoas – 87440000, desativada, com dados de 1939 a 2014.

Vale destacar que, a partir desta primeira análise exploratória, foram retirados os dados de vazões do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí que reúne dados hidrológicos fornecidos pelos diversos agentes responsáveis pelo monitoramento dos postos (DRH/SEMA, 2012). A organização responsável pela construção do plano já consistiu e simulou dados das estações 87399000 e 87440000 (Quadro 2). Optou-se, nesta tese, utilizar dados de vazões do plano de bacia, visto que, são dados oficiais de planejamento hídrico da bacia do Rio Gravataí.

Os operadores da Agência Nacional das Águas - ANA devem fornecer dados hidrológicos em escala diária (disponíveis no Hidroweb), porém, diversas vezes apresentam falhas de difícil superação (Quadro 3), como erros de anotações, operação e representatividade espacial, além de que, as estações automatizadas apresentam falhas nos sensores e graves problemas de calibração (TUCCI, 2002; COLLISCHONN; TUCCI, 2003).

Iniciou-se uma análise exploratória com as estações pluviométricas da Bacia em estudo, para preenchimento de falhas nas séries históricas de vazão (Quadro 4). Foram retirados dados de precipitação da Hidroweb, Instituto Nacional de Pesquisas Meteorológicas -INMET e Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station – CHIRPS, que foi criada a partir

Quadro 3- Estações fluviométricas selecionadas

Nome	Cód. ANA	Bacia	Sub-bacia	Rio	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Área de drenagem (km^2)
Passo das Canoas – Auxiliar	87399000	Atlântico, trecho Sudeste	Lagoa dos Patos	Gravataí	Gravataí	S 29° 57' 51.84"	W 50° 58' 40.08"	0.05	1410.0
Passo das Canoas	87440000	Atlântico, trecho Sudeste	Lagoa dos Patos	Gravataí	Gravataí	S 29° 57' 24.12"	W 51° 0' 24.12"	0.32	1660.0

Fonte: Hidroweb, 2019.

Quadro 4 - Taxa de falhas encontradas nas séries de vazões utilizadas para a pesquisa

Nome	Código ANA	Tamanho da Amostra (meses)	Falhas (meses)
Passo das Canoas - Auxiliar	87399000	835	54 meses 20 dias
Passo das Canoas	87440000	835	54 meses 20 dias

Fonte: Hidroweb, 2019.

da colaboração entre o USGS (U.S. Geological Survey) e o EROS (Earth Resources Observation and Science), que cobre o globo terrestre com dados a partir de janeiro de 1981 até o presente momento (FUNK et al. 2014). Além do mais, Guimarães et al., (2018) salientam que o grande diferencial do CHIRPS é o monitoramento com a resolução espacial de 0,05º, além do que, constituem conjunto de dados obtidos de estações pluviométricas e produtos de satélites, ideal para lugares com ausência de dados e locais remotos.

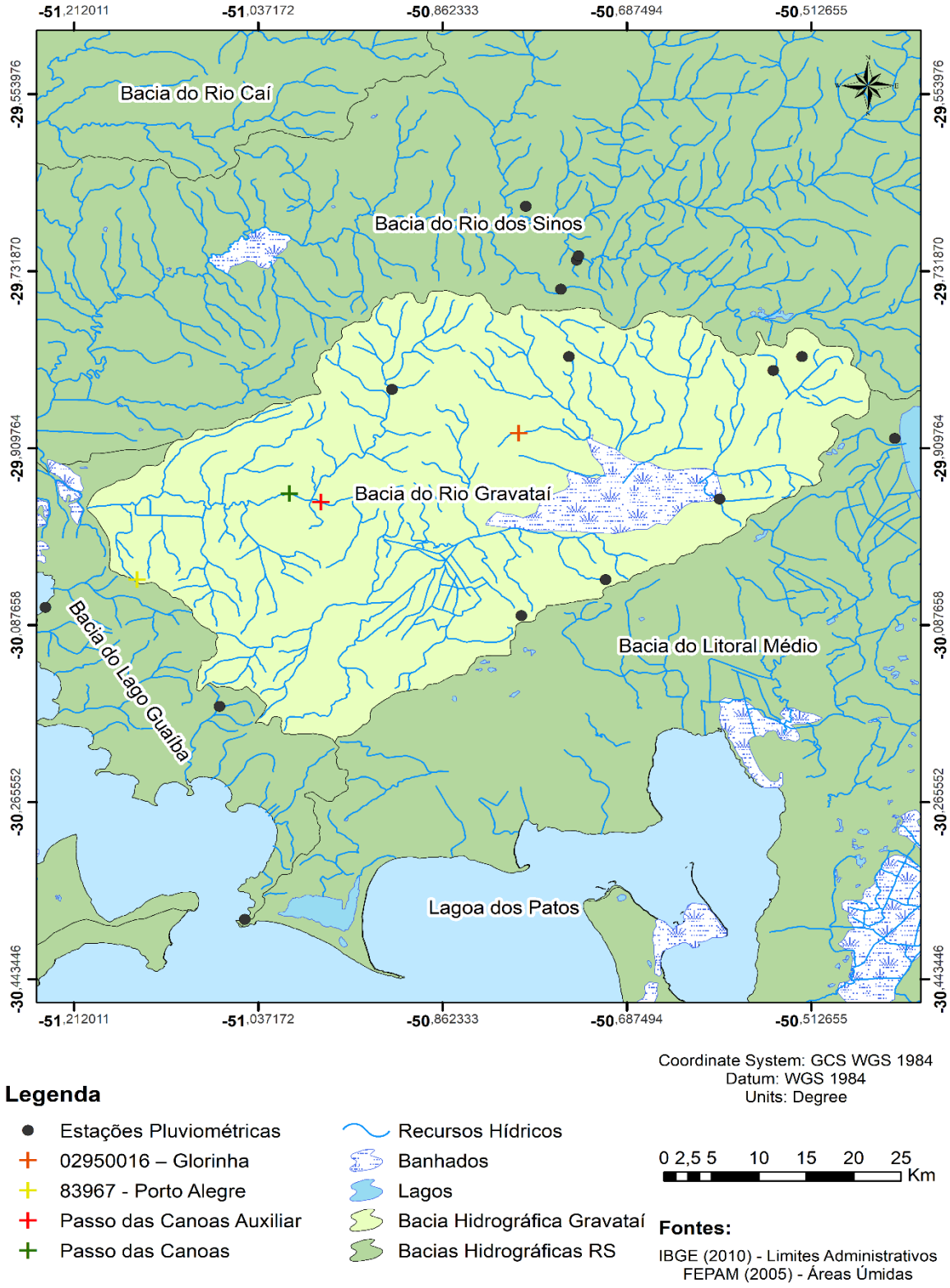
Vale a pena destacar que o CHIRPS utiliza um conjunto de dados da United States Geological Survey (USGS) e Climate Hazards Group at the University of California, Santa Barbara (UCSB), e estes são estimados por fontes como: The Climate Hazards Group's Precipitation Climatology (CHPClim); observações de satélites com espectroscopia de infravermelho termal (Thermal Infrared, TIR), geoestacionárias quase globais da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Centro de Previsão Climática (CPC) e o National Climatic Data Center Climáticos (NCDC); campos de precipitação do Coupled Forecast System da NOAA, versão 2 (CFSv2) e por fim, estações meteorológicas regionais (FUNK et al., 2015).

Por conseguinte, foi utilizado o Software WHIN_ IPH2, modelo chuva – vazão, para preenchimento de falhas da série de vazões (COLLISCHONN e TUCCI, 2003; TUCCI, 2005). Este modelo é determinístico- conceitual e se baseia em algoritmo de separação de escoamento, que utiliza parte do processo do ciclo hidrológico para a aplicação de engenharia em bacias rurais e urbanas (TUCCI, 2005; MOREIRA, 2005; SILVA, 2011). Bravo (2007) salienta que o modelo é composto por: perdas por evaporação e interceptação; separação do escoamento; propagação dos escoamentos superficial e subterrâneo.

As estações pluviométricas selecionadas para o preenchimento de falhas estão salientadas em azul no Quadro 5. A estação 83967, do INMET- Porto Alegre, salienta-se, que também, foram retirados dados de evaporação para o modelo chuva-vazão. A figura 5, a seguir é o resumo de todas as estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas e pesquisadas.

Há três entradas básicas para a rodagem do modelo: dados de precipitação, evaporação e as vazões observadas. Para atingir os objetivos desta pesquisa, ou seja, desenvolver o modelo hidrológico que transforma a precipitação em vazão foi necessário usar o método de Thornthwaite para transformar temperatura em evapotranspiração. Há falhas anuais no INMET de evaporação e temperatura significativas no mesmo período das séries temporais de vazão.

Figura 5- Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS com estações pluviométricas e fluviométricas selecionadas para a pesquisa



Fonte: Hidroweb, INMET e FEPAM, adaptado pela autora.

Quadro 5- Estações pluviométricas disponíveis na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.

Código	Nome	Município	Latitude	Longitude	Período dos dados
03050006 – Hidroweb	Viamão	Viamão	-30 ° 05' 00"	-50° 47'00"	1939 – 1954
02950059 – Hidroweb	Agropecuária Anju	Glorinha	-29° 49' 04"	-50 ° 44'33"	1955- 1980
02950031 – Hidroweb	Santo Antônio	Santo Antônio da Patrulha	-29° 49'04"	-50° 31'17"	1944 – 2012
02950037 - Hidroweb	Taquara	Taquara	-29° 40'00"	-50° 47'00"	1950- 1978
03051043 - Hidroweb	Porto Alegre – CPRM	Porto Alegre	-30° 04'20"	-51° 13'41"	2011 – 2012
02950060 – Hidroweb	Santo Antônio da Patrulha	Santo Antônio da Patrulha	-29° 49'54"	-50° 32'55"	1991- 2015
02950061 - Hidroweb	Monrugava	Gravataí	-29°51'2,88''	-50° 54' 37.08''	1991 – 2009
02950068 - Hidroweb	Taquara – Montante	Taquara	-29° 43'15"	-50° 44'06"	2009- 2015
02950013 – Hidroweb	Entrepelado	Santo Antônio da Patrulha	-29° 43'00"	-50° 44'00"	1955 – 1980
02950036 - Hidroweb	Taquara	Taquara	-29° 45'00"	-50° 45'00"	1961 – 1965
02950016 – Hidroweb	**Glorinha**	**Glorinha**	**-29° 52'58"**	**-50° 47'20"**	**1976- 2015**
02950017 - Hidroweb	Lagoa dos Barros	Santo Antônio da Patrulha	- 29° 54'00"	-50° 26'00"	1976 – 2015
03051045 - Hidroweb	Arroio do Salso	Porto Alegre	-30° 10'09"	-51° 04'26"	1981- 2015
03051035 – Hidroweb	Farol de Itapuã	Viamão	-30° 23'00"	-51° 03'00"	1987 -1991
02950062 – Hidroweb	Fazenda Nossa Sra. da Conceição	Santo Antônio da Patrulha	-29° 57'39"	-50° 35'58"	1991- 2015
03050008 - Hidroweb	Lombas	Viamão	-30° 02'48"	-50° 42'07"	1991 – 2015
83967- INMET	**INMET- Porto Alegre**	**Porto Alegre**	**-30.05**	**-51.16**	**1961-2019**
CHIRPS	**Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station**	**Interpolação**	**Interpolação**	**Interpolação**	**1981- 2019**

***Legenda**: O Portal **HidroWeb**: ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados. **INMET**: Instituto Nacional de Meteorologia. CHIRPS: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station, conjunto de dados obtidos de estações pluviométricas e produtos de satélites. As estações pluviométricas da Glorinha, INMET e CHIRPS, foram as selecionadas para está pesquisa devido o maior número de dados completos.

Como já descritos, há falhas nas séries hidrológicas, desta forma, utilizou-se dados de temperatura da CRU - Climate Research Unit, para que assim, fosse desenvolvido o método de Thornthwaite para transformar temperatura em evapotranspiração e consequentemente preencher as falhas da estação do INMET.

Os dados da CRU fazem parte da University of East Anglia, localizada em Norwich no Reino Unido, que tem a rigorosidade, no banco de dados, estabelecida pelo uso de uma metodologia de interpolação, que considera diversos fatores, como altitude, frequências mensais e com resolução espacial de 0,5° de longitude por 0,5° de latitude para toda área continental da terra, exceto a Antártida (HARRIS et al., 2013).

É importante salientar que o preenchimento de falhas em séries hidrológicas constitui-se tarefa bastante complexa e não é foco desta tese, para o leitor interessado em se aprofundar no assunto recomenda-se consultar a Elshorbagy, Panu e Simonovic (2000).

Como já retratado no quadro 5, foi utilizado três estações de precipitação para a modelagem de preenchimento modelo chuva- vazão. Para obter melhor resultado, foi calibrado e validado em todos as falhas da série hidrológica de vazão. Vale a pena destacar que as duas estações de dados de vazão utilizadas nesta pesquisa, contém o mesmo período de falhas da série (Figura 6).

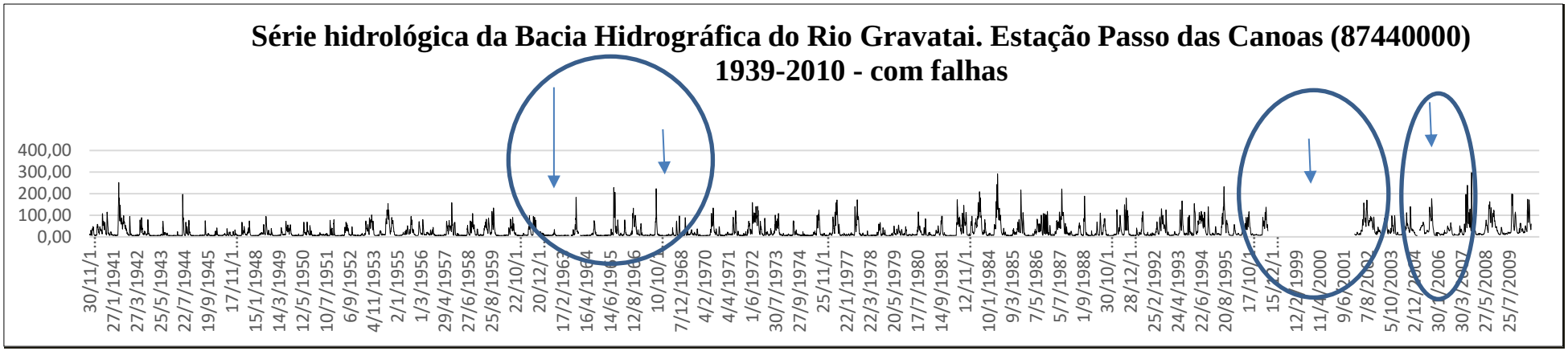
Desta forma, as falhas iniciaram-se nos anos de 1963 e 1968 (Figura 6) e foi calibrado e validado com a estação de precipitação do INMET, visto que é a única estação que contém dados disponíveis neste período. Os anos de 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, há falhas anuais e mensais; o ano de 2005 obtém apenas falhas mensais, e estes foram calibrados e validados com a estação Glorinha; respectivamente a mesma ordem com as duas estações fluviométricas selecionadas (Figura 7).

O quadro 6, a seguir, expõe todos os períodos de falhas das estações fluviométricas selecionadas. Não foi utilizado a estação da Glorinha e dados do CHIRPS nos anos de 1963 e 1968 por inexistência de dados. Vale destacar, que as falhas pluviométricas mencionadas, foram apenas as que coincidiam com o período das falhas das estações fluviométricas, destarte, para o preenchimento da série hidrológica do modelo chuva-vazão.

Figura 6- Falhas da série hidrológica de 1962 a 1968 da Estação 87440000.

Fonte: Autora.

Figura 7-Falhas da série hidrológica completa da Estação 87440000



Fonte: Autora.

Quadro 6 - Períodos de falhas dos dados das estações fluviométricas e pluviométricas selecionadas para o modelo chuva- vazão.

Estação	Início	Falhas 1	Falhas 2	Falhas 3	Falhas 4	Falhas 5
Estação 87440000 - Passo das Canoas - Fluviométrica	**1939**	**15/6/1963 a 17/7/1963**	**01/12/1963 a 31/12/1963**	**24/04/1967 a 26/04/1967**	**1/10/1997 a 31/12/2001**	**26/01/2005 a 13/03/2005**
Estação 87399000 – Passo das Canoas Auxiliar - Fluviométrica	**1939**	**15/06/1963 a 17/7/1963**	**1/12/1963 a 31/12/1963**	**24/04/1967 a 26/04/1967**	**1/10/1997 a 31/12/2001**	**26/01/2005 a 13/3/2005**
83967 INMET Pluviométrica	**1961**	-	**19/03/1974 a 31/12/1988**	**-**	**01/01/2001 a 01/09/2001**	-
Estação 2950016 - Glorinha - Pluviométrica	**1976**	**Problemas de duplicata**	**Problemas de duplicata**	**Problemas de duplicata**	**Problemas de duplicata**	**Problemas de duplicata**
Chuva CHIRPS	**1981**	**completo**	**completo**	**Completo**	**Completo**	**completo**

Fonte: Adaptado pela Autora.

Após o preenchimento de falhas da série diária de vazões, utilizou-se o Software R, pacote de computação estatística. É uma plataforma livre, nos termos da GNU GPL, General Public License, R version 3.5.3 (Great Truth).

Após o preenchimento da série diária de vazões utilizou-se software R, RStudio na versão 1.2 1335. É um software livre, nos termos da GNU GPL (General Public License). Foi utilizado o pacote *tseries e zoo* para descobrir se as séries são estacionárias ou não estacionárias e o pacote *WaveletComp e Wavelet* para a análise de ondaletas (WHITCHER, 2010). Enfatiza-se este software pela automatização e repetições dos procedimentos, facilidade em dividir resultados com outros programas. Estes pacotes são atualizados constantemente.

Os indícios para detectar estacionariedade e/ou não estacionariedade nas séries hidrológicas, pontos de eventuais mudanças, tendências, característica da série hidrológica, foi por testes estatísticos. Visando aumentar a certeza das afirmações a respeito da não estacionariedade das variáveis em estudo, foram utilizados os testes KPSS- Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin e Mann-Kendall, justifica-se esses testes pela sensibilidade na detecção, justificando assim, o não uso do teste Dickey-Fuller Aumentado – ADF (Augmented Dickey-Fuller), que obtém acréscimo dos valores defasados da variável dependente, além do que, por vezes indica raiz unitária para determinada série, quando na realidade o valor é pouco menor,

como, por exemplo, 0,95 (BROOKS, 2014) e o teste de Phillips – Perron onde os coeficientes dos processos, permite consistência mesmo com variáveis defasadas dependentes a correção serial nos erros (BUENO, 2011).

Após essa etapa, a série hidrológica não estacionária passou por uma análise de ondaletas (MORETTIN, 2014) para a análise de segmentação da série original. Foi primordial a análise de ondaletas de STFT - Short-Time Fourier Transform (forma de representação tempo-frequência) para uma dada função, ao contrário da transformada de Fourier, que é uma representação apenas em frequência. A análise de variância para séries temporais não estacionárias foi realizada considerando a transformada discreta de ondaleta não decimada, usando as bases de Haar e Daubechies.

As ondaletas são simplesmente ondas de curta duração com energia concentrada em um intervalo de tempo curto (GRAPS, 1995). De acordo com Morettin (2014), são funções que podem suavizar; ser simétricas ou não; e/ou expressões matemáticas simples. É uma técnica que pode ser utilizada em séries temporais não estacionárias, uma vez que são técnicas que permitem analisar uma série no tempo e escala simultaneamente (CHIANN e MORETTIN, 1998).

O primeiro critério para a segmentação da série original foi encontrar um comportamento equivalente a um processo estacionário, a partir da análise de ondaleta, iterativamente, até o ponto de encontrar a estacionariedade da série hidrológica. Desta forma, foi utilizado períodos equivalentes a 1.825, 1.460, 1.095, 730, 480, 365,180,120, 60 e 30 dias, escolhido primeiramente devido sua significância (análise de ondaletas), e com base em ciclos terrestres e estacionalidade.

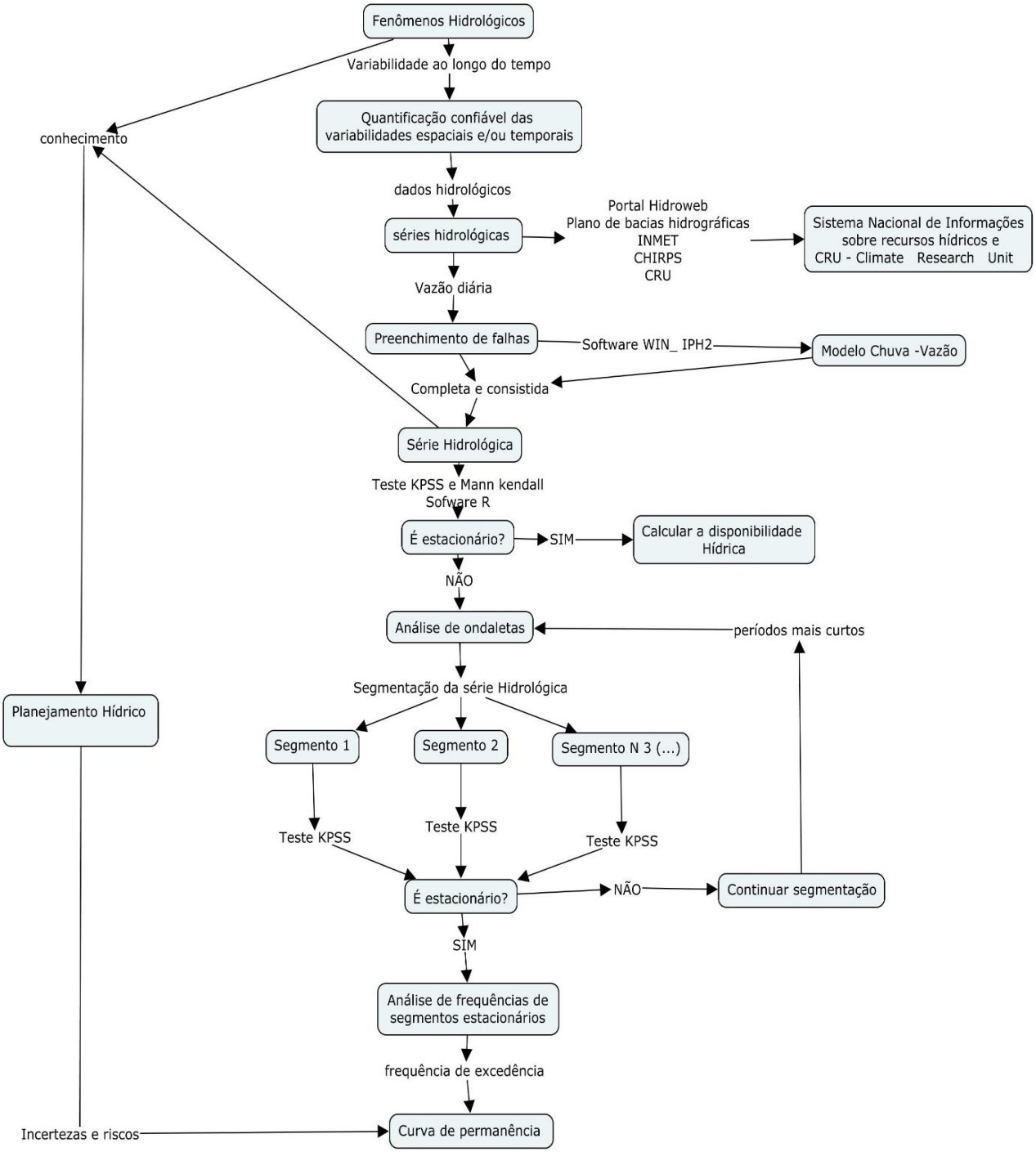
Todos os segmentos da análise de ondaletas, foram fragmentados por períodos e testados sua estacionariedade (KPSS), repetidamente, até encontrar a estacionariedade da série.

Por fim, foi desenvolvido a frequência de excedência de segmentos estacionários para nível e tendência por período. Posteriormente, estimou-se as curvas de permanência dos fragmentos estacionários por períodos e acumulada. Para obtenção da curva de permanência, utilizou-se o software IHA (Indicators of Hydrologic Alteration), para demonstrar as características de variabilidade inter e intranual das vazões, incluindo a magnitude no tempo, frequência, duração.

Por consequência, ocorreu comparações entre as curvas de permanência de cada período e as tradicionais (pré-estabelecidas pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí).

Por fim, com a disponibilidade hídrica, pode-se discutir e analisar as vulnerabilidades do instrumento de outorga e projetos de vazão de referência, incertezas e riscos, além de horizontes temporais de planejamento. A seguir, construiu-se um modelo do processo metodológico (Figura 8) para melhor visibilidade dos métodos descritos acima.

Figura 8- Processo metodológico da pesquisa



Fonte: Autora.

4.2 Área de estudo: Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul

Esta pesquisa sintetizou o conhecimento e sua aplicação na bacia hidrográfica do Rio Gravataí, que integra a região hidrográfica do Guaíba, situada ao leste do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo, a região metropolitana de Porto Alegre, capital do Estado (DRH/SEMA, 2012). Esta bacia foi escolhida, por ser uma região antropizada, com dados disponíveis, consolidados, além de, diversas pesquisas, diagnósticos e cenários futuros.

Segundo a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM, a bacia é monitorada desde 1980, através da rede básica de monitoramento. A área da bacia é contemplada pelos municípios de Porto Alegre, Canoas, Alvorada, Viamão, Cachoeirinha, Gravataí, Glorinha, Taquara e Santo Antônio da Patrulha, onde 76% da sua área localiza-se na região metropolitana de Porto Alegre. A Bacia do Gravataí tem como vegetação natural, o Bioma Mata Atlântica (25% de sua área) e o Bioma Pampa (75% de sua área).

Estima-se que a população residente na bacia hidrográfica do rio Gravataí seja de 1.255.730 habitantes, considerando população urbana e rural. É uma bacia hidrográfica de pequena dimensão, não há efluentes de porte em termo de vazão, assim, a bacia do rio Gravataí recebe contribuição apenas de alguns arroios drenantes das águas de vertentes, alimentadas pelas chuvas e os banhados de montante (SCHEREN, 2014).

O Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Gravataí teve início no final da década de 70, devido principalmente a mobilização social (caso do lançamento de efluentes indevidos e as obras de drenagem indevidas). Além disso, foi o primeiro Comitê do Estado do Rio Grande do Sul a ter concluído o plano de bacia hidrográfica na íntegra. Esta área foi escolhida como objeto do estudo por ser uma bacia instrumentalizada, metropolitana, com diversas referências estudos, além de um plano de bacias realizado em sua totalidade.

4.3 Características gerais da bacia

A bacia hidrográfica do rio Gravataí possui uma área de 2.020 km². O sistema de drenagem é formado por três conjuntos de comportamento hidráulicos distintos: nascentes, banhado grande e curso inferior. As nascentes são constituídas de vertentes íngremes em altitudes de até 400 metros, recolhendo precipitações e despejado no Banhado Grande (FEPAM, 2017).

O Banhado Grande tem uma importância ambiental, pois atua como regulador do rio

Gravataí, através do chamado efeito esponja, no qual, em épocas chuvosas aumenta os tempos de concentração, amortecendo as cheias, e na estiagem ao dar vazão ao volume de águas acumulados, regulariza as pequenas descargas em patamares mais elevados (SCHEREN, 2014).

Além do mais, na bacia hidrográfica do Gravataí e há uma grande extensão de banhado como: Complexo do Banhado Grande, formado pelos Banhados Grande, Chico Lomã e dos Pachecos, além de áreas inundáveis, os quais se localizam em uma porção de terras baixas, limitada pela Coxilha das Lombas e a encosta da Serra (SOUZA, 2008). Além disso, Marques (1994) salienta que a topografia baixa da bacia hidrográfica do rio Gravataí, juntamente com os represamentos das águas, devido às flutuações no nível do estuário do Guaíba ocasiona um escoamento fluvial bastante lento.

Segundo a FEPAM, o rio Gravataí é um rio de planície, de baixa velocidade, sinuoso e com muitos meandros, com 34 km ao longo do seu curso, no qual a velocidade, profundidade e largura variam. Os efeitos do regime pluviométrico da região refletem-se na vazão do rio Gravataí, determinando um período de cheia no inverno e um de estiagem no verão. Além do mais, a bacia apresenta duas regiões distintas: predomínio da atividade agropecuária na área superior, banhados e predomínio do uso urbano-industrial na parte inferior. Os usos dos recursos hídricos são de predominância orizícola, abastecimento público e carga de despejo doméstico e industrial. Dos nove municípios da bacia, cinco possuem algum sistema de tratamento coletivo de efluentes domésticos: Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre (DRH/SEMA, 2012).

O Rio Gravataí é considerado o mais sensível da região, o Banhado Grande, foi bastante impactado por lavouras de arroz irrigado, reduzindo sua capacidade de acumular água (FEPAM, 2017).

Segundo o Plano de Bacias Hidrográficas do Rio Gravataí (DRH/SEMA, 2012), que teve seu término no ano de 2012, o Rio Gravataí tem como principais afluentes os arroios, em sua margem direita: Brigadeiro, Barnabé, Demétrio, Pinto, Passo Grande, Miraguaia, Venturosa, Veadinho, Chico Lomã; e em sua margem esquerda os arroios: Areias, Sarandi, Feijó, Águas Belas, Passo dos Negros e Alexandrina.

Além disso, a cobertura, uso e ocupação do solo, indicam que prevalecem áreas de campo (50,81%), seguidas por lavoura (19,98%), mata (11,12%), área urbana (7,65%), banhado (3,96%), água (2,04%), campo úmido (1,06%), solo descoberto (2,43%) e reflorestamento (0,89%). As classes de uso e ocupação identificadas na bacia são: campo (50,81%), lavoura (19,98%), mata (11,12%), área urbana (7,65%), banhado (3,96%), água (2,04%), campo úmido (1,06%), solo descoberto (2,43%) e reflorestamento (0,89%) (DRH/SEMA, 2012).

O Plano, ainda, salienta que a demanda referente ao abastecimento humano é de 2.880,2 L/s, enquanto seu consumo é de 567,2 L/s, o que representa 20% do valor demandado, e o industrial é de 235,1 L/s, enquanto que o consumo é de 70,7 L/s, o que representa 30% do valor demandado. A demanda referente à criação animal é de 69,7 L/s, enquanto o consumo é de 48,8 L/s, o que representa 70% do valor demandado. Já para a irrigação de arroz, a demanda é de 13.195,6 L/s, sendo seu consumo de 2.639,1 L/s, o que representa 80% do valor demandado. A demanda para uso na irrigação chega a 9.646,0 L/s, enquanto a demanda nos processos de outorgas oficiais para uso na irrigação chega a 16.143 L/s e o valor segundo IRGA chega a 13.195,6 L/s (DRH/SEMA, 2012).

As precipitações médias mensais somam 1347,4 mm no ano. A evaporação média anual na região do estudo é de 983 mm/ano. A maior umidade relativa média registrada foi 82% no mês de junho e a mínima foi 69% no mês de dezembro. A insolação documentada pelo heliógrafo da estação foi de 2.244,8 horas/ano. A temperatura média anual na região em estudo é de 19,45°C. As temperaturas médias máximas mensais giram em torno de 24,83 °C e as médias mínimas mensais em torno de 15,57°C (DRH/SEMA, 2012).

5 ARTIGO I - SÉRIE HIDROLÓGICA NÃO ESTÁCIONÁRIA: COMPORTAMENDO DO PREENCHIMENTO DE FALHAS DOS TRECHOS ESTACIONÁRIOS E RISCOS E INCERTEZAS NO PLANEJAMENTO HÍDRICO

1 Introdução

A água é um recurso finito, dotado de valor econômico, social, político e cultural. É fundamental compreender os corpos aquáticos, para que a gestão seja adequada a sua realidade. Tomar decisões frente às mudanças e ameaças nas bacias hidrográficas, com mais probabilidade de certeza e menores riscos, tornou-se primordial. Visto que as preocupações com a gestão dos recursos hídricos não são apenas científicas, a disponibilidade hídrica torna-se um problema de vida humana (UNESCO, 2015; JUNG et al., 2018; COELHO et al., 2019).

Perante tal, a análise de séries temporais é o estudo de uma sequência de dados coletados ao longo do tempo, utiliza-se como base para o planejamento hídrico, visto que serve para conhecer a condição quanti-qualitativa das bacias hidrográficas. É uma abordagem eficaz para investigar a variabilidade de variáveis e, geralmente, é usada em muitas áreas da ciência e da engenharia (RHIF et al., 2019).

Porém, ainda na hidrologia estatística, são implícitas as hipóteses de aleatoriedade, independência, homogeneidade e estacionariedade (NAGHETTINI e PINTO, 2007) no planejamento dos recursos hídricos. A estacionariedade é a noção de que os fenômenos naturais circulam em um processo fixo de incerteza (TUCCI, 2007), princípio basilar da avaliação de risco. Em outras palavras, considera-se que o comportamento das séries históricas observadas seguiria padrão semelhante no futuro. Desta maneira, a estacionariedade orienta os códigos de planejamento, como também a gestão dos recursos hídricos.

Modelos hidrológicos determinísticos são amplamente aplicados em processos de pesquisa e tomada de decisão. A quantificação de suas incertezas associadas é, portanto, uma tarefa importante e de alta relevância para decisões operacionais relacionadas ao gerenciamento da água (AMMANN et al., 2019).

Bárdossy e Das (2008) salientam que a incerteza total de saída desses modelos se dá pela combinação de incerteza de entrada propagada dos dados, ou seja, modelar erros estruturais, atribuídos a agregação e parametrização. Além do mais, a mudança climática é um dos fatores dominantes que causam a não estacionariedade em variáveis hidrológicas (por exemplo, precipitação, vazão e seca). Há fortes evidências para indicar uma relação monotônica

significativa entre fluxo / seca e clima (AMMANN et al., 2019; WANG et al., 2019; AGILAN e UMAMAHESH, 2019).

Entretanto, com as modificações ambientais e mudança do uso do solo, como por exemplo, a urbanização, desmatamentos e acidentes ambientais, tornou-se impossível assumir uma condição estacionária das séries hidrológicas (MILLY et al., 2008). O mesmo autor salienta que, a estacionariedade não existe mais, ou seja, a base mais fundamental da estatística preditiva, teve suas bases solapadas.

Diversos estudos demonstram que a velha estatística de estacionariedade iniciou-se a falhar. Tucci (2007) afirma que as mudanças climáticas não são os únicos responsáveis, mas a urbanização e a mudança significativa da bacia hidrográfica podem levar a não estacionariedade. Por conseguinte, desenvolvendo mudanças nas cheias e secas extremas (fator de importância para o ser humano).

Diversos autores correlacionaram a não estacionariedade com tendências nas séries hidrológicas, logo que ainda não há substituto para a estatística estacionária ou que funcione tão bem (TUCCI e BRAGA, 2003; PERCIVAL e WALDEN, 2006; MONTANARI e KOUTSOYIANNIS, 2014; MÜLLER et al., 1998; SANTOS et al., 2016; SERINALDI e KILSBY, 2015; VOGEL et al., 2011; DETZEL, 2015).

Perante tal constatação, a modelagem da quantidade e qualidade da água, em condições de criticidade do comportamento hidrológico, pode desenvolver resultados imprecisos. Tornou-se fundamental desenvolver uma abordagem não permanente como ferramenta na gestão hídrica, onde se possa associar a quantidade e qualidade da água compilada através do processo não estacionário (BRITES, 2010; GARCIA e TUCCI, 2000).

A não estacionariedade dos dados pode levar a inconsistências no gerenciamento e a eventuais alocações imprecisas de água em determinadas situações, afetando assim, as tomadas de decisões no controle e planejamento hídrico. Séries mais longas, acima de 100 anos de observação, têm se mostrado não estacionárias, devido à variabilidade e modificação climática, esta última, associada ao uso do solo (WANG et al. 2019).

Um dos procedimentos que merecem breve menção é o preenchimento de falhas das séries hidrológicas. Isso ocorre deve devido à ausência do observador, falhas nos mecanismos de registro, perdas nas anotações e transcrições dos registros pelos operadores, entretanto, como existe a necessidade de se trabalhar com séries contínuas, essas falhas necessitam ser preenchidas (BERTONI e TUCCI, 2007).

Alexandre et al. (2008) salientam que umas das formas mais comuns de resolução desses problemas são os dados sintéticos, ou seja, a utilização de modelos hidrológicos. Desta forma,

utilizam-se dados disponíveis da região de referência e sua rede de coletas em relação ao pequeno período que se deseja preencher as falhas existentes.

Diante desse cenário, questiona-se: Qual é a incerteza adicionada ao preenchimento de falhas de séries históricas não estacionária para modelos hidrológicos? Visto que, a maioria dos modelos hidrológicos partem do pressuposto de estacionariedade. Quais seus limites e consequências? O preenchimento de falhas pode alterar os segmentos estacionários de uma série não estacionária?

A Política Nacional dos Recursos Hídricos atribuiu instrumentos para que seja assegurado o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos ao seu acesso (BRASIL, 1997), no entanto, torna-se ineficaz pelo pressuposto de estacionariedade nos modelos hidrológicas para a gestão. Além disso, com a não estacionariedade das séries hidrológicas, quais são os riscos para a disponibilidade hídrica? Quais as consequências e riscos para o planejamento? Qual a probabilidade de certeza na aplicação dos instrumentos de outorga e enquadramento?

Á vista disso, essa pesquisa, tem por objetivo geral norteador analisar a distribuição de frequência de segmentos estacionários em uma série não estacionária, e averiguar quais as incertezas e riscos no planejamento hídrico e os efeitos do uso de modelo hidrológico para o preenchimento de falhas no comportamento dos segmentos estacionários dentro de uma série não estacionária.

2 Materiais e Métodos

A série hidrológica de vazão utilizada para esta pesquisa foi da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, situada ao leste do estado do Rio Grande do Sul, onde abrange parte da Região Metropolitana de Porto Alegre. Esta bacia foi escolhida, por ser uma região antropizada, com dados disponíveis e consolidados, além de, diversas pesquisas, diagnósticos e cenários futuros.

Os dados de vazão foram retirados do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Desta forma, foram utilizados dados da Estação 87440000 – Passo das Canoas, com área de drenagem de 1.660 km^2 e altitude 0,32m e a Estação 87399000 - Passo das Canoas Auxiliar com a área de drenagem de 1.410 km^2 e altitude de 0,05m.

O preenchimento das falhas das séries históricas de vazão, ocorreu através do procedimento chuva-vazão (Software WIN_ IPH2). Foram retirados dados de precipitação da Hidroweb, Instituto Nacional de Pesquisas Meteorológicas -INMET e Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station – CHIRPS. (COLLISCHONN e TUCCI, 2003).

Após o preenchimento da série diária de vazões utilizou-se software R, RStudio na versão 1.2 1335. É um software livre, nos termos da GNU GPL (General Public License). Foi utilizado o pacote *tseries* (TRAPLETTI et al., 2019*)* e *zoo* (ZEILEIS et al., 2019) para descobrir se as séries são estacionárias ou não estacionárias e o pacote *WaveletComp* (ROESCH e SCHMIDBAUER*,* 2018) e *Wavelets (*ALDRICH, 2019) para a análise de ondaletas (MORETTIN, 2014). Enfatiza-se este software pela automatização e repetições dos procedimentos, facilidade em dividir resultados com outros programas. Estes pacotes são atualizados constantemente.

Os indícios para detectar estacionariedade e/ou não estacionariedade nas séries hidrológicas, pontos de eventuais mudanças, tendências, característica da série hidrológica, foi por testes estatísticos. Visando aumentar a certeza das afirmações a respeito da não estacionariedade das variáveis em estudo, foram utilizados os testes KPSS- Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin e Mann-Kendall, testes sensíveis na detecção, justificando assim seu uso devido sensibilidade estatística SYCZEWSKA, (2010), o não uso do teste Dickey-Fuller Aumentado – ADF (Augmented Dickey-Fuller), que obtém acréscimo dos valores defasados da variável dependente, além do que, por vezes indica raiz unitária para determinada série, quando na realidade o valor é pouco menor, como, por exemplo, 0,95 (BROOKS, 2014) e o teste de Phillips–Perron onde os coeficientes dos processos, permite consistência mesmo com variáveis defasadas dependentes a correção serial nos erros (BUENO, 2011).

Após essa etapa, a série hidrológica passou por uma análise de ondaletas - Transformação de *Wavelet* (MORETTIN, 2014) para a análise de segmentação da série original. Foi primordial a análise de ondaletas de STFT - Short-Time Fourier Transform (forma de representação tempo-frequência) para uma dada função, ao contrário da transformada de Fourier, que é uma representação apenas em frequência. A análise de variância para séries temporais não estacionárias foi realizada considerando a transformada discreta de ondaleta não decimada, usando as bases de Haar e Daubechies.

Uma das principais vantagens da transformação de *Wavelet* é que ela pode decompor um sinal diretamente de acordo com a frequência e representá-lo no estado de distribuição do domínio da frequência e do tempo. Quanto à transformação *wavelet*, as informações de tempo e frequência do sinal são retidas. É, portanto, uma transformação mais poderosa para a análise da frequência do tempo (RHIF et al., 2019).

As ondaletas (transformação de *Wavelet)* são simplesmente ondas de curta duração com energia concentrada em um intervalo de tempo curto (GRAPS, 1995). De acordo com Morettin (2014), são funções que podem suavizar; ser simétricas ou não; e/ou expressões matemáticas simples. É uma técnica que pode ser utilizada em séries temporais não estacionárias, uma vez que são técnicas que permitem analisar uma série no tempo e escala simultaneamente (CHIANN e MORETTIN, 1998).

A análise de ondaletas é uma alternativa à análise de Fourier (tradicionalmente conhecida por resolver equações diferenciais parciais que aparecem na física ou matemática, como equação de calor e ondas) e se baseia na afirmação de que toda função real periódica pode ser escrita como uma soma infinita de senos e cossenos, permitindo, desta forma, a identificação do sinal em um espaço unidimensional (MORETTIN, 2014).

A transformada *wavelet* é um avanço para o processamento de sinais (GROSSMAN e MORLE, 1984). O seu uso preserva os fenômenos locais, não periódicos e de multiescala, ferramenta apropriada para analisar eventos irregulares, mal distribuídos e séries potencialmente não estacionárias em diferentes frequências, além de variações locais de potência dentro da série (SANTOS et al., 2013).

Os dados hidrológicos podem apresentar variabilidade aperiódica, o que acaba tornando a interpretação do espectro de potência de Fourier (resultante de sinais) complexa, além de poder ocorrer erros. Desta maneira, surge a transformada *wavelet* (ondaletas), que fornece, desta maneira, não só a identificação da frequência, como, também, sua localização no tempo (MORETTIN, 2014).

O primeiro critério para a segmentação da série original foi encontrar um comportamento equivalente a um processo estacionário, a partir da análise de ondaleta, iterativamente, até o ponto de encontrar a estacionariedade da série hidrológica. Desta forma, foram utilizados períodos equivalentes a 1.460, 1.095, 730, 480, 365,180,120, 60 e 30 dias, escolhidos, primeiramente, devido sua significância e com base em ciclos terrestres e estacionalidade.

Todos os segmentos da análise de ondaletas foram fragmentados por períodos e testada sua estacionariedade (KPSS), repetidamente, até encontrar a estacionariedade da série.

Por fim, foi desenvolvido a frequência de excedência de segmentos estacionários para nível e tendência por período. Posteriormente, estimou-se as curvas de permanência dos fragmentos estacionários por períodos e acumulada. Para obtenção da curva de permanência, foi utilizado o software IHA (Indicators of Hydrologic Alteration), para demonstrar as características de variabilidade inter e intranual das vazões, incluindo a magnitude no tempo, frequência, duração.

Por fim, com a disponibilidade hídrica, pode-se discutir e analisar as vulnerabilidades do instrumento de gestão de recursos hídricos, incertezas e riscos, além de horizontes temporais de planejamento, riscos e incertezas.

3 Resultados e Discussões

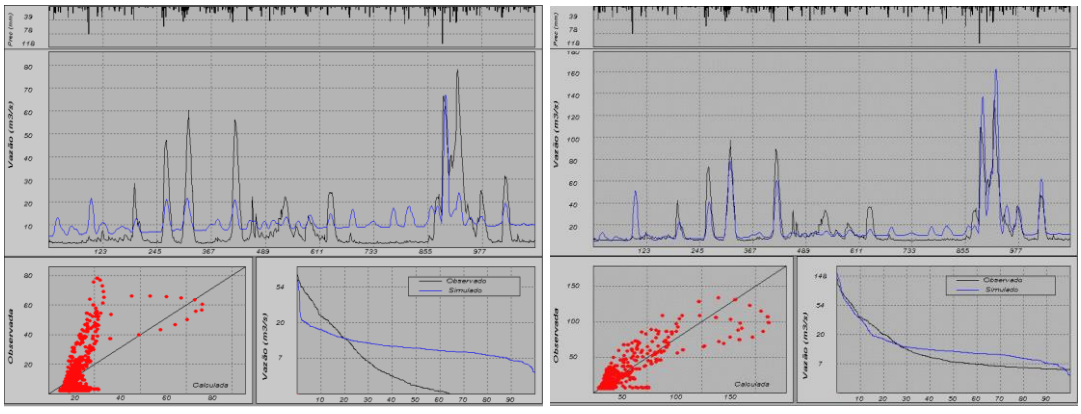
3.1 Construção das séries hidrológicas

Foram utilizadas três estações de precipitação para o preenchimento de falhas através da modelo chuva- vazão. Para obter melhor resultado, o modelo foi calibrado e validado para todas as falhas da série hidrológica de vazão. Vale a pena destacar que foram utilizas duas estações (87440000 e 87399000) para o modelo chuva-vazão. As duas estações de vazões apresentaram os mesmos períodos de falhas e a modelagem ocorre nas duas estações, para que assim, possa escolher a série que melhor simule a realidade da bacia hidrográfica em estudo.

Há três falhas distintas: 1963 a 1968; 1997 a 2001 e 2005. Os anos de 1963 a 1968 foram calibrados e validados com a estação de precipitação do INMET, visto que é a única estação que contém dados disponíveis neste período. As falhas foram de 15/06/1963 à 17/07/1963; 01/12/1963 a 31/12/1963 e 24/4/1967 a 26/4/1967.

Na Figura 1, é demonstrada a calibração com a Estação do INMET, nas duas estações de vazão, 87399000 e 87440000. O período de calibração foi de 01/01/1968 a 31/12/1970. Justifica-se este período por não haver falhas na série temporal. Além disso, resultou no coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,3888 para Estação 87399000 e de 0,7240 para a Estação 87440000.

Figura 1- (a) Calibração da Estação do INMET 1968 a 1970 para a falha da série de 1963 a 1967 da Estação 87399000. (b) Calibração da Estação do INMET 1968 a 1970 para a falha da série de 1963 a 1967 da Estação 87440000

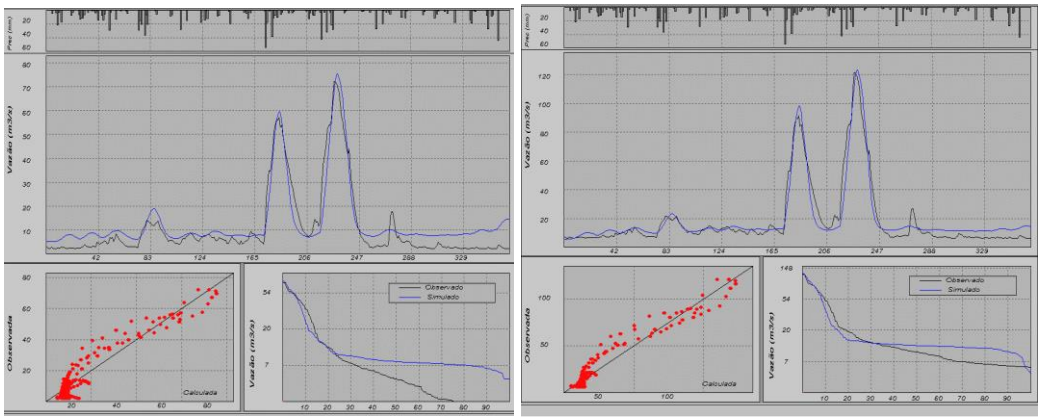


(a) (b)

Fonte: Autora.

O segundo momento do modelo chuva- vazão foi validar a calibração (Figura 2), que ocorreu no período de 01/01/1971 a 31/12/1971. O coeficiente de Nash- Sutcliffe de 0,8863 para a Estação 87399000 e de 0,9356 para a Estação 87440000.

Figura 2- (a) Validação no período de 1971 para falha da série de vazões de 1963 a 1967 da Estação 87399000. (b) Validação no período de 1971 para falha da série de vazões de 1963 a 1967 da Estação 87440000.

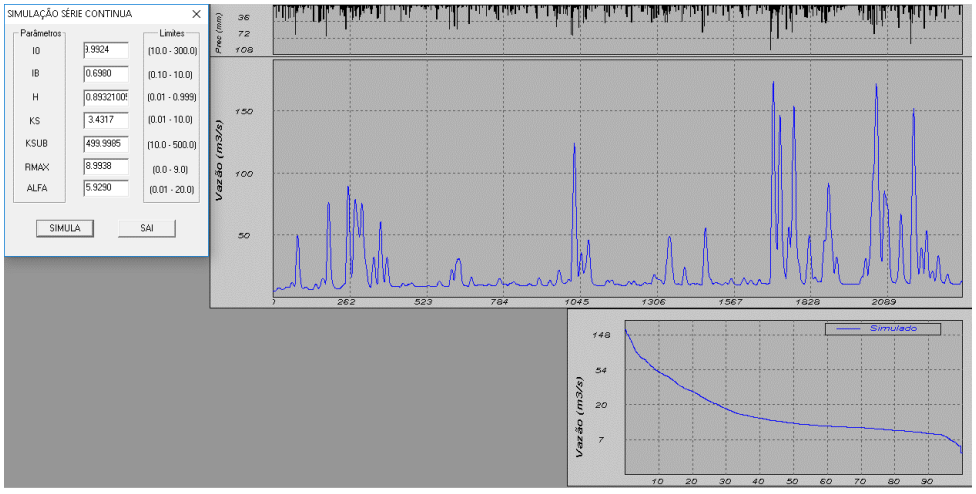


(a) (b)

Fonte: Autora.

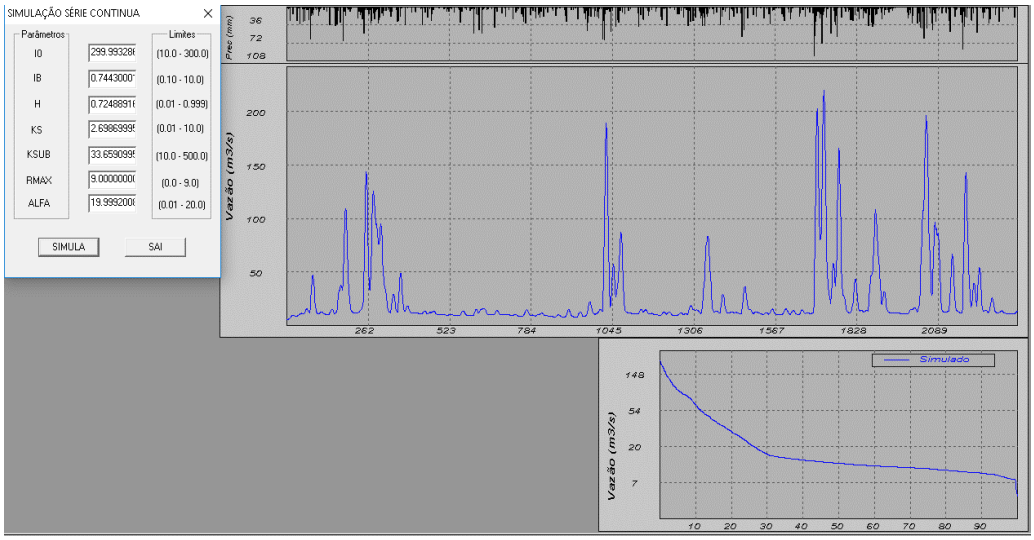
Após esses dois momentos de calibração e validação da modelagem, ocorreu a simulação da vazão (Figura 3 e 4) estimada da primeira falha da série, no período de 01/01/1961 a 31/05/1967, para as duas Estações de vazões 87399000 e 87440000.

Figura 3-Simulação no período de 01/01/1961 a 31/05/1967 da Estação 87399000



Fonte: Autora

Figura 4- Simulação no período de 01/01/1961 a 31/05/1967 da Estação 87440000



Fonte: Autora

Mediante o exposto, este período de falhas foi preenchido apenas com a Estação do INMET, visto que, é a única estação com dados disponíveis. Nas falhas situadas no período de 01/10/1997 a 31/12/2001, o modelo foi calibrado, validado e simulado em três momentos, com três estações de precipitação: Estação 83967 do INMET, Estação 2950016 da Glorinha (ANA) e CHIRPS.

A primeira estação de precipitação utilizada para preenchimento de falhas no período de 1997 a 2001 das Estações 87399000 e 87440000, foi do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, no entanto, como há falhas significativas nas séries de precipitações no mesmo período de falhas das séries de vazão, necessitou-se utilizar o método de Thornthwaite.

Este método, proposto por THORNTHWAITE (1948), tem por objetivo estimar a evapotranspiração potencial (ETP) mensal (posto meteorológico) como um elemento climatológico, visando a classificação climática. Nesse contexto, ETP é tida como igual à "chuva ideal" para que uma região não apresente nem excesso nem deficiência hídrica durante o ano, e utiliza-se apenas a temperatura do ar como variável independente.

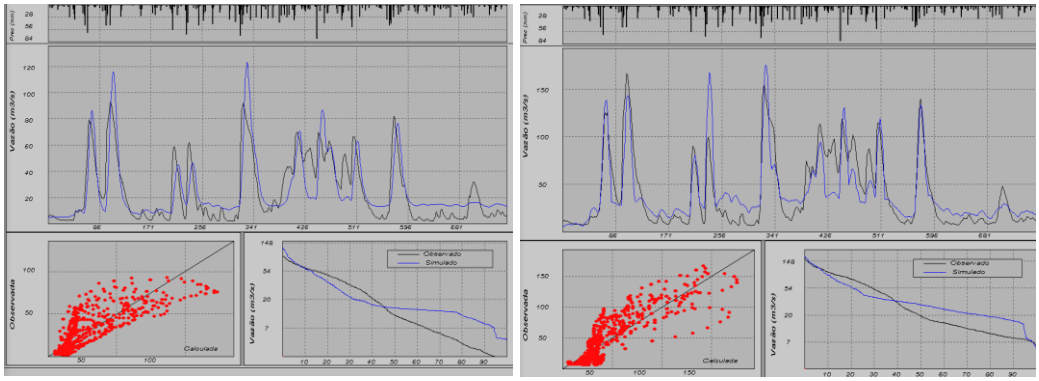
Para isso, utilizaram-se dados de temperatura do CRU – Climate Research Unit, (há uma rigorosidade no banco de dados com uma metodologia de interpolação), uma vez que, na Estação do INMET, ocorreram falhas de temperatura no mesmo período. Desta forma, pode-se transformar a temperatura em evapotranspiração e, por fim, realizar a modelagem chuva-vazão.

Por conseguinte, o processo de calibração ocorreu nos períodos de 01/04/1993 a

30/04/1995 para as falhas da série de vazão das duas estações no período de 1997 a 2001 (Figura 5). A primeira modelagem de calibração obteve um coeficiente de Nash-Sutcliffe da Estação 8739900 de 0,644 e da Estação 87440000 de 0,7639.

Posteriormente, foi validado com o período de 01/05/1995 a 30/04/1996 (Figura 7), que resultou no coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,7957 para Estação 87399000 é de 0,8953 para a Estação 87440000.

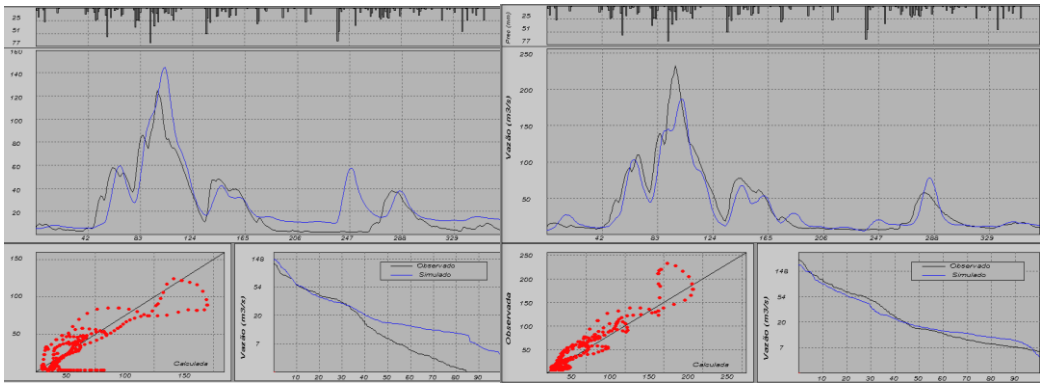
Figura 5- (a) Calibração no período de 1993 a 1995 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2000 da Estação 87399000. (b) Calibração no período de 1993 a 1995 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2000 da Estação 874400



(a) (b)

Fonte: Autora.

Figura 6- (a) Validação no período de 1995 a 1996 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2000 da Estação 87399000. (b) - Validação no período de 1995 a 1996 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2000 da Estação 87440000

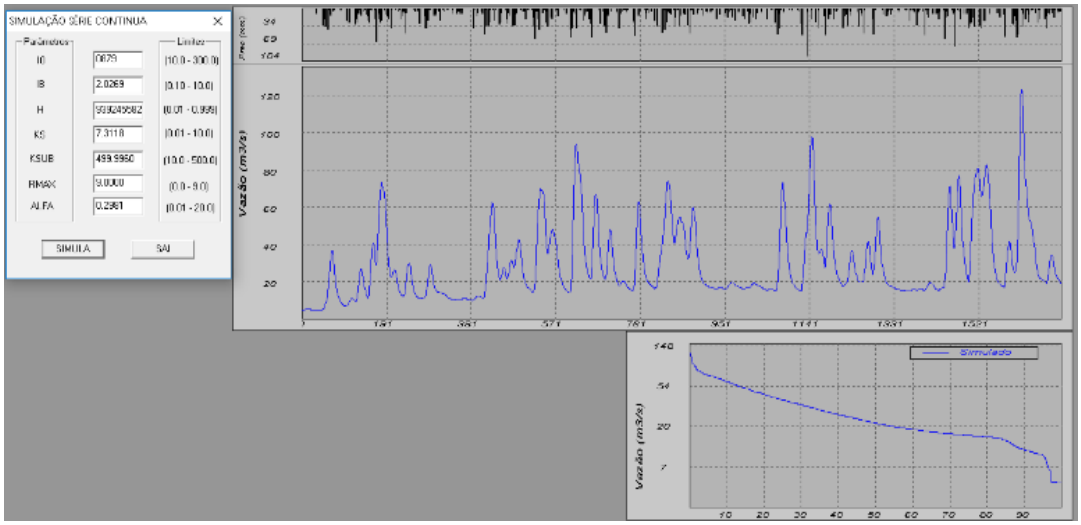


(a) (b)

Fonte: Autora.

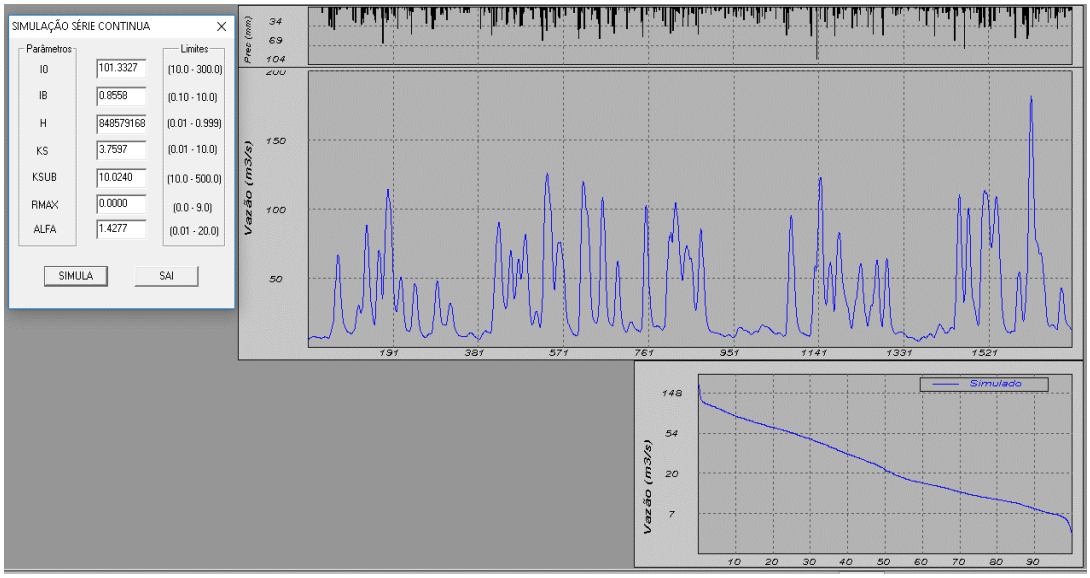
O processo de simulação de vazão das estações ocorreu nos períodos de 01/05/1996 a 31/12/2000, (Figuras 7 e 8). O ano de 2001, por falta de dados, não pode ser modelado com a Estação do INMET.

Figura 7- Simulação no período de 01/05/1996 a 31/12/2000 da Estação 87399000



Fonte: Autora.

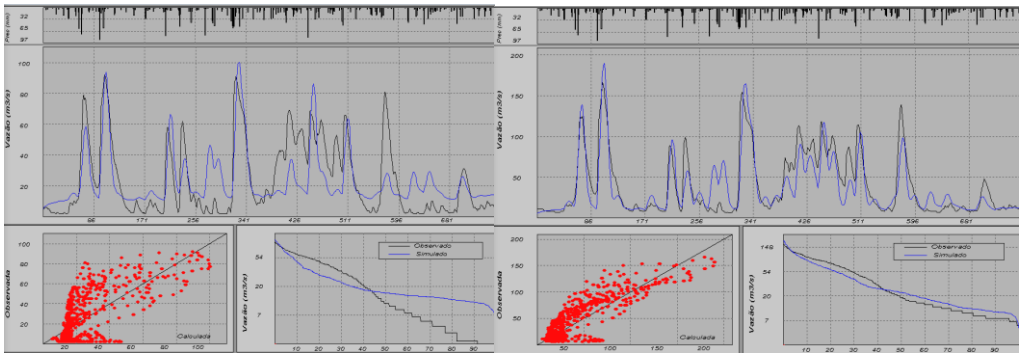
Figura 8- Simulação no período de 01/05/1996 a 31/12/2000 da Estação 87440000



Fonte: Autora.

A segunda estação de precipitação utilizada para preenchimento de falhas do período de 1997 a 2001 foi a Estação Glorinha. Foi calibrado com o período de 01/04/1993 a 30/04/1995, com o coeficiente de Nash-Sutcliffe da Estação 87399000 de 0,5117 e da Estação 87440000 de 0,7553. Na Figura 9, é apresentada a calibração das duas estações de vazão.

Figura 9- (a) Calibração no período de 1993 a 1995 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2001 da Estação 87399000. (b) Calibração no período de 1993 a 1995 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2001 da Estação 87440000

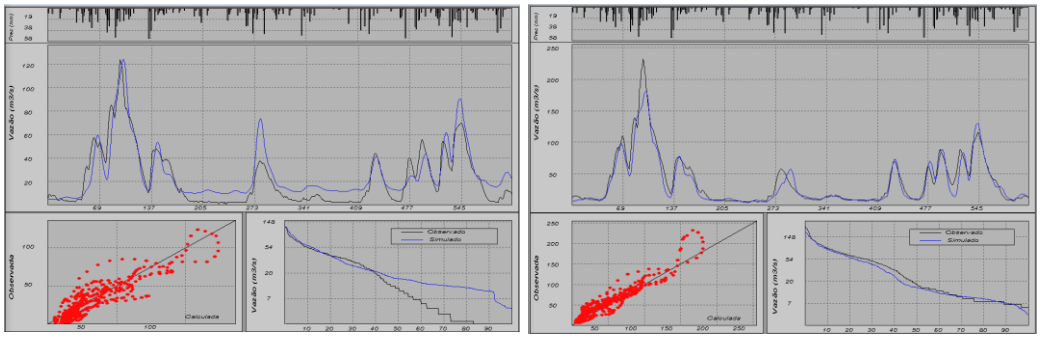


(a) (b)

Fonte: Autora.

O processo de validação da Estação Glorinha de precipitação (Figura 10), ocorreu no período de 01/05/1995 a 31/12/1996 para as falhas de 1997 a 2001 das séries hidrológicas de vazão. O coeficiente de Nash-Sutcliffe da Estação 8739900 é de 0,8309 e da Estação 8744000 é de 0,9249.

Figura 10- (a) Validação o no período de 1995 a 1996 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2001 da Estação 87399000. (b) Validação o no período de 1995 a 1996 para as falhas de séries de vazão do período de 1997 a 2001 da Estação 87440000

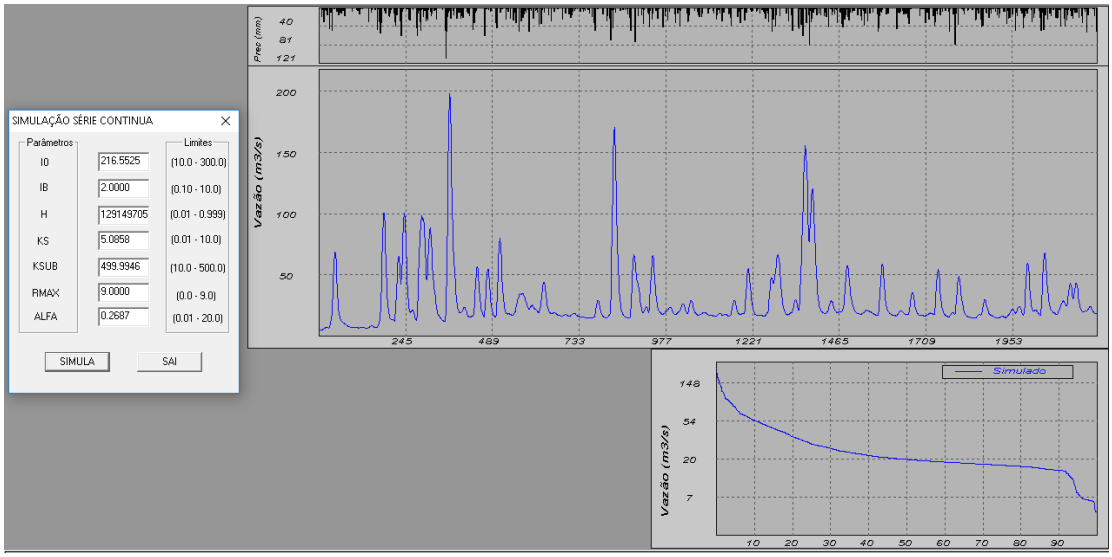


(a) (b)

Fonte: Autora.

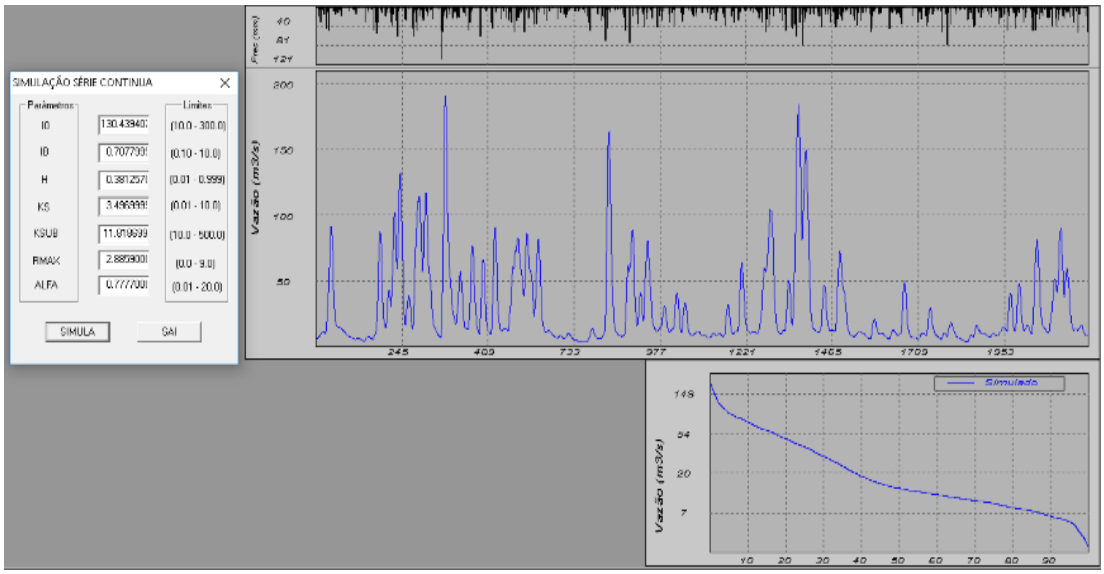
A simulação de vazão (Figuras 11 e 12), ocorreu no período de falhas de 01/01/1997 a 31/12/2002 das estações 87399000 e 87440000.

Figura 11-Simulação no período de 01/01/1997 a 31/12/2002 da Estação 87399000



Fonte: Autora.

Figura 12- Simulação no período de 01/01/1997 a 31/12/2002 da Estação 87440000

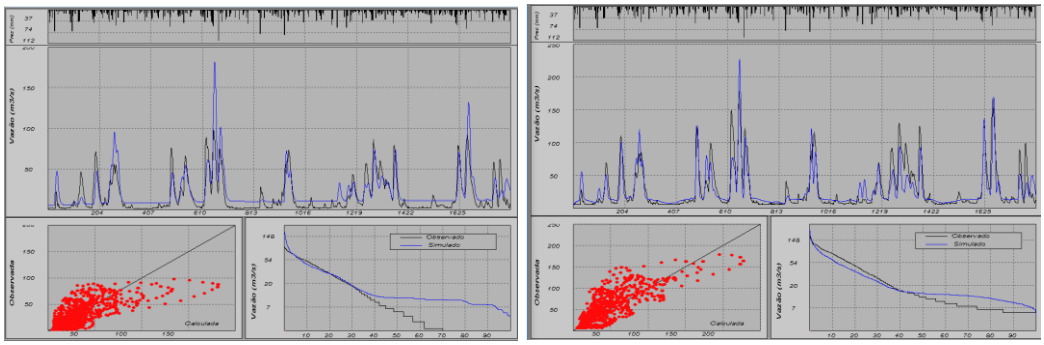


Fonte: Autora.

Os dados de precipitações do CHIRPS - Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station, ocorre a partir de 1981. Estes dados cobrem o globo terrestre e tem como diferencial o monitoramento com a resolução espacial de 0,05º. Além do que, constituem conjunto de dados obtidos de estações pluviométricas e produtos de satélites, ideal para lugares

com carência e ausência de dados. Como não há falhas no CHIRPS, foi calibrado, validado e simulado em períodos maiores. A calibração (Figura 13) ocorreu no período de 01/01/1989 a 31/12/1993, e resultou no coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,5325 para a Estação 87399000 e de 0,745 para a Estação 87440000.

Figura 13- (a) Calibração CHIRPS no período de 1989 a 1993 para preenchimento de falhas de 1997 a 2001 da Estação 87399000. (b) Calibração CHIRPS no período de 1989 a 1993 para preenchimento de falhas de 1997 a 2001 da Estação 87440000

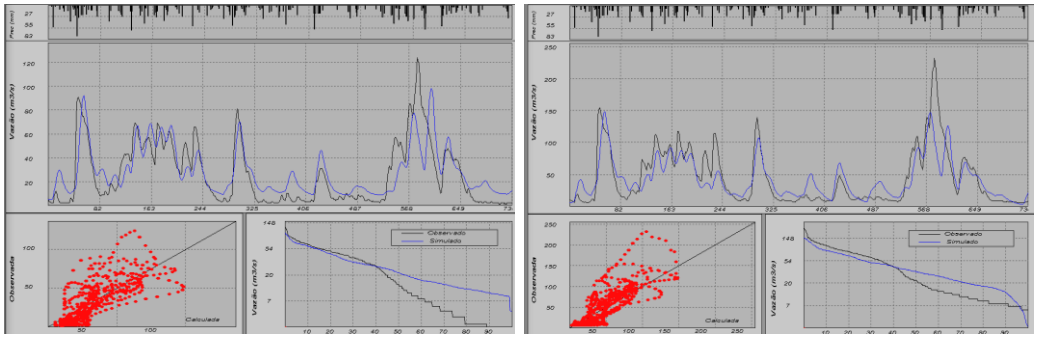


(a) (b)

Fonte: Autora

O processo de validação do modelo com os dados do CHIRPS (Figura 14), ocorreu nos períodos de 01/01/1994 a 31/12/1995, e resultou no coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,6611 para a Estação 87399000 e de 0,6841 para a Estação 87440000.

Figura 14- (a) Validação no período de 1994 a 1995 para preenchimento de falhas de 1997 a 2001 da Estação 87399000. (b) Validação no período de 1994 a 1995 para preenchimento de falhas de 1997 a 2001 da Estação 87440000

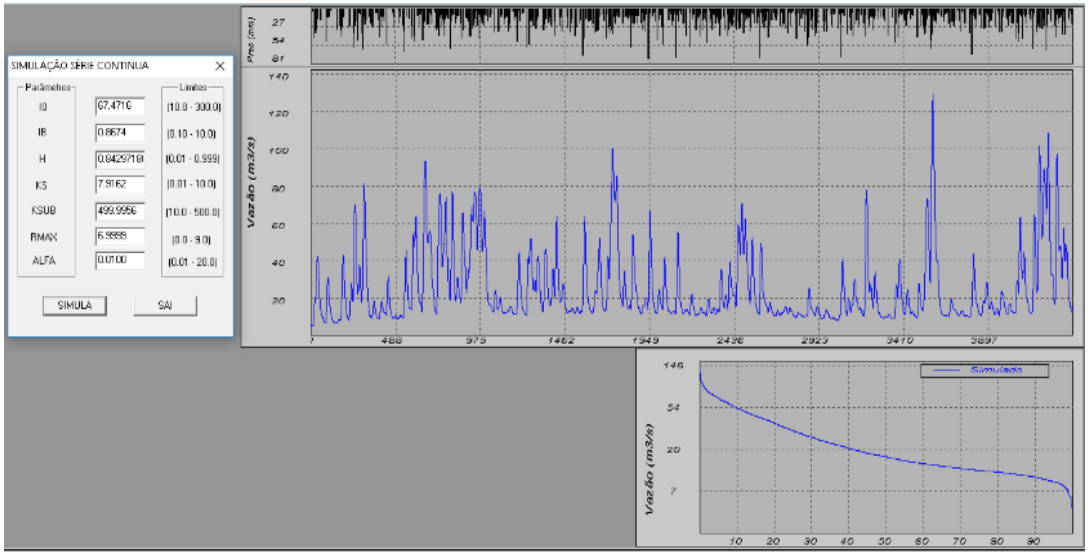


(a) (b)

Fonte: Autora

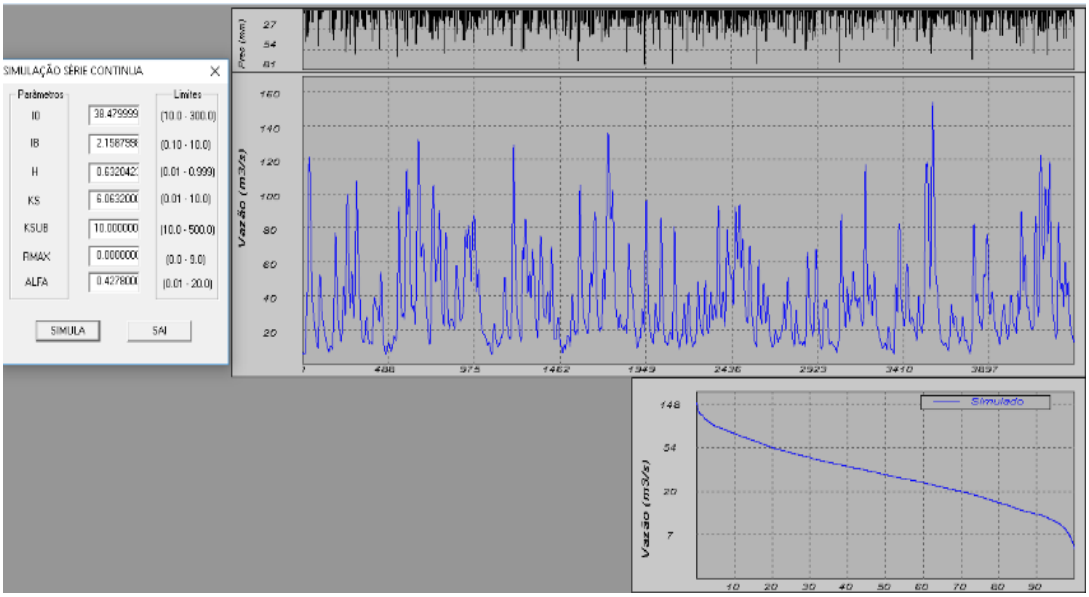
O processo de simulação para estimar a vazão (Figuras 15 e 16) ocorreu no período de 01/01/1996 a 31/12/2007.

Figura 15- Simulação no período de 01/01/1996 a 31/12/2007 da Estação 87399000



Fonte: Autora.

Figura 16- Simulação no período de 01/01/1996 a 31/12/2007 da Estação 87440000



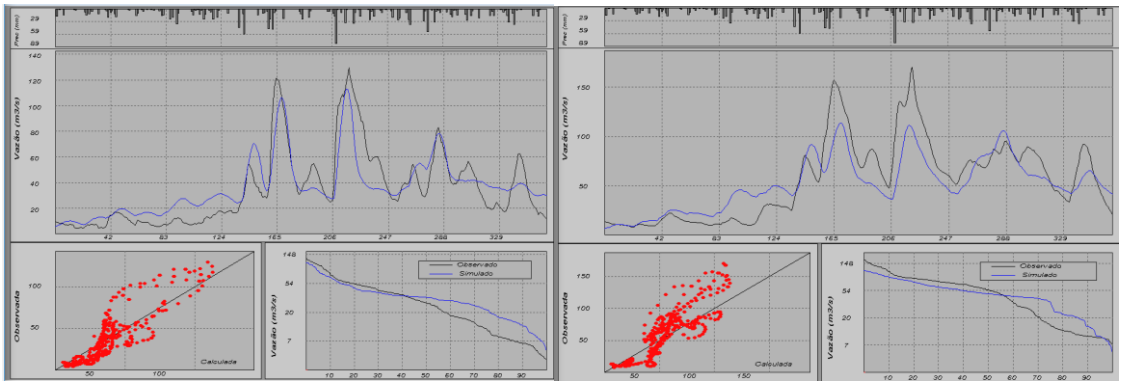
Fonte: Autora.

Por fim, o último período de falhas das estações de vazões é de 26/01/2005 a 13/3/2005. Primeiramente, utilizou-se a estação do INMET e posteriormente a Estação Glorinha. O CHIRPS, permitiu, por não haver falhas, desenvolver uma modelagem em todos os períodos,

não se limitando ao período da falha.

A calibração da Estação do INMET (Figura 17), ocorreu no período de 01/01/2002 a 31/12/2002, e resultou no coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,7633 para a Estação 87399000 e de 0,7075 para a Estação 87440000.

Figura 17- (a) Calibração INMET no ano de 2002 para as falhas da série de vazão de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87399000. (b) Calibração INMET no ano de 2002 para as falhas da série de vazão de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87440000.

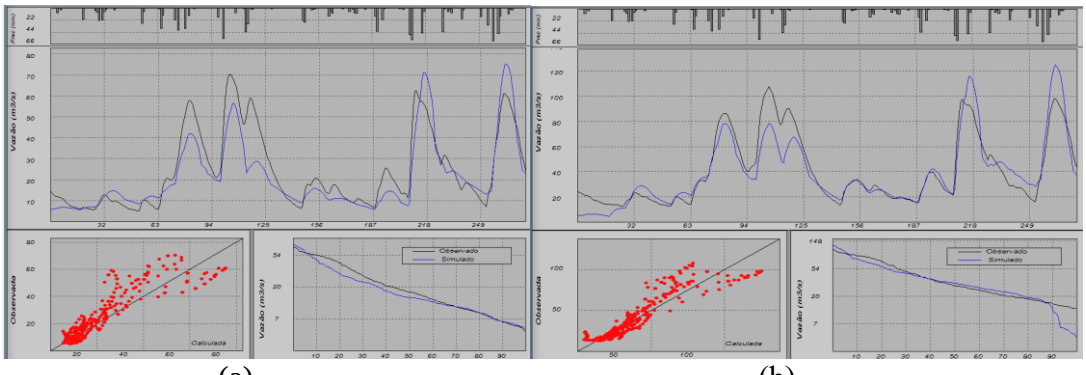


(a) (b)

Fonte: Autora.

O processo de validação (Figura 18) ocorreu no período de 01/04/2003 a 31/12/2003. Justifica-se este pequeno período pelas falhas das estações do INMET. Resultou no coeficiente de Nash-Sutcliffe da Estação de 0,8671 para a Estação 87399000 é de 0,8251 para a Estação 87440000.

Figura 18- (a) Validação do INMET no período de 2003 para as falhas da série de vazão de 26/01/2005 a13/3/2005 da Estação 87399000. (b)Validação do INMET no período de 2003 para as falhas da série de vazão de 26/01/2005 a13/3/2005 da Estação 87440000

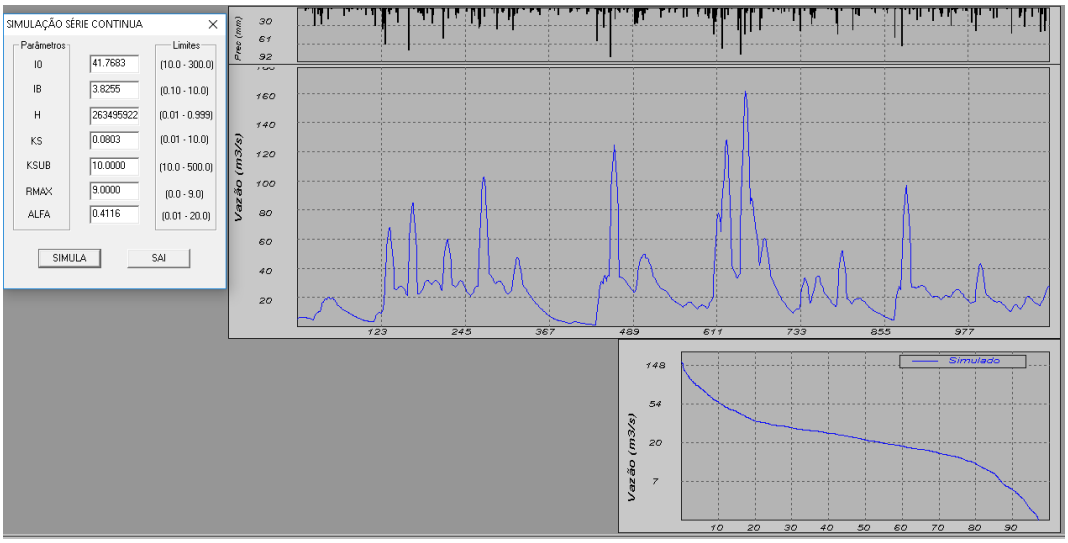


(a) (b)

Fonte: Autora.

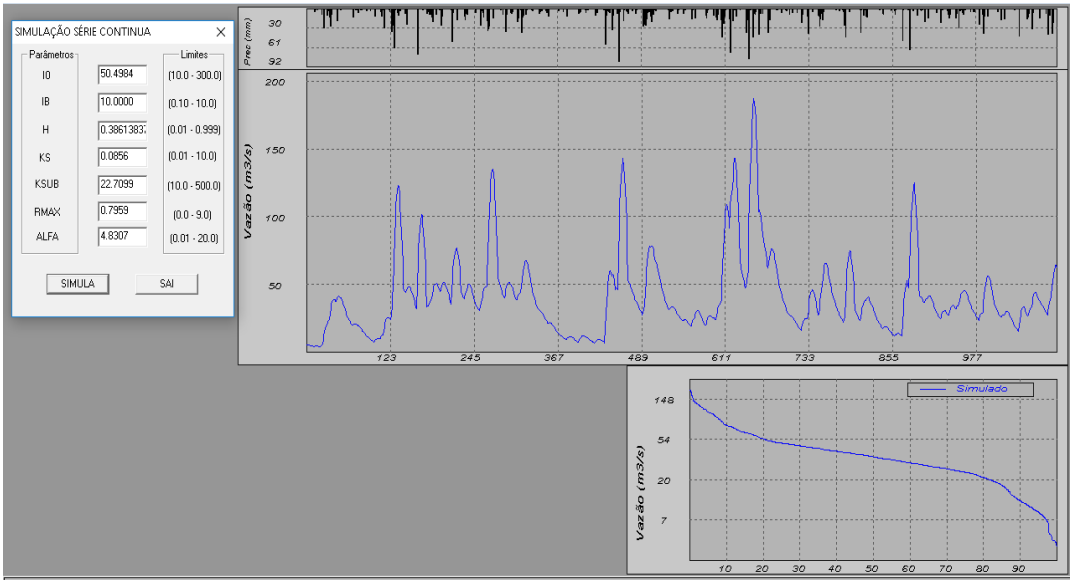
A simulação de vazão (Figura 19 e 20) ocorreu o período de 01/01/2004 a 31/12/2006.

Figura 19 - Simulação no período de 01/01/2004 a 31/12/2006, para a falha de período de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87399000



Fonte: Autora

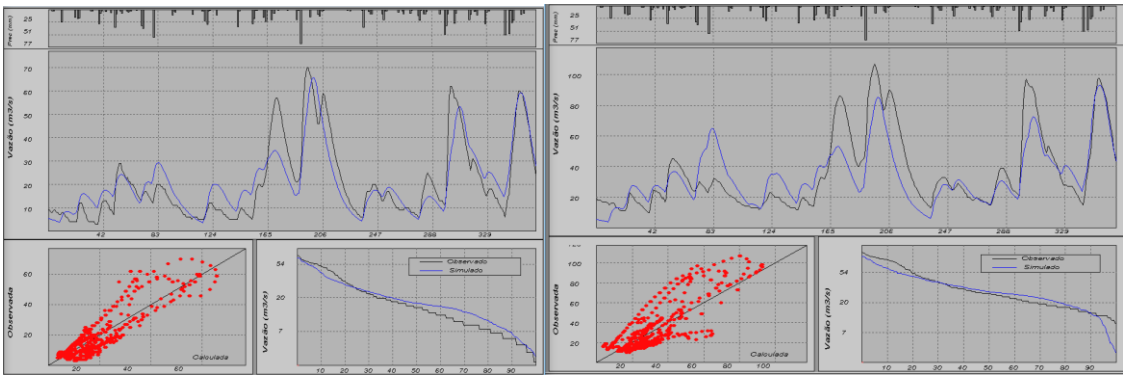
Figura 20 - Simulação no período de 01/01/2004 a 31/12/2006, para a falha de período de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87440000



Fonte: Autora

E por fim, o último preenchimento de falha de vazão (período 26/01/2005 a 13/3/2005), ocorreu pela Estação da Glorinha (Figura 21). O período de calibração ocorreu de 01/01/2003 a 31/12/2003, resultando no coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,7814 para a Estação 87399000 de 0,7019 para a Estação 87440000.

Figura 21- - (a) Calibração da Estação da Glorinha de 2003 para a falha da série de vazões de 26/01/2005 a 13/03/2005 da Estação 87399000. (b) Calibração da Estação da Glorinha de 2003 para a falha da série de vazões de 26/01/2005 a 13/03/2005 da Estação 87440000

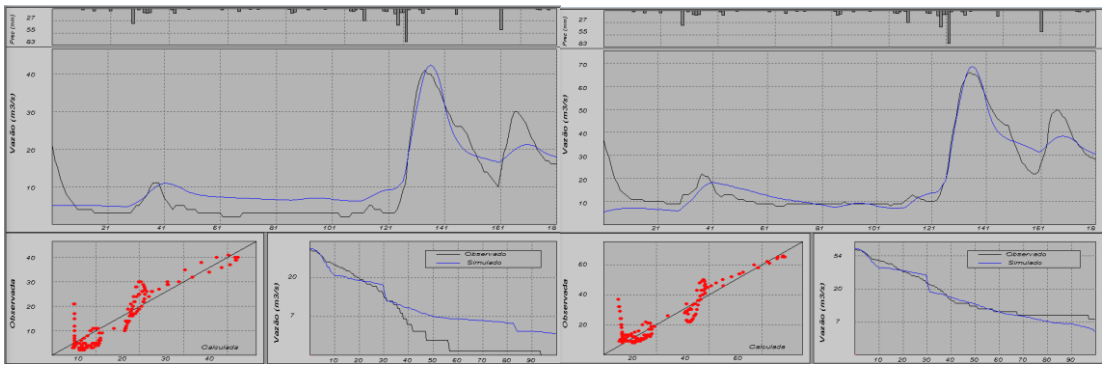


(a) (b)

Fonte: Autora.

O processo de validação (Figura 22) ocorreu no período de 01/01/2004 a 30/06/2004 para as falhas de séries de vazão de 26/01/2005 a 13/03/2005. O coeficiente de Nash-Sutcliffe é de 0,8455 para a Estação 8739900 e de 0,8757 para a Estação 87440000.

Figura 22- (a) Validação da Estação da Glorinha n período de 01/2004 a 06/2004 para a falha da série Estação 87399000. (b) Validação da Estação da Glorinha no período de 01/2004 a 06/2004 para a falha da série Estação 87440000

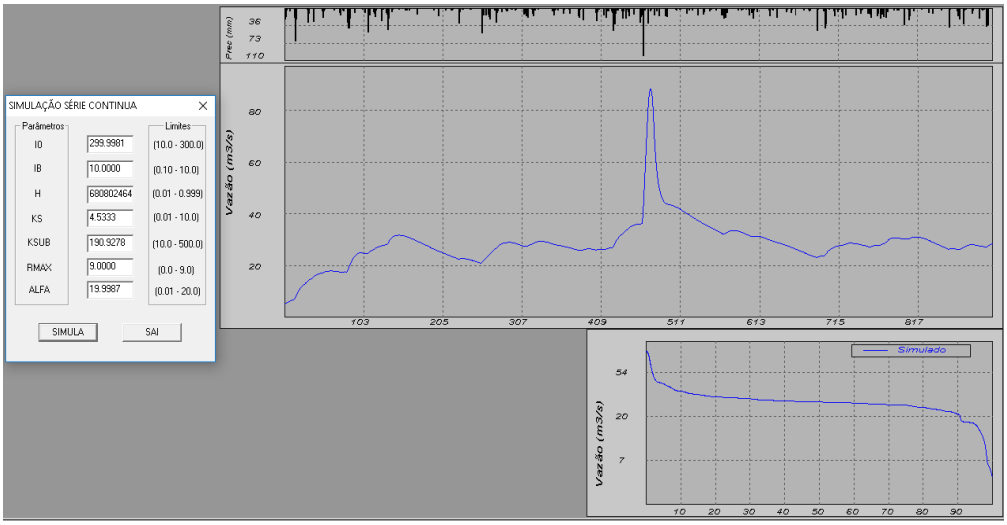


(a) (b)

Fonte: Autora

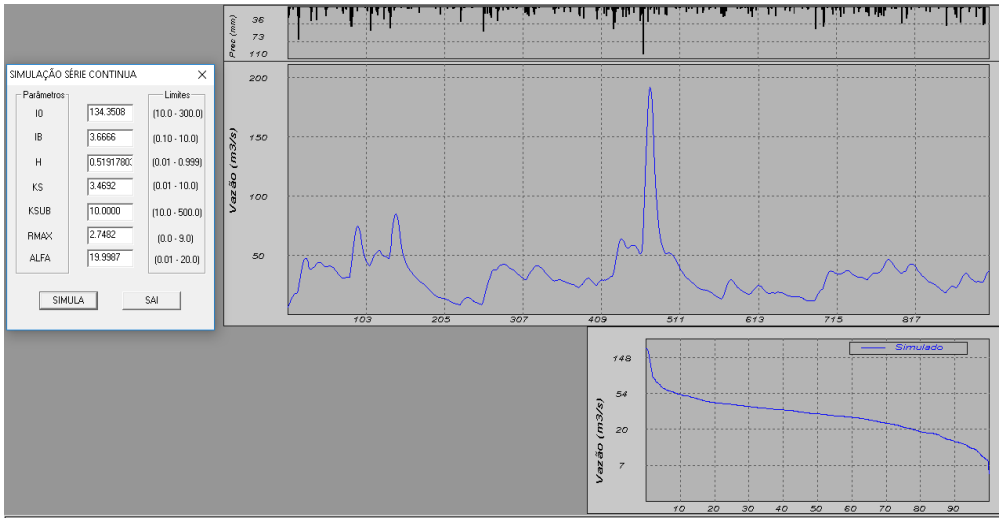
A simulação de vazão (Figuras 23 e 24) ocorreu no período de 01/07/2004 a 31/12/2006.

Figura 23- Simulação no período de 01/07/2004 a 31/12/2006, para a falha de período de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87399000



Fonte: Autora.

Figura 24- Simulação no período de 01/07/2004 a 31/12/2006, para a falha de período de 26/01/2005 a 13/3/2005 da Estação 87399000



Fonte: Autora.

Zhang et al. (2007) salientam que o valor de CNS indica o ajustamento dos dados simulados aos observados. Além disso, Gotschalk et al. (1999) apresentam a seguinte classificação para este coeficiente: CNS = 1 corresponde a um ajuste perfeito; CNS > 0,75 o modelo é considerado adequado e bom; 0,36 < CNS < 0,75 o modelo é considerado aceitável.

Todavia, Zappa (2002) afirma que valores de CNS acima de 0,5 qualificam o modelo para simulação. Além do mais, o autor afirma que a classificação 1 significa dados de ajustes

perfeitos, CNS >0,75 o modelo é adequado e bom e 0,36 < CNS <0,75 é satisfatório e <0,36 não é satisfatório.

A primeira falha foi completada com a estação do INMET, obteve calibração e validação com o coeficiente de Nash-Sutcliffe (CNS), respectivamente, da Estação 87399000: 0,3888 e 0,8863 e da Estação 87440000: 0,7240 e 0,9356.

Na segunda falha, a estação do INMET obteve o CNS para calibração e validação da Estação 87399000 de 0,644 e 0,7957 e da Estação 87440000 de 0,7639 e 0,8953, respectivamente. Na estação Glorinha, a calibração e validação da Estação 87399000 foi de 0,5117 e 0,8309 e da Estação 87440000: 0,7553 e 0,9249.

Os dados de precipitação do CHIRPS obtiveram o CNS para calibração e validação da Estação 87399000: 0,5325 e 0,6611 e da Estação 87440000: 0,7450 e 0,6841. Na terceira falha, a calibração e validação da Estação do INMET teve com resultado na Estação 87399000: 0,7633 e 0,8671 e da Estação 87440000: 0,7075 e 0,8251.

O último preenchimento de falha foi realizado pela Estação Glorinha e nos processos de calibração e validação na Estação 8739900 foi de: 0,7814 e 0,8455 e da Estação 87440000 foi de: 0,7019 e 0,8757, respectivamente.

Desta forma, os melhores resultados, demonstrados pelo CNS, foram encontrados para a Estação 87440000 – Passo das Canoas. As falhas foram preenchidas da seguinte maneira: as falhas de 1963 e 1968 foram calibradas e validadas com a estação de precipitação do INMET. Para as demais falhas foi utilizada a estação Glorinha.

Vale a pena ressaltar, que o WIN_IPH2 é uma ferramenta de preenchimento de falhas de sérias históricas de vazão e possibilitou desenvolver a extensão das séries históricas com base na precipitação para previsão de vazões de projeto. Desta forma, o planejamento e gestão dos recursos hídricos torna-se viável e confiável, quando se tem séries hidrológicas completas (SIMÕES e SANCHEZ, 1986).

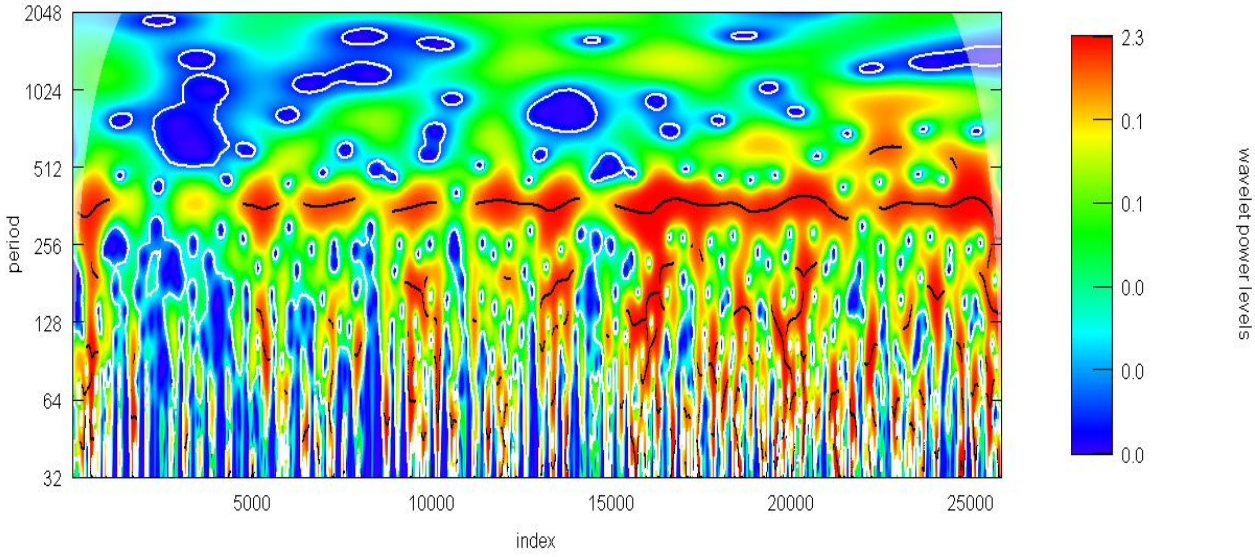
Após foi aplicado o teste de estacionariedade da série hidrológica com preenchimento de falhas e sem preenchimento de falhas da Estação 87440000 – Passo das Canoas. A série com preenchimento resultou não estacionária, significativa para tendência (KPSS *Trend* = 0.25792; *p-value* = 0.01) e não estacionária para nível (KPSS *Level* = 9.2193; p-*value* = 0.01). A série hidrológica sem preenchimento resultou não estacionária para tendência (KPSS *Trend* = 0.42677; *p-value* = 0.01) e não estacionária para nível (KPSS *Level* = 10.012; *p-value* = 0.01).

3.2 Análise de ondaletas

Após o resultado da não estacionariedade da série de vazão da Estação 87440000- Passo das Canoas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, aplicou-se a análise de ondaletas, para melhor interpretação da série hidrológica com o preenchimento de falhas (Figura 25) e sem preenchimento de falhas (Figura 26).

Na sequência, do processo de análise e interpretação da transformada *wavelet* da série hidrológica original, buscou delimitar trechos da série com possível comportamento estacionário.

Figura 25- - Análise de ondaleta da série hidrológica da Estação 87440000 – Passo das Canoas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS, com preenchimento de falhas



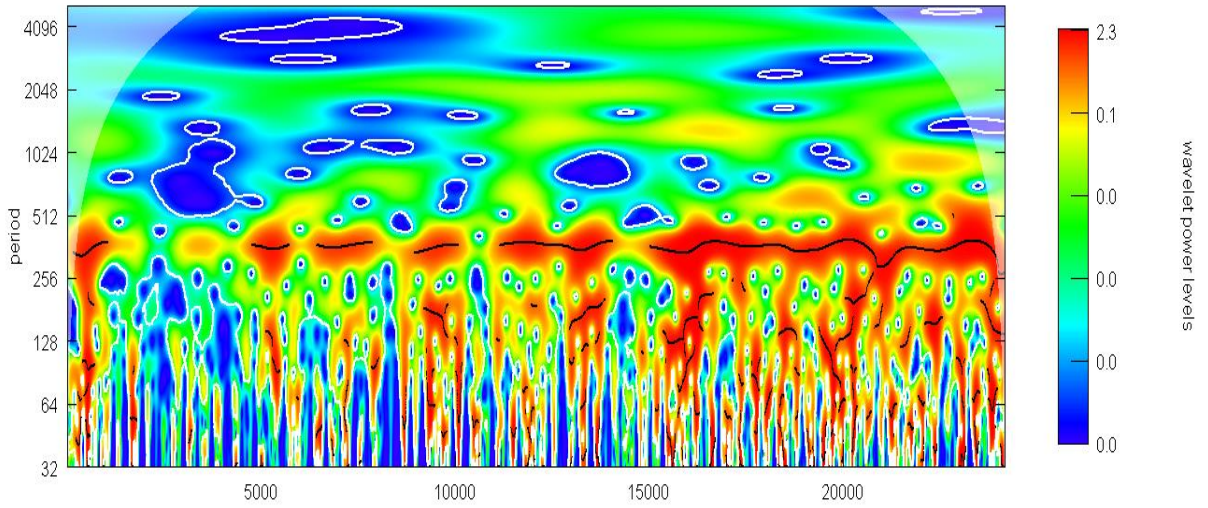
Fonte: Autora.

A análise de ondaletas tem o intuito de manter a localização da frequência no tempo em uma análise de sinal e pode ser decomposto em componentes senoidais. Além do que, resolve problemas de decomposição ou transformação da série temporal unidimensional para bidimensional difusa simultaneamente no domínio tempo/frequência. Desta forma, é possível obter informações da amplitude de sinal periódico dentro da série e como esta varia com o tempo (SANTOS e CUNHA, 2019; MOROTIN, 2014).

O primeiro critério para a segmentação da série original foi encontrar um comportamento equivalente a um processo estacionário na análise *wavelet,* a partir do período, tempo e frequência. Assim, observando-se as figuras 25 e 26, é claro que há mais concentração

de potência ao longo da banda nos períodos de 256 a 512 dias, o que mostra que a série pode ter fragmentos estacionários.

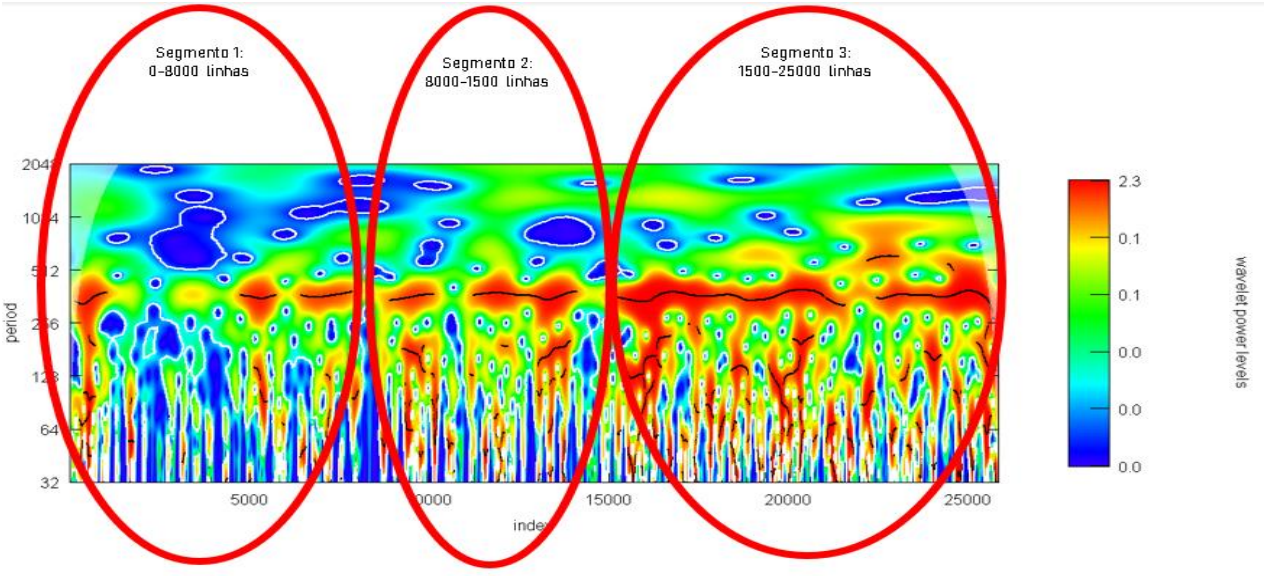
Figura 26- Análise de ondaleta da série hidrológica da Estação 87440000 – Passo das Canoas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS, sem preenchimento de falhas



Fonte: Autora.

As séries hidrológicas com e sem preenchimentos de falhas foram segmentadas em três partes a partir da análise de ondaletas, como por exemplo, na figura 27 a seguir.

Figura 27- Análise holística de segmentação da análise de ondaletas.



Fonte: Autora.

As séries hidrológicas foram segmentada em 3 partes a partir da análise de ondaletas (Figura 27). Foram realizados testes estatísticos (KPSS) para confirmar a estacionariedade. Os resultados demonstraram não estacionariedade para nível e para tendência. O quadro 1, a seguir, exibe os fragmentos da série hidrológica da Estação 87440000 – Passo das Canoas da Bacia do Rio Gravataí/RS com preenchimento de falhas, dividida em três segmentos a partir da análise de ondaletas, para fins de testes de estacionariedade.

Quadro 1 - Fragmentos da série hidrológica com preenchimento de falhas da Estação 87440000 – Passo das Canoas

Fragmentos da série hidrológica com preenchimento de falha	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade de tendência	Valor de probabilidade de nível	Dias
SEGMENTO 1 -7999 dias	0,79562	0,96745	0,01	0,01	7999
SEGMENTO 2 – 7000 dias	0,26879	0,55994	0,01	0,02817	7000
SEGMENTO 3 – 10845 dias	0,20992	0,52305	0,01228	0,03648	10845

Fonte: Autora.

O quadro 2, a seguir, explana os fragmentos da série hidrológica sem preenchimento de falhas da Estação 87440000 – Passo das Canoas da Bacia do Rio Gravataí/RS, dividida em três segmentos a partir da análise de ondaleta, para testes de estacionariedade.

Quadro 2- Fragmentos da série hidrológica sem preenchimento de falhas da Estação 87440000- Passo das Canoas.

Fragmentos da série hidrológica sem preenchimento de falha	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade de tendência	Valor de probabilidade de nível	Dias
SEGMENTO 1 – 7999 dias	0,79562	0,96745	0,01	0,01	7999
SEGMENTO 2 – 7001 dias	0,29874	0,54963	0,01	0,03049	7001
SEGMENTO 3 – 9180 dias	0,20294	0,66789	0,0149	0,01646	9180

Fonte: Autora.

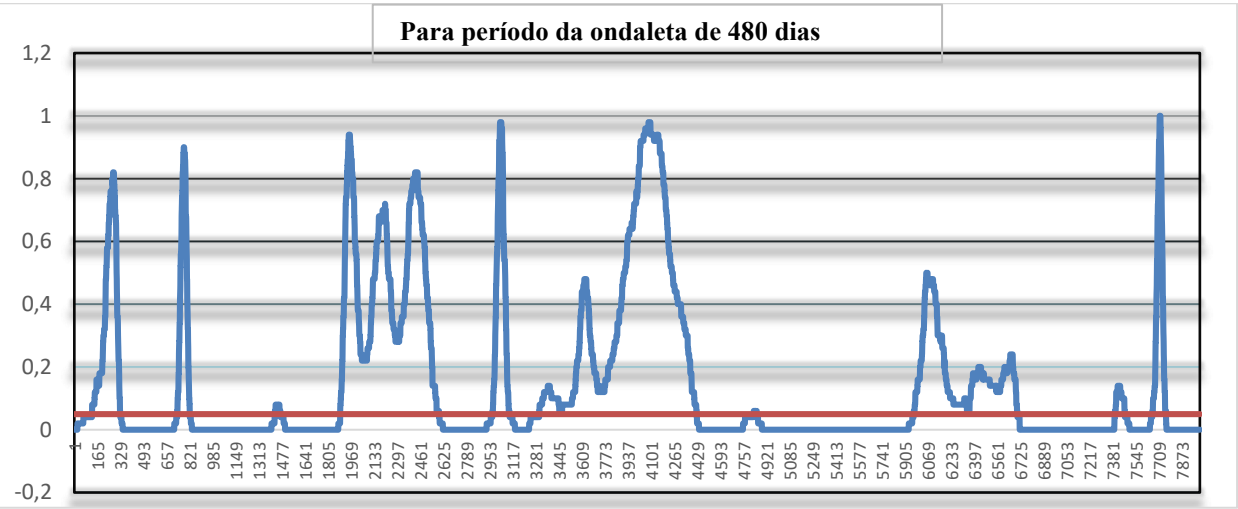
Após esta primeira inquirição, foi necessário fragmentar as três partes (descritas neste artigo como segmentos) selecionadas pela análise de ondaletas, iterativamente, até o ponto de encontrar a estacionariedade da série. Utilizaram-se os períodos de 1.825, 1.460, 1.095, 730, 480, 365, 180, 120, 60 e 30 dias. O período de 480 dias foi escolhido pela concentração de potência entre a banda 256 – 512 dias, de acordo com a análise de ondaletas, os demais períodos foram selecionados com base em ciclos terrestres e estacionalidade.

Para a segmentação, o critério utilizado foi o cruzamento da série temporal de *p-values*

(*Pval*) com a reta que representa o valor crítico de *pval* (*pval* crítico: 0,05), conforme a figura 5. O *p-value* expressa a probabilidade de que a função *power* da análise de ondaletas seja significativamente diferente daquela produzida ao acaso, ao período escolhido. Deste modo, os cruzamentos separam trechos da série temporal, para o período analisado, onde existe uma explicação significativa do período da ondaleta para a variabilidade das vazões dos segmentos de tempo e dos trechos onde a mesma ondaleta não explica de forma significativa esta variabilidade (Apêndice A).

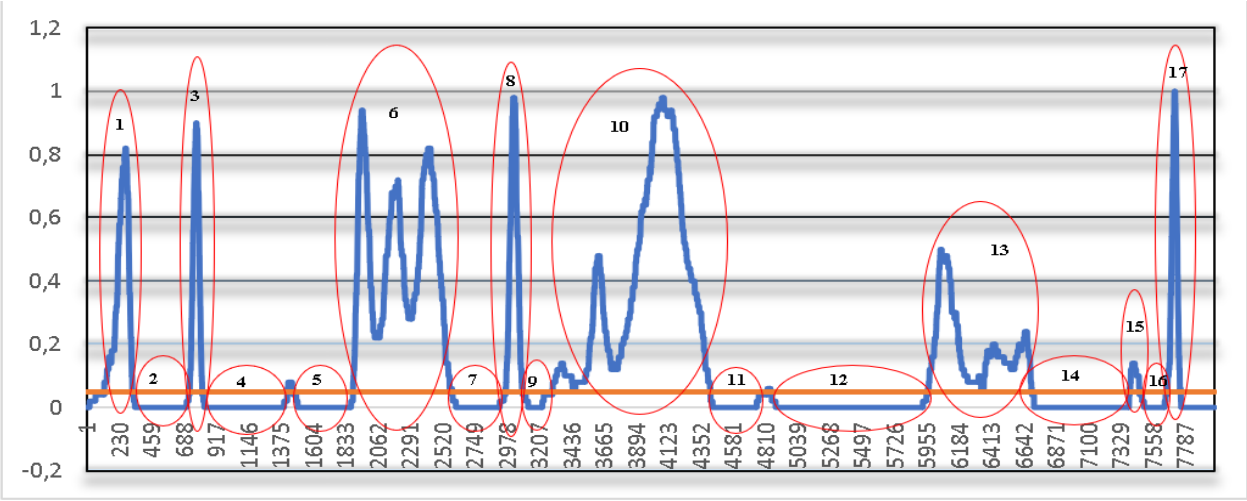
A figura 28 e 29, demonstra um exemplo, do processo de segmentação do período da ondaleta em 480 dias, onde este foi dividido em fragmentos de maior frequência em dias.

Figura 28 - Primeiro segmento da análise de ondaletas no período de 480 dias e probabilidade crítica de 0,05.



Fonte: Autora.

Figura 29- Primeiro segmento da análise de ondaletas no período de probabilidade de 480 dias cortado em 17 fragmentos



Fonte: Autora.

3.3 Análise dos segmentos estacionários das séries hidrológicas com e sem preenchimento de falhas e a curva de frequência de excedência

O processo de fragmentação dos três segmentos da análise de ondaletas atingiu a saturação no período de 1.460 dias (4 anos) na série hidrológica com preenchimento de falhas (Apêndice B). O quadro 3, a seguir, apresenta os fragmentos estacionários da variabilidade de todos os períodos, no comprimento de 25.844 dias da série hidrológica da Estação de 87440000- Passo das Canoas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS.

Quadro 3 - Estação 87440000- Passo das Canoas: Frequências do comportamento estacionário da série hidrológica com preenchimento de falhas

	SÉRIE HIDROLÓGICA COM PREENCHIMENTO DE FALHAS – 25.844 dias					
Período	**∑ de fragmentos estacionários**	**∑ dias tendência**	**Frequência de dias em que o comportamento é estacionário para tendência**	**∑ de fragmentos estacionários**	**∑ dias nível**	**Frequência de dias em que o comportamento é estacionário para nível**
30	26	3454	13,36%	30	4404	8,54%
60	26	3641	14,0884	33	5382	20,8249
120	26	4008	15,50%	19	2531	9,79%
180	20	2970	11,49%	27	4459	13,41%
365	18	3212	12,39%	25	6007	23,24%
480	6	1424	5,55%	10	7541	30,14%
730	5	4158	18,40%	9	4121	15,87%
1.095	0	0	0%	4	6894	26,65%
1.460	0	0	0%	1	333	1,28%
1.825	0	0	0%	0	0	0%

Fonte: Autora.

A série hidrológica com preenchimento saturou-se aos 4 anos (1.460 dias) em uma porcentagem de 1,28% de estacionariedade para nível. A estacionariedade para tendência saturou-se em 2 anos (730 dias) com uma porcentagem de 18,40% (maior porcentagem encontrada). Os fragmentos estacionários para nível apresentaram, para o periodo de 480 dias o valor de 30,14%, o de maior magnitude de toda a série hidrológica.

Segundo Syczewska (2010) a estacionáriedade em torno de um nível tem uma variabilidade de frequência constante. A estacionáriedade para tendência significa afirmar que não há tendência no fragmento, ou seja, há uma média constante, mas não necessariamente uma variabilidade constante. Para maior aprofundamento do teste KPSS, sugere-se a leitura de Kwiatkowski, Phillips e Shin (1992).

O Quadro 4, a seguir, retrata a série hidrológica sem preenchimento de falhas e as frequências de segmentos estacionários (Apêndice C).

Quadro 4- Estação 87440000- Passo das Canoas: Frequências do comportamento estacionaria da série hidrológica sem preenchimento de falhas

	SÉRIE HIDROLÓGICA SEM PREENCHIMENTO DE FALHAS – 24.179 dias					
Período	**∑ de fragmentos estacionários**	**∑ dias tendência**	**Frequência de dias em que o comportamento é estacionário para tendência**	**∑ de fragmentos estacionários**	**∑ dias nível**	**Frequência de dias em que o comportamento é estacionário para nível**
30	9	1944	8,040035%	18	2580	10,67042%
60	18	3159	13,06506%	23	3961	16,38198%
120	16	2539	10,50085%	21	3573	14,77729%
180	18	2523	10,43467%	31	4838	20,0091%
365	18	3551	14,6863%	18	4129	17,0768%
480	6	1614	6,675214%	8	7255	30,00538%
730	2	3684	15,23636%	7	2362	9,768808%
1.095	1	1584	6,551139%	1	1584	6,551139%
1.460	0	0	0%	0	0	0%
1.825	0	0	0%	0	0	0%

Fonte: Autora, 2020.

A série hidrológica sem preenchimento de falhas contém 24.179 dias em um total que deveria ser 25.844 dias, ou seja, 1.665 dias de falhas. A saturação de trechos estacionarios deu em 1.095 dias (3 anos), tanto para estacionariedade de tendência quanto para nível. Destaca-se que houve uma saturação aos 3 anos (1.095 dias), com uma porcentagem de 6,55% de estacionariedade tanto para tendência quanto para nível. A maior frequência de trechos estacionariedade ocorre no período de 730 dias (2 anos). Ou seja, o software WIN_IPH2 não afetou o período de maior estacionariedade para tendência.

Vale a pena mencionar que, com o preenchimento de falhas, houve uma extensão maior de períodos estacionários. Na série com preenchimento de falhas a saturação ocorreu aos 4 anos (1.460 dias) e aos 3 anos (1.095 dias) para a série sem preenchimento de falhas.

Foi encontrado um máximo de 18 fragmentos na série hidrológica sem preenchimento de falhas nos períodos de 60, 180 e 365 dias. Para a série hidrológica com preenchimento encontrou-se um máximo de 26 fragmentos nos períodos de 30, 60 e 120 dias. A série com os preenchimentos apresentou maior quantidade de trechos estacionários e em períodos menores. Os resultados mostram que há um aumento das incertezas decorrentes do processo de preenchimento de falhas, pois resulta em um aumento da frequência de trechos estacionários introduzidos no processo de modelagem, uma vez que o modelo pressupõe a estacionariedade.

A série hidrológica não estacionária, com apenas 4,5 anos de falhas tem um aumento de 18 para 26 fragmentos estacionários em um total de 71 anos de série hidrológica analisada. O grau de incerteza dos métodos tradicionais de preenchimento de falhas aumentou em função do

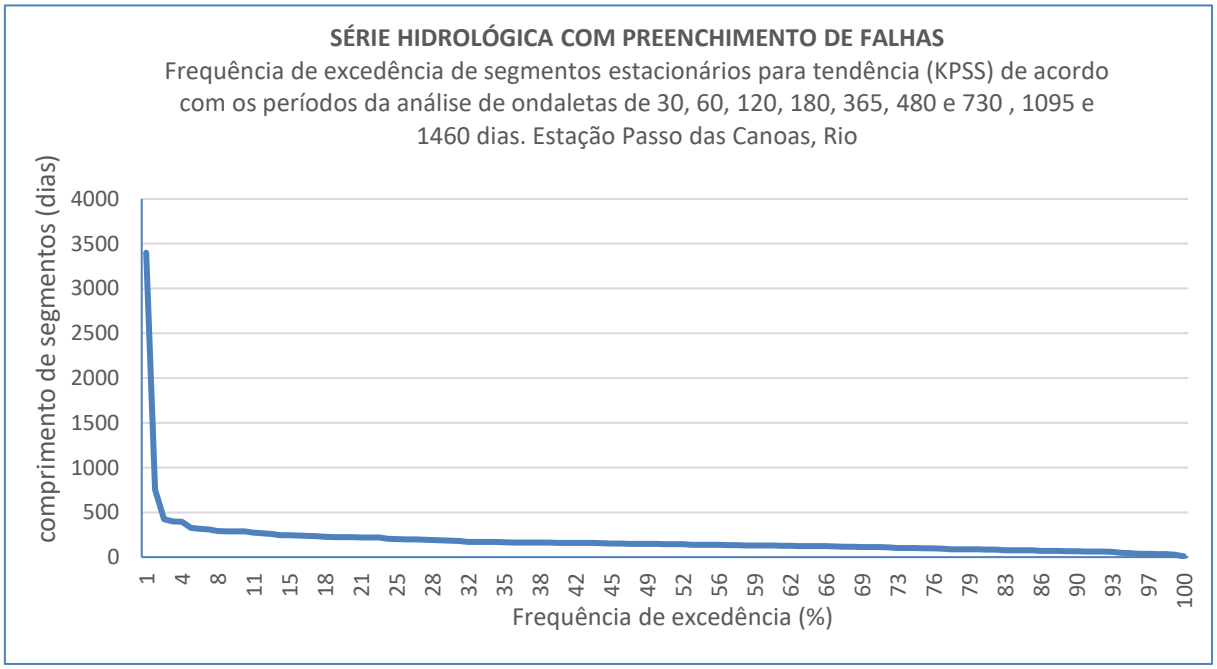
período em que ocorre a saturação (de 3 para 4 anos), “previsibilidade” introduzida artificialmente pelo processo de modelagem.

Além disso, foram calculadas as curvas de permanência de trechos estacionários para tendência e para nível das séries hidrológicas com e sem preenchimento de falhas (Apêndice D e E). A curva de permanência explanada nessa pesquisa representa o comprimento dos segmentos em dias com a porcentagem (frequência excedente) dos trechos estacionários da série para tendência e para nível.

A curva de permanência de estacionariedade para tendência (Figura 30) demonstra a porcentagem do tempo em que ela é superada ou igualada sobre todo o período histórico utilizado para sua construção (trechos estacionários). Os dados utilizados foram dos anos de 1939 a 2010 (25.844 dias) para a série hidrológica com preenchimento de falhas.

A curva de permanência demonstra uma certeza de 95% em segmentos de até 46 dias e, para 90% do tempo, uma certeza que pode ser igualada ou superada em apenas 65 dias de comportamento estacionário. Além disso, demonstra que em 80% do tempo, pode-se afirmar que apenas 86 dias serão estacionários, conforme a figura 30.

Figura 30 - Curva de permanência de trechos estacionários de tendência na série hidrológica com preenchimento de falhas



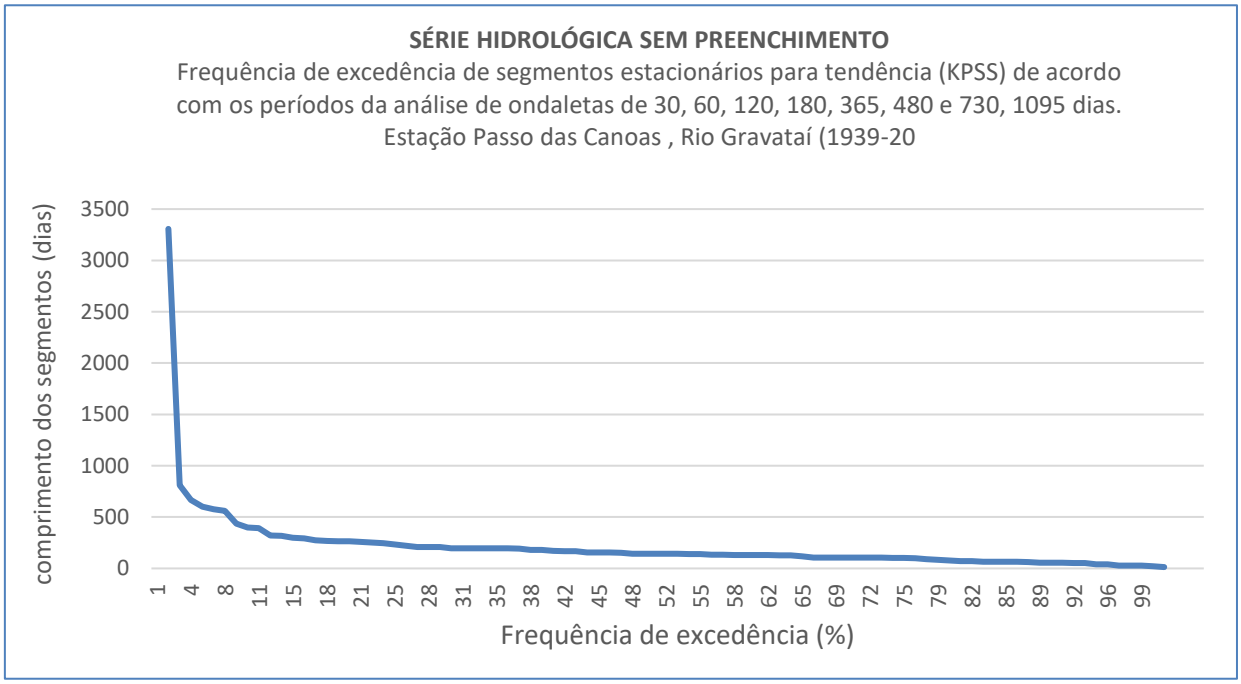
Fonte: Autora.

Já a figura 31, retrata a curva de permanência dos trechos estacionários para tendência com a série hidrológica sem preenchimento de falhas. Os resultados mostram que a certeza de

95% estará em apenas 40 dias, em 90% do tempo em segmentos de até 56 dias estacionários e, 80% do tempo, em 79 dias estacionários.

De fato, a frequência de excedências de fragmentos estacionários para tendência aumentou com o preenchimento de falhas. Com isso, estimasse uma maior estacionariedade em séries hidrológicas com preenchimento de falhas, e tem como consequência uma atenuação da não estacionariedade, criando, uma falsa expectativas no horizonte de planejamento, o que aumenta o risco no processo de tomadas de decisão (conflito entre os pressupostos do modelo e a realidade).

Figura 31- Curva de permanência d e trechos estacionários de tendência na série hidrológica sem preenchimento de falhas

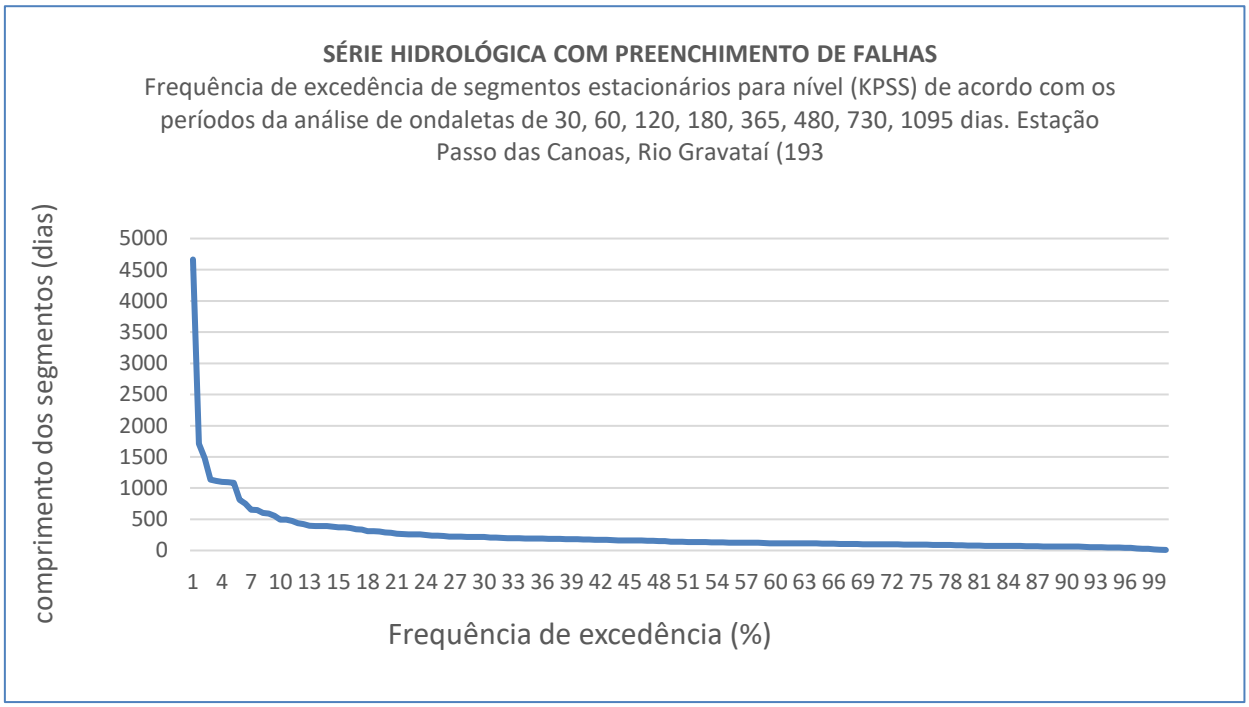


Fonte: Autora.

Pode-se afirmar que o preenchimento de falhas altera a frequência dos segmentos estacionários em dias e períodos, podendo afetar os horizontes de planejamento na gestão de recursos hídricos.

A seguir, é apresentada a curva de frequência de excedência de segmentos estacionários para nível em série hidrológica com preenchimento de falhas (Figura 32). Na estacionariedade para nível, quando comparada com a estacionariedade para tendência, ocorrem mais trechos estacionários. No entanto, estes trechos são de menor tamanho. Assim, para 90% do tempo se tem apenas 62 dias de trechos estacionários e, em 80% do tempo de até 80 dias de estacionariedade.

Figura 32- Curva de permanência de trechos estacionários de nível na série hidrológica com preenchimento de falhas



Fonte: Autora.

A curva de permanência da frequência de excedência de dias estacionários para nível, na série hidrológica sem preenchimento de falhas, teve como resultado que, em 95% do tempo, ocorrem apenas 52 dias estacionários, e em 90% do tempo, a certeza de 65 dias estacionários. Além do mais, a principal diferença da série hidrológica com falhas preenchidas em relação a série sem preenchimento de falhas é o tamanho dos trechos estacionários.

Na curva de permanência da série hidrológica com preenchimento de falhas foi encontrado um valor de 4.664 dias para o maior trecho estacionário (Figura 32), enquanto, que na série sem preenchimento de falhas, Figura 33, a seguir, o maior comprimento de segmento encontrado é de 1.582 dias, ou seja, menos da metade. Observa-se que esta forte alteração no comportamento nas curvas de permanência ocorreu devido ao um preenchimento de falhas de 4,5 anos sobre uma série de 71 anos (6,34% do tempo).

Figura 33- Curva de permanência de trechos estacionários de nível na série hidrológica sem preenchimento de falhas

Fonte: Autora.

Por fim, conclui-se que as séries hidrológicas com preenchimento de falhas tendem a ter maior probabilidade de ocorrência de trechos estacionários. O período de saturação e os tamanhos dos fragmentos estacionários aumentaram devido ao preenchimento das falhas. Desta forma, aumentando os riscos e incertezas na gestão de recursos hídricos.

Além do mais, o preenchimento de falhas é uma técnica importante devido as carências de dados no Brasil. Desta forma, ao se trabalhar com preenchimento de falhas de vazões utilizando modelos hidrológicas que pressupõe a estacionariedade, acaba-se, por consequência, incorporando incertezas e riscos maiores na gestão e horizonte de planejamento. Estes riscos se propagam na aplicação de instrumentos de gestão de recursos como outorga, enquadramento e vazões de projetos entre outros. Além do que, com nível de incerteza alto, torna-se impossível a construção de cenários confiáveis para a gestão hídrica, visto que séries com preenchimento de falhas demonstram uma estacionariedade e/ou previsibilidade que não existe, pois está construindo, através deste preenchimento, uma realidade que não faz parte da série temporal. Há, portanto, incompatibilidade com a segurança dos usuários.

Bacias hidrográficas são sistemas adaptativos que apresentam mudanças de uso de uso

do solo e clima e, por consequência apresentam séries não estacionárias. Deste modo, para que o processo de gestão conviva com este grau de incertezas recomenda-se a construção de uma gestão adaptativa, além de reduções nos horizontes de planejamento hídrico. Dessa forma, é fundamental desenvolver técnicas de preenchimento de falhas para séries não estacionárias e que essas representem a realidade do local.

Com os resultados demonstrados, depara-se com a possibilidade de segmentar a série temporal em trechos estacionários e não estacionários e assim, calcular efetivamente a exatidão de trechos estacionários. Além disso, com a análise de ondaletas é possível estudar o comportamento de um determinado evento e buscar, datas e frequência significativas (RHIF et al., 2019) para uma determinada bacia hidrográfica.

Há pouca representatividade de estacionariedade da série hidrológica da área de estudo. Além disso, demonstrou que não há padrões para tendência ou nível, porém, percebe-se que, até dois meses, há um comportamento de crescimento do percentual de segmentos estacionário para tendência e para nível da série hidrológica estudada.

Vários autores (MOREIRA, 2016; KATZ, 2013; VILLARINI et al., 2009) assumem, como pressuposto, a quantificação de incertezas e a incorporação da não estacionariedade do estudo do comportamento temporal das séries hidrológicas. Moreira (2016) salienta que os métodos convencionais utilizados na quantificação do risco associado à ocorrência de eventos extremos carecem de adequação ou reformulação quando a série hidrológica é não estacionária.

Para maiores certezas e menores riscos na tomada de decisão é necessário um planejamento a curto prazo ou compreender a taxa de mudança da variância da série não estacionária. Coelho et al. (2019) salientam que não há recomendação da melhor abordagem a ser aplicada (SIGEL et al, 2010) e, desta forma, são necessários aprimoramentos e mudanças nas soluções, métodos e na governança estrutural.

No entanto, o nível de incerteza é muito alto e não há relevância para a construção de cenários futuros, visto que é incompatível para a segurança dos usuários. Walker et al. (2013) afirmam que os problemas de planejamento são afetados pelas incertezas sobre um futuro que não pode ser tratado estatisticamente.

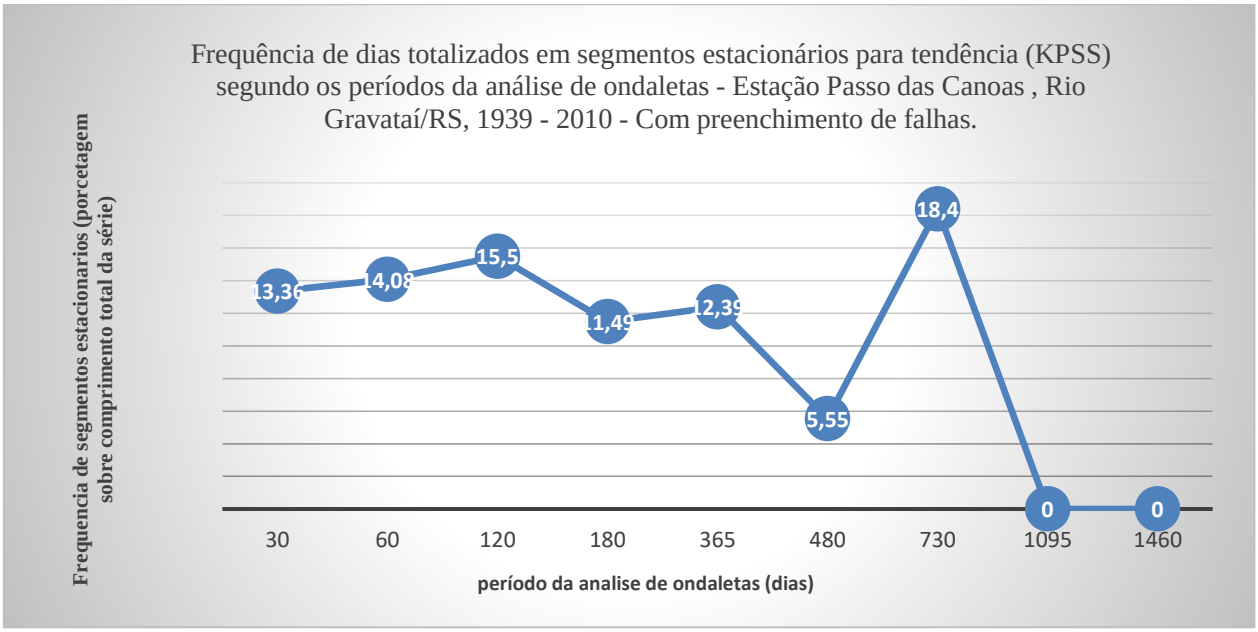
Apesar de encontrar fragmentos estacionários dentro de uma série não estacionária, em diversos períodos da análise de ondaletas, a frequência em dias é menor que 30% de toda a série hidrológica, demonstrando um grau de incerteza alto.

Srivastav e Simonovic (2014) salientam que a incerteza é associada ao comportamento das variáveis naturais e deve ser devidamente considerada através de múltiplas simulações estocásticas. Segundo Coelho et al. (2019) as dificuldades da análise da incerteza dos dados

ambientais devem ser analisadas no contexto estatístico/estocástico e de modelagem nos quais as informações são geradas, no entanto, quando incertezas hidrológicas estão envolvidas, também estão as representatividades espacial e temporal, métodos apropriados e modelos.

Os fragmentos estacionários com segmentos maiores poderiam ser úteis para o planejamento a longo prazo, no entanto é uma previsão de 1% de certeza. Para melhor análise desenvolveu-se um gráfico de frequência em dias por períodos da análise de ondaletas com as probabilidades de estacionariedade para tendência e para nível (Figuras 34 e 35), da série hidrológica da Estação 87440000 com preenchimento de falhas.

Figura 34- Gráfico de frequência de estacionariedade para tendência



Fonte: Autora.

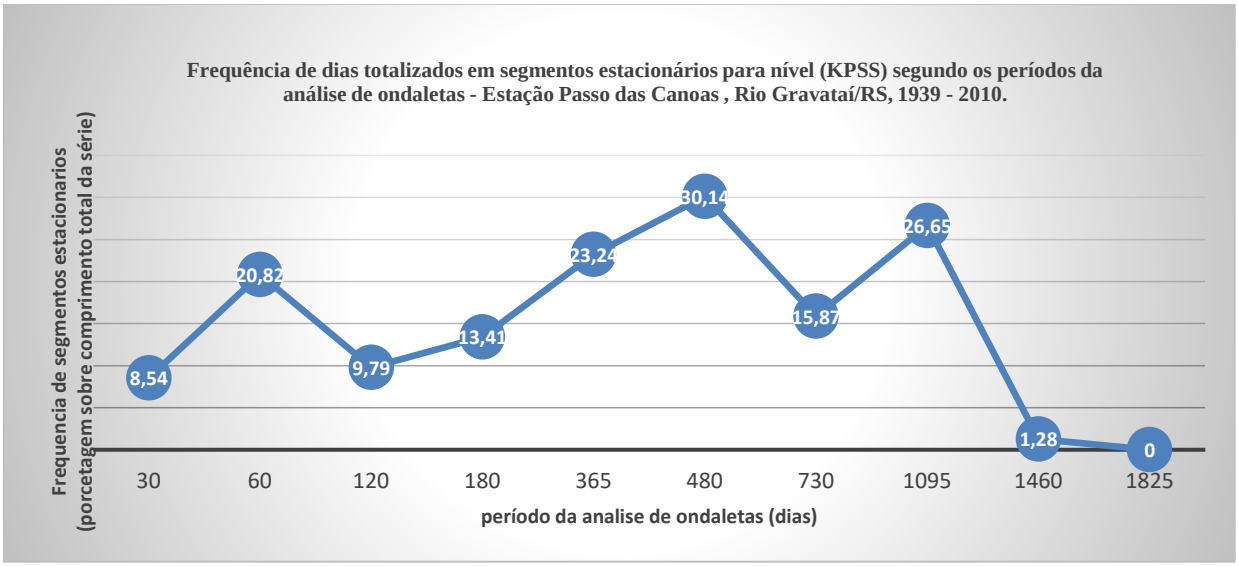
A frequência de dias totalizados em estacionariedade para tendência, demonstra um crescimento nos períodos de 30, 60 e 120 dias, onde estão os melhores resultados para fragmentos estacionários. Porém, são segmentos de baixa permanência, mas de menores riscos para as atuais modelagens, no entanto, ainda é uma probabilidade baixa e com riscos de 80% de falha.

Apesar de todos os riscos e incertezas associados a premissa de estacionariedade, vários autores (MOREIRA 2016; BARTIKO et al., 2017; SANTOS et al., 2016; DETZEL et al., 2018; COELHO et al., 2019), reconhecem que as séries hidrológicas são não estacionárias, mas ainda utilizam métodos baseados no pressuposto da estacionariedade.

Os parâmetros de qualidade e outorga são diretamente dependentes da vazão, e quando há não estacionariedade, a série de vazões pode acarretar falsos parâmetros (HIPEL e MCLEOD, 1994; COELHO et al, 2019). Porém, um estudo realizado por Groppo et al. (2006) enfatizam que, nos parâmetros de qualidade da água, há tendências positivas e negativas e que a remoção das tendências pode acarretar maiores riscos.

A figura 35, a seguir, relaciona todos os períodos e suas porcentagens em dias de estacionariedade para nível. Demonstra-se um crescimento no período de 120 dias e um decréscimo no período de 480 dias. Após estes períodos, demonstrou um comportamento não linear, com três picos que ocorreram em 60, 480 e 1.095dias, sendo que 1.825 dias não ocorrem mais fragmentos estacionários.

Figura 35- Gráfico de frequência de estacionaridade para nível



Fonte: Autora.

Além do mais, os fragmentos estacionários de probabilidades para nível e para tendência se comportam de maneiras diferentes, não há padrão entre os trechos estacionários. No período de 120 dias, há um crescimento de fragmentos estacionários para nível e um decrescimento em fragmentos estacionários para tendência (KWIATKOWSKI et al, 1992).

Os estados meta-estáveis da série hidrológica estão em períodos muito curtos e apresentam um percentual baixo de certeza. Salienta-se que, em períodos maiores que 3 anos, fragmentos estacionários para tendências são inexistentes, mas para nível esta inexistência inicia-se após 5 anos (1825 dias).

Perante tais resultados, apesar de haver alguma frequência de períodos estacionários de até 2 anos para tendência e 4 anos para nível, o risco associado é muito grande, pois a frequência de dias estacionários para estes períodos é muito baixa.

Além disso, vale destacar que o conhecimento de variáveis hidrológicas e séries temporais, que definem o comportamento hidrológico de um rio, viabiliza uma série de projetos como estudos de disponibilidades hídricas, de aproveitamentos hidroenergéticos, obras hidráulicas de condução, desvio e de controle de cheias, entre outros (PINHEIRO e NAGHETTINI, 2010).

Para avaliar essas informações é necessário proceder as técnicas como curva de permanência, por exemplo. A série hidrológica em estudo contém 25.844 dias (Estação completa, com preenchimento de falhas), ou seja, são 71 anos de dados de vazão diária. Significa afirmar que pressupor a estacionariedade frente no planejamento hídrico de uma bacia que apresenta mudanças de uso e ocupação do solo, resulta em maiores incertezas, riscos e inseguranças para a aplicação de instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Batista et al. (2016) afirmam que o clima é considerado naturalmente estável dentro de um cenário centenal e as séries mais longas (acima de 100 anos de observação) têm se mostrado não estacionárias, devido à variabilidade e modificação climática, esta última, associada ao uso do solo. O autor ainda retrata que no século XX houve um avanço nas técnicas baseadas nos princípios de que as séries históricas não variam com o tempo (admitindo-se a estacionariedade).

Contudo, utilizar testes estatísticos com pouca sensibilidade para a não estacionariedade é em processo de riscos imprevisíveis, ainda mais em mudanças bruscas de uso do solo. Plosser e Schwert (1978) afirmam que apesar da estacionariedade ser alcançada pela diferenciação, nem sempre é uma solução satisfatória. Além do que, em muitos casos, o que importa são as relações entre as variáveis em nível, o que seria perdido se as séries fossem diferenciadas. Desta forma, a maior crítica de natureza estocástica é a omissão de defasagens distribuídas, permitindo que os ajustamentos de longo tempo sejam estabelecidos (COELHO, et al., 2017).

Franses e Haldrup (1994) revelam que o teste ADF é muito sensível a presença de valores atípico, neste caso, utilizam-se o teste KPSS (KWIATKOWSKI, et al. 1992). A vantagem deste teste resulta da falta de potência dos testes convencionais, ou seja, tendem a não rejeitar a hipótese nula com demasiada frequência. Além do que, o teste ADF não consegue capturar tendências e níveis, pois já existe como premissa básica o fator determinístico, estocástico e homogêneo.

A figura 30, apresenta a curva de permanência para estacionariedade de tendência.

Observa-se que em segmentos de até 9 dias, pode-se ter 100% de certeza da ocorrência de estacionariedade, e em 1% em segmentos de até 3.399 dias. Geralmente a vazão de referência para outorga é aquela que ocorre em 95% do tempo (Q95). Destaca-se que os instrumentos de outorga são aplicados em até 95% do tempo da vazão, ou seja, pode-se estimar em até 46 dias de certeza de ocorrência de estacionariedade.

No Plano de Bacia do Gravataí, por exemplo, a Q95, baseia-se no pressuposto de estacionariedade em uma série de 71 anos. De acordo coma legislação do Rio Grande do Sul, as outorgas podem ser concedidas entre 5 a 10 anos dependendo da natureza do outorgado (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

Há por tanto uma incongruência, entre o máximo horizonte possível de ser extrapolado, com base na permanência de trechos estacionários. Mas destaca-se que na Política Nacional dos Recursos Hídricos os horizontes de planejamento são maiores, descritos em seu Art. 16, onde "toda outorga de direitos de uso de recursos hídricos far-se-á por prazo não excedente a trinta e cinco anos, renovável" (BRASIIL, 1997).

A partir de uma pesquisa documental, foi construído um quadro (Quadro 5), referente as disponibilidades hídricas e os modelos hidrológicos que pressupõem a estacionariedade, além das leis que preconizam os horizontes de planejamento de outorga.

Quadro 5 - Documentos referentes a disponibilidade hídricas que utilizam modelos estacionários

Documentos	Política Nacional dos Recursos Hídricos – 1997	Política Estadual dos Recursos Hídricos – 1994	Modelo Hidrológicos utilizados	Pressuposto de Estacionariedade
Plano de Bacia do Rio Gravataí	outorga de direitos de uso - não excedente a 35 anos, renovável.	outorga pelo prazo máximo de 5 anos e concessões máximo de 10 anos.	- Método SCS - Distribuição Gumbel - Modelo HEC-HMS	SIM
Plano de Bacia do Rio Taquari-Antas	outorga de direitos de uso - não excedente a 35 anos, renovável.	outorga pelo prazo máximo de 5 anos e concessões máximo de 10 anos.	- Distribuição Gumbel - Distribuição Weibull	SIM

Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos -ANA	outorga de direitos de uso - não excedente a 35 anos, renovável.	-	- Distribuição Exponencial - Distribuição de Gumbel, -Teste Kolmogorov Smirnov -Distribuição Weibull de dois parâmetros	SIM
Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 a 2020	outorga de direitos de uso - não excedente a 35 anos, renovável	-	- Distribuição Gumbel	SIM
Nota Técnica n.º 100/2006/GEREG/SOF-ANA - Disponibilidade hídrica para os aproveitamentos hidrelétricos	outorga de direitos de uso - não excedente a 35 anos, renovável.	-	- Distribuição Gumbel -Exponencial de dois parâmetros.	SIM
Nota Técnica n.º 77/2013/GEREG/SRE-ANA - Disponibilidade Hídrica para o aproveitamento hidrelétrico	outorga de direitos de uso - não excedente a 35 anos, renovável.	-	- Distribuição Gumbel	SIM

Fonte**:** Autora.

O quadro 5 corresponde a documentos, notas e planos de exemplos de disponibilidades hídricas que utilizaram métodos com pressuposto de estacionários. Ou seja, presumiram uma estacionariedade e homogeneidade nas séries temporais.

No Plano de Bacias do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiaí, foram relatadas tendências nas séries hidrológicas, mas pela discrepância entre as bacias, foi descartada a possibilidade de tendência positiva ou negativa uniforme. Afirmaram existirem tendências e variações no Sistema Cantareira, apenas. No entanto, Stephens e Johnson (2019) salientam que essas tendências removidas podem acarretar probabilidades de maiores riscos e incertezas.

A utilização de modelos hidrológicos que pressupõe a estacionariedade em processos de mudanças, pode acarretar problemas nas outorgas e disponibilidades hídricas? Quais padrões

nos resultados até aqui apresentados podem permitir reduzir as incertezas para elaboração de cenários futuros? Os resultados efetivamente demonstram que as disponibilidades de água para outorgas e enquadramentos apresentam 100% de certeza para uma efetiva gestão para um prazo de projeção de apenas uma semana.

As previsões meteorológicas desenvolveram certezas para eventos de apenas duas semanas, ou seja, o manejo é em escala temporal pequena (poucos dias). Há diversos modelos de previsões de precipitação, tempo, chuvas de até três dias de antecedência (SILVA e FISCH, 2014; RAMOS et al., 2013).

O modelo ETA (CHOU, 1996), por exemplo, tem sido utilizado para estudos de diferentes fenômenos meteorológicos como, por exemplo: jatos de baixos níveis trocas de massas de ar (SAULO et al., 2000) entre outros. Para previsões meteorológicas sazonais, isto é, de até 120 dias de antecedência, há previsões com certo nível de certeza, no entanto, crescem as incertezas com o prazo da integração do modelo (VIEIRA JUNIOR et al, 2009). Vale a pena destacar que se iniciaram as discussões sobre não estacionariedade entre meteorologistas devido às mudanças climáticas. O desafio, neste quadro é desenvolver estratégias de gestão que incorporem as incertezas e as mudanças em prazos curtos. O que nos remete ao um manejo adaptativo (HOLLING, 1978 ; WALTERS, 1986) como solução para bacias hidrográficas com séries hidrológicas não estacionárias.

Os instrumentos legais, portarias, plano de bacias, normas, todos planejam em escalas temporais longas e pressupõem uma estacionariedade que não existe mais (MILLY et al. 2008) ou, pelo menos, partem do pressuposto que não há mudanças antrópicas significativas.

Contudo, os padrões, até aqui apresentados, demonstram que é necessário reduzir as incertezas para a elaboração de cenários futuros ou, até mesmo, desenvolver técnicas de planejamento de até 4 anos, onde ainda há resquícios de estacionariedade da série hidrológica. Silva et al. (2019) apresentam que a demanda da sociedade por água em qualidade e quantidade adequadas configuram o urgente tema da segurança hídrica.

Desta maneira, a garantia do acesso sustentável aos recursos hídricos, com quantidade e qualidades adequadas e a segurança contra poluição e desastres, deve andar junto com a estabilidade política (UN-WATER, 2013). A seguridade hídrica entra em conjunto com a segurança alimentar, ambiental, econômica e social, e deve ser pautada a gestão de incertezas e adaptação dos riscos dos sistemas dos recursos hídricos.

Silva et al. (2019) retratam que deve-se avaliar a vulnerabilidade do sistema hídrico e a proposição de modelos de gestão integrada das águas, além de frequência de falhas das demandas, requeridas juntamente com a curva de permanência, onde a capacidade de transporte

de águas em canais, cotas de reservatórios (cota mínima), possam categorizar volumes máximos e mínimos e suas incertezas hidrológicas.

Um dos problemas nesta proposição, é que a curva de permanência, tal como é utilizada normalmente, ou seja, sobre a série temporal inteira, pressupõe a estacionariedade. Uma das possíveis soluções é utilizar curva de permanecia por trechos, buscando avaliar as mudanças na curva provocadas pelas alterações no uso da terra e ou mudanças climáticas.

Há diversos estudos, como por exemplo de Stephens e Johnson (2019) que investigam estratégias para melhorar o desempenho de modelos hidrológicos utilizando a mudança do clima. No entanto, concluíram que em períodos chuvosos ou secos puderam utilizar calibração climática semelhantes. Mas, o uso de calibração climática poderia melhorar a capacidade preditiva, especialmente em condições de teste, mas isso varia para cada bacia hidrográfica, e sugere que a não estacionariedade pode ser capturada em diferentes parâmetros, e poderiam realizar melhorias confiáveis com estruturas de modelo fisicamente mais realistas.

No entanto, como os resultados deste trabalho demonstram que o componente não estacionário opera a série como um todo, e os segmentos estacionários são de ocorrência estocástica, não é possível prever, a não ser como probabilidade, qual comportamento hidrológico será esperado, nos próximos meses ou anos, porque o sistema está em permanente mudança. Desta maneira, a modelagem determinística provavelmente não resultará em um processo de gestão adaptativa. O investimento numa rede de monitoramento com resoluções espacial e temporal adequadas com sistemas interligados em uma estrutura de gestão que interligue gestores e usuários de forma efetiva, que permitam uma avaliação de incertezas e riscos em horizontes temporais compatíveis com a decisões de cada ciclo de produção, pode ser uma forma de implementação da abordagem do manejo adaptativo.

Os Planos de Bacias Hidrográficas atuais têm horizontes de planejamento muito longos, devido à complexidade das bacias hidrográficas e suas séries históricas não estacionárias. A Resolução 145 de 2012 (BRASIL, 2012a) dispõe de diretrizes para os Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. No seu art. 14º, coloca a sustentabilidade hídrica e operacional das intervenções previstas e, em seu art. 15º, estabelece que a periodicidade da revisão do plano deverá ser estabelecida com as especificidades da bacia.

No entanto, ainda são utilizadas metodologias estacionárias, homogêneas nas séries históricas, mesmo com mudanças bruscas de manejo do uso do solo (SILVA 2017). A resolução 145 de 2012 ainda determina que o prognóstico do plano de bacias deve ser a partir da avaliação das demandas e disponibilidades hídricas, além do balanço entre disponibilidades e identificação de conflitos potenciais nos cenários futuros.

A resolução 141 de 2012 (BRASIL, 2012b) estabelece que a autoridade outorgante deve observar os períodos de disponibilidade hídrica ao longo do ano. No entanto, a resolução 16 de 2001 (BRASIL, 2001) estabelece que a outorga poderá ter prazo máximo de 35 anos e, para outorga preventiva de empreendimentos complexos, de até três anos.

É necessário desenvolver cenários futuros e diretrizes de outorga com as reais disponibilidades hídricas, além de metodologias de gestão. Desta forma, Coelho et al. (2019) afirmam que a incerteza deve ser avaliada a partir de medições repetidas e outros métodos não estatísticos, como por exemplo, julgamento de especialistas.

Sugere-se a utilização de técnicas de não estacionariedade no planejamento hídrico, além de estudos de comportamento de variância ao longo do tempo em séries hidrológicas. Novos estudos sobre a não estacionariedade devem ser abordados, visto que há mudanças das bacias hidrográficas, porém, ainda se utilizam métodos que pressupõe a estacionariedade.

Vale a pena salientar que estudos relacionados com as incertezas hidrológicas demonstram que a incerteza relacionada à representatividade das séries temporais dos recursos hídricos é a mais importante para a detecção de padrões de variabilidade (COELHO et al., 2019). Desta forma, utilizar o uso da estrutura de incerteza do GUM[2] (JCGM / WG1, 2008) e estimativas de incertezas parece ser razoável (MCMILLAN et al., 2012).

Diversos autores recomendam pesquisa considerando as correlações espaciais, temporais e impactos dessas considerações em um contexto estocástico das séries temporais (COELHO et al., 2019; COZ, 2012; MCMILLAN et al., 2012; DEVAA et al., 2019).

Por fim, ao desenvolver índices alternativos, a não estacionariedade com os impactos antropogênicos devem ser adequadamente considerados, além das referentes mudanças na bacia hidrográfica.

3.4 Risco e Incertezas

Moreira (2016) define risco como uma medida atribuída à probabilidade de falhas e da extensão dos danos associados. Assim é o produto da probabilidade de ocorrência de um evento que venha a superar um determinado valor projetado pelos danos potenciais totais.

Desta forma, os modelos hidrológicos determinísticos já são aplicados para as tomadas de decisões e suas incertezas já são associadas. A incerteza total desse modelo é a combinação

2 Guide to the expression of uncertainty in measurement - Guia para a expressão de incerteza na medição.

de incerteza de entrada propagada, erros estruturais, incerteza dos parâmetros, erros de observação de dados primários (BÁRDOSSY e DAS, 2008; KUCZERA e FRANKS, 2002).

JCGM/WG1 2009 apud Coelho et al. (2019) salientam que a estrutura da incerteza pode não ser satisfatória quando as distribuições de quantidade de entradas e saídas são assimétricas, ou não são uma distribuição gaussiana (princípio basilar da estacionariedade), a função não é linear e as incertezas não são da mesma magnitude.

Além disso, os autores destacam que as dificuldades de análise de incertezas dos dados ambientais devem ser investigadas em um contexto estatístico e estocásticos. Além disso, é necessário interpretar dados, captar os efeitos das variabilidades, entender as limitações e necessidades dos programas de monitoramento e métodos estatísticos (NDIONE et al. 2017).

Justificando o contexto acima mencionado, os modelos estocásticos são empíricos, baseados somente nos dados de entrada do modelo e cujas variáveis seguem as leis estatísticas ali descritas. Desta forma, consideram como se fossem caixas pretas, onde os parâmetros não são determinados pelo modelador, mas sim por sua formulação (MANZIONE, 2014).

Além do que, os problemas de interpretação de dados originados pela falta de ferramentas e técnicas preditivas, falta de experiência dos usuários, contribuem para fracasso na construção do consenso sobre a carência por ações de gestão dos recursos hídricos (NOURANI et al. 2011).

Deeva et al. (2019) e Li et al. (2019) discutem, em suas pesquisas, que a solução mais confiável para diminuir os riscos ambientais é utilizar um conjunto de dados climáticos de longo prazo. Visto que os padrões climáticos têm fortes associações com a precipitação. No entanto, diversos autores (BLAIN, 2011; LIMA e LALL, 2008) demonstram que as séries temporais climáticas são não estacionárias. Neste trabalho também se identificou que o horizonte de previsão segura é de curto prazo, tendo em vista a permanência de segmentos estacionários portanto, está proposta provavelmente não resultados em ferramentas úteis para uma estratégia de manejo adaptativo.

Coelho et al. (2019) e Wang et al. (2015) apontam que o clima pode ser uma das principais causas da não estacionaridade do fluxo na bacia, assim, é razoável inferir que a mudança climática, que é um dos fatores dominantes que causam a não estacionariedade em variáveis hidrológicas (precipitação, vazão e seca), precisem de novos estudos que afirmem que há riscos nos planos, tomada de decisão e normas pré-estabelecidas, para que assim, não haja mais equívocos.

Wang et al. (2015) afirmam que há fortes evidências para indicar uma relação monotônica significativa entre fluxo/seca e clima. Contudo, a não estacionaridade nas

observações de longo prazo não podem ser ignoradas em um ambiente com mudanças, que, até certo ponto, se torna o principal obstáculo à validade e utilidade dos índices tradicionais (COELHO et al., 2019; DEEVA et al., 2019).

Com as mudanças climáticas, modificações do uso do solo e séries não estacionárias, há um aumento de incerteza e, por consequência, ineficácia dos instrumentos de gestão e riscos nas tomadas decisões (DEEVA et al., 2019; LI e LIAO., 2019; WANG et al., 2015).

Desta forma, umas das alternativas para desenvolver uma gestão de riscos, apesar de ser um processo complexo, é um planejamento que envolva a intervenção e organização de estratégias apropriadas para o controle de danos potenciais associados à ocorrência de determinados eventos (MOREIRA, 2016).

Para uma gestão integrada é necessário compreender a taxa com que muda a variância de uma série temporal não estacionária (existe algum padrão na mudança da variação ao longo da série temporal não estacionária?). Anteriormente os métodos utilizados para verificar a homogeneidade e homocedasticidade para séries temporais eram incapazes de demonstrar na maioria dos casos a presença de alterações significativas na variância ao longo do tempo, por exemplo teste t ou KS (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Desta maneira as tomadas de decisões consistiam em escolher os melhores critérios estabelecidos com base nas probabilidades de não atendimento das demandas. Segundo Freitas et al. (2010), o quadro de incertezas ainda era agravado pela quantidade de variáveis e imprecisões contidas nas descrições específicas do sistema.

Contudo, as variações observadas em eventos extremos de clima e tempo (secas e cheias extremas) estão aumentando. Estes eventos extremos, nos últimos anos, estão mais frequentes e apresentando maior amplitude e intensidade. O conhecimento dos padrões dessas mudanças pode auxiliar na melhoria das estimativas de incertezas no processo de previsão e/ou construção de cenários. No contexto de estudos de secas hidrológicas, em condições não estacionárias, Deeva et al (2019) propuseram a necessidade de melhorias nos índices e monitoramento adequado. Esta ideia pode ser generalizada para todos os eventos extremos e uma série não estacionária.

Coles (2001) afirma que diante da ausência de uma teoria geral assintótica de valores extremos sob não-estacionariedade, é possível utilizar algumas técnicas de distribuição de Gumbel não-estacionária, ou que incorporem a não estacionariedade como método gradex sob não-estacionariedade (NAGHETTINI et al., 2012).

Para diminuir incertezas e riscos hidrológicos, é necessária a construção de metodologias que integrem técnicas que levem em conta a não estacionariedade como por

exemplo, a taxa de mudança de variância da série não estacionária.

Por fim, no equacionamento de incertezas e riscos de outorga e enquadramento, há diversas fontes de incertezas. Na prática, podem ocorrer diversos erros como: falhas na calibração, erros de anotação, defeitos em aparelhos de coleta, escassez de dados (CRUZ, 2001; CRUZ, 2005; SILVEIRA, 1997), além de mudanças significativas de clima e uso do solo, que desamparam ainda mais os usuários dos métodos que pressupõe a estacionariedade no processo de planejamento.

3.4 Manejo adaptativo

Para implementar instrumentos de gestão de recursos hídricos é necessário desenvolver metodologias adaptadas para a realidade da bacia hidrográfica. Cruz (2005) afirma que a abordagem deve ser holística, principalmente quando há um quadro com carência de dados e mudanças do uso do solo.

Collischonn (2001) afirmam que, com toda a complexidade da sociedade atual, é necessário um manejo adaptativo e gestão integrada das bacias hidrográficas. O método deve ser construído dentro de um sistema de apoio à tomada de decisões, visto que há uma crise na gestão de recursos hídricos decorrentes da utilização de práticas gerenciais inadequadas (BUSS et al., 2003).

Akabassi e Loyola (2015) sugerem, em sua pesquisa, a construção de um Modelo Conceitual de Gerenciamento Preditivo Integrado e Adaptativo (MGPI), onde haja integração das informações hidrológicas, relacionando a complexidade interdependente entre fatores ambientais, sociais, econômicos em uma intervenção consciente no manejo da bacia. Vale a pena destacar, que uma das principais orientações do MGPI são as relações entre clima, meteorologia e precipitação.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos salienta que os planos devem ser realizados por bacia hidrográfica, além de que, deve diagnosticar a realidade social, econômica e ambiental da região, ou seja, condizer com sua realidade. Desta forma, o manejo adaptativo é um processo que integra a compreensão ambiental com a social e econômica no início de um processo de desenho de um projeto, em uma sequência de passos durante as suas fases e após sua implementação (CRUZ e TAVARES, 2009).

Com as atuais mudanças nas bacias hidrográficas, o manejo dos recursos naturais baseado em sistemas de comando-e-controle vêm sendo questionado em função da

complexidade (FREITAS et al., 2010). Bursztejn (2019) salienta que é necessária uma gestão participativa entre os setores devido às diversidades regionais e dimensões continentais. É fundamental, segundo a autora, o aproveitamento das ações estruturais e estruturantes e que se verifique a interface e sobreposição de ações com o objetivo de otimizar recursos humanos e materiais.

Destaca-se que, para os resultados até aqui apresentados, as soluções mais viáveis passam pela implementação do manejo adaptativo nas bacias hidrográficas, onde seriam discutidos e explanados os horizontes de planejamento adequados (de curto prazo).

O manejo adaptativo tem como objetivo ajustar e melhorar as práticas de gestão contínua, com o envolvimento de diversos setores e estratégias para a garantia da sustentabilidade (MELIS, 2018; YACKULIC, 2018).

Santos e Cunha (2019) afirmam que, com as mudanças do uso do solo nas bacias hidrográficas, um dos aspectos para combater os efeitos de mudanças climáticas é o manejo adaptativo. A sociedade e a natureza são sistemas complexos e sempre existirá uma grande incerteza para o futuro (CRUZ e TAVARES, 2009).

Lanna (1995) já retratava modelos sistêmicos de integração participativa, onde deve-se desenvolver um planejamento estratégico por bacia hidrográfica, baseado em estudos de cenários alternativos, com metas específicas, mas com variáveis para o desenvolvimento eficaz. Além disso, o autor salienta que no planejamento a longo prazo não há obtenção de previsões confiáveis, estabelece-se a demanda de formulações de cenários alternativos de uso e proteção do ambiente, que servirão de base para os planos setoriais.

O manejo adaptativo é uma forma que estimula, quando necessárias, mudanças periódicas nos objetivos e protocolos de manejo, em resposta aos dados de monitoramento e outras novas informações (DURIGAN e RAMOS, 2013). As bacias hidrográficas com diversas mudanças de uso do solo, clima e séries hidrológicas não estacionárias, tem que ter, como base, uma gestão que incorpore o manejo adaptativo, onde planos e normas possam ter mudanças periódicas, além de horizontes de planejamentos mais curtos.

Os instrumentos de gestão dos recursos hídricos devem ser revistos periodicamente, em prazos mais curtos que aqueles previstos na legislação. Somente assim, os objetivos da Política Nacional dos Recursos Hídricos de assegurar a disponibilidade hídrica, a utilização de forma racional, prevenir e defender contra eventos hidrológicos extremos, incentivar e promover a preservação, possam ser de fato efetivados.

Em uma sociedade, valores e demanda mudam constantemente, e o planejamento deve

ser um processo contínuo de análise e decisões para atender as novas situações, em um futuro incerto (LANNA, 1995).

4 CONCLUSÃO

O método de preenchimento de falhas utilizando o software WIN_IPH2, demonstra um pressuposto estacionário. A série hidrológica com preenchimento de falhas (25.844 dias) resultou em períodos e fragmentações estacionárias maiores e do que a série sem preenchimento (24.179 dias).

O período de saturação da estacionariedade da série com preenchimento foi de 1.460 dias e a série sem preenchimento de falhas foi de 1.095 dias. A diferença de um ano pode afetar um planejamento safra a safra, por exemplo. Além disso, as falhas foram de 55 meses (4,5 anos) em um total de 71 anos, demonstrando que há risco ao se preencher falhas com modelos que pressupõem a estacionariedade em séries hidrológicas de bacias hidrográficas com mudanças.

A combinação de séries hidrológicas não estacionárias e a transformada *wavelet* mostrou-se um método de interpretação de tempo frequência complexo, mas, pertinente e eficaz para uma bacia hidrográfica com mudanças severas.

Ao analisar a distribuição de frequência de segmentos estacionários em uma série não estacionária pode-se averiguar as incertezas de até 70% em estacionariedade para tendência e de até 80% de estacionariedade para nível. Trechos estacionários foram encontrados em até 2 anos para tendência e 4 anos para nível em séries com preenchimento de falhas e série hidrológica sem preenchimento de falhas uma saturação de 2 e 3 anos.

As curvas de permanência de frequência de excedência dos segmentos estacionários para nível e para tendência demonstraram restrição de até 99% do tempo em ocorrência de segmentos de até duas semanas. Os resultados demonstraram uma incompatibilidade com as seguranças e normas para e com os usuários de todas as magnitudes.

Sugere-se dois caminhos para enfrentar essa realidade. O primeiro é reduzir os horizontes de planejamento montando uma estrutura de monitoramento compatível com os principais usos da bacia. No entanto, esta possível solução envolve mudança na legislação, já que o pressuposto da outorga é garantir segurança ao investidor. Além da ampliação da rede de monitoramento de acordo com a realidade do local.

Por exemplo, na Bacia do Rio Gravataí, onde o principal uso é a irrigação, o horizonte de planejamento deveria ser anual (safra a safra). Desta maneira, o processo de tomada de decisão, deveria ser mais próximo do desenho dos sistemas de gestão de riscos de desastres naturais do que propriamente de um planejamento a longo prazo, de acordo com a Lei 12.608 de 2012 que Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012).

O segundo caminho é a construção de um sistema de gestão adaptativo e integrativo que, ao invés de prometer garantias, foque mais na flexibilidade do processo de tomada de decisões legitimados por ampla participação pública.

Recomenda-se a construção de um sistema de gestão que foque mais na flexibilidade e nas mudanças das bacias hidrográficas, e que reconheçam que possa não existir mais homogeneidade e homocedasticidade nas séries hidrológicas. Milly et al. (2008) afirmam que a estacionariedade está morta, porém os métodos de planejamento e preenchimento de falhas, também, precisam ser modificados para que não ocorra alterações significativas na gestão hídrica e na aplicação dos instrumentos.

Por fim, há necessidade de mudanças nas bases de planejamento, onde se reconheça que a estacionariedade possa não existir mais, e que a legislação deva ser flexível para a implantação do manejo adaptativo. Conclui-se necessidade de métodos estatísticos mais sensíveis a séries hidrológicas não estacionarias, visto que, riscos e incertezas aumentam significativamente. Por fim, as mudanças nas bacias hidrográficas estão ocorrendo, mas, nos métodos para sua gestão não.

5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

AGILAN, V.; UMAMAHESH, N.V. Modelagem da variação espacial da precipitação extrema na cidade de Ho Chi Minh sob condição não estacionária. **Acta Geophysica**, p. 1-13, 2019.

AKABASSI, L.; LOYOLA, S. M. Escassez hídrica e estratégias de usos na bacia hidrográfica do rio itaúnas: concepção de um modelo de gerenciamento preditivo integrado e adaptativo em subsídio ao uso dos recursos hídricos. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,** Rio de Janeiro, 2015.

ALDRICH, E. **Package wavelets**, 2019. Disponível em:< https://cran.r-project.org/web/packages/wavelets/wavelets.pdf> Acesso em: 25 nov. 2019.

ALEXANDRE, A.M. B.; MARTINS, E. S.; CLARKE, R.; REIS JR, DIRCEU S. Regionalização de parâmetros de modelos hidrológicos. **Anais** do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, João Pessoa–PB, 2005.

AMMANN, L.; FENICIA, F.; REICHERT, P. A likelihood framework for deterministic hydrological models and the importance of non-stationary autocorrelation. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 23, n. 4, p. 2147-2172, 2019.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Manual do Usuário Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica Para Aproveitamentos Hidrelétricos.** Julho, 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2009/ManualdeEstudosdeDisponibilidadeHidrica.pdf> Acesso em: 16 dez de 2019.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Nota Técnica n.º 100/2006/GEREG/SOF-ANA. Reserva de disponibilidade hídrica para os aproveitamentos hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, localizados no rio Madeira.** Ref.: Processos nº 02501.000047/2006-51 e 02501.000048/2006-04. Disponível em: <http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/drdh/NT_UHE_Davinopolis.pdf> Acesso em: 15 dez 2019.

ANA. Agência Nacional das Águas**. Nota Técnica** n.º 770/2013/GEREG/SRE-ANA Documento: 00000.011008/2013. Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica para o aproveitamento hidrelétrico Davinópolis, no rio Paranaíba Ref.: Processo n.º 02501.001000/2011-72, 2013. Disponível em: http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/drdh/NT_UHE_Davinopolis.pdf> Acesso em: 16 dez 2019.

ANDRADE, E. L. Introdução à Pesquisa Operacional: **Métodos e Modelos para Análise de Decisão.** 2 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2000.

ANTTILA, S.; KETOLA.; VAKKILAINEN, K.; KAIRESALO, T. Assessing temporal representativeness of water quality monitoring data. **Journal of Environmental Monitoring**, 14:589–595, 2012.

ARAUJO A. A.; SOUZA, S. A. de.; CARVALHO, T. L. L. de.; PUFAL, M. I. Análise sobre preenchimento e extensão de séries na definição de vazões características para fins de disponibilidade hídrica na bacia do rio grande. **XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste,** Natal, 2014.

BÁRDOSSY, A.; DAS, T. Influence of rainfall observation network on model calibration and application, **Hydrol. Earth Syst. Sci**., 12, 77–89, 2008.

BARTIKO, D; CHAFFE, P, L. B.; BONUMÁ, N. B. Nonstationarity in maximum annual daily streamflow series from Southern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, e 48, 2017.

BATISTA, A. L. et al. Verificação da estacionariedade de séries hidrológicas no Sul-Sudeste do Brasil. _____ **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande: ABRH, CD-ROM**, 2009.

BERTONI J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação.** Porto Alegre: UFRGS, p.177-24, 2007.

BLAIN, G. C. Modelagem de séries de temperatura mínima extrema sob condições de alterações climáticas. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1877-1883, Nov. 2011.

BRADY A.; BUSTAMANTE D.; CHIEREGO M.; KIMAOUI, K. Global Risks techreport, **World Economic Forum**, 2015. Disponível em <http://reports.weforum.org/global-risks-2015/> Acesso em: 17 dez 2019.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 141**, de 10 de Junho de 2012. CNRH. Brasília, 2012a.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 145**, de 12 de dezembro de 2012. CNRH. Brasília, 2012b.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 16**, de 08 de maio de 2001. CNRH. Brasília, 2001.

BRASIL. LEI n. 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil.** Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 28 mai.2019

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em: 18 fev. 2019.

.
BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: síntese Executiva**. Brasília: MMA, 2006.

BRAVO, J. M.; ALLASIA, D. G.; COLLISCHONN, W.; TASSI, R.; MELLER, A.; TUCCI, C. E. M. Avaliação visual e numérica da calibração do modelo hidrológico IPH II com fins educacionais. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17. **Anais**... São Paulo, 2007.

BRITES, A.P.Z. **Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica**. 205 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BROOKS, C. **Introductory Econometrics for Finance**. Third ed., Cambridge University Press: New York, 2014.

BROWN, J.D.; HEUVELINK, G.B.M. The data uncertainty engine (due): A software tool for assessing and simulating uncertain environmental variables. **Computers & Geosciences** 33:172–190, 2007.

BUENO, R. L. S. Econometria de séries temporais. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 341 p. 2011.

BURSZTEJN, S. **Proposta de estruturação integrada entre agências de bacia e de regulação de saneamento básico através de gestão adaptativa**. 30 Congresso da ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019. Disponível em:

<http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletosPDF/V-028.pdf>Acesso em:16 dez 2019.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F. NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, 19:465-473, 2003.

CALLISTO, M. et al. Gestão eficiente de bacias hidrográficas no Brasil: dificuldades e perspectivas de soluções. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 1, p. 1-4, 2012.

CHIANN, C.; MORETTIN, P. A. A wavelet analysis for time series. **Journal of Nonparametric Statistics,** v. 10, n. 1, p. 1-46, 1998.

CHOU, S-C. Modelo regional ETA. **Climanálise-Boletim de Monitoramento e Análise Climática,** v. 1, n. especial, 1996.

COELHO, M, FERNANDES, C.V.S.; DETZEL, D.H.M. MANNICH, M. Statistical validity ofwater quality time series in urban watersheds. **Brazilian Journal of Water Resources** 22(e51), 2017.

COELHO, M.; FERNANDES, C.; DETZEL, D. Uncertainty analysis in the detection of trends, cycles, and shifts in water resources time series. **Water Resources Management**. 10.1007/s11269-019-02210-1, 2019.

COELHO, M.; FERNANDES, C.; DETZEL, D. Uncertainty analysis in the detection of trends, cycles, and shifts in water resources time series. **Water Resources Management**. 10.1007/s11269-019-02210-1, 2019.

COLES, S. An introduction to statistical modeling of extreme values. **London: Springer**, 2001.

COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. 2001. 270f. Tese (Doutorado em Engenharia dos Recursos Hídricos -IPH) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Ajuste multiobjetivo dos parâmetros de um modelo

COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS – COBRAPE. **Plano das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 a 2020: relatório síntese**. São Paulo: Cobrape: Neoband Soluções Gráficas, 2011. 128 p.

COZ, J. L. A literature review of methods for estimating the uncertainty associated with stage-discharge relations, **Cemagref, Hydrology-Hydraulics**, 2012. Disponível em:< https://pdfs.semanticscholar.org/b685/243d91acd17a64c3e31ecff08ea39d5b279d> Acesso em: 25.nov. 2019,

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais.** 2001. 199 f. Tese (Doutorado Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 111-124, 2008.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Optimization and Comparative Simulation of Water Grant Scenarios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 3. p. 75-91, Jul/Set 2005.

CRUZ, R. C. **Prescrição de vazão ecológica: aspectos conceituais e técnicos para bacias com carência de dados.** 2005. 176 f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CRUZ, R. C.; TAVARES, I. S. Bacia hidrográfica: aspectos conceituais e práticos. In: RIGHES, A. A. (Org.); BURIOL, G. A. (Org.); BOER, N. (Org.). **Água e educação: princípios e estratégias de uso e conservação.** Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, cap.3, 2009.

CRUZ, R. C.; TAVARES, I. S. Bacia hidrográfica: aspectos conceituais e práticos**. *In*:** RIGHES, A. A. (Org.); BURIOL, G. A. (Org.); BOER, N. (Org.). **Água e educação: princípios e estratégias de uso e conservação**. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, cap.3, 2009.

DEEVA, I.; NIKITIN, N. O.; KALUYZHNAYA, A. V. Pattern Recognition in Non Stationary Environmental Time Series Using Sparse Regression. **Procedia Computer Science**, v. 156, p. 357-366, 2019.
DETZEL, D. H. M. **Modelagem de séries hidrológicas: uma abordagem de múltiplas escalas temporais**. 2015. 214f. Tese (Doutorado Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DRH/SEMA. Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Relatório Final.** Porto Alegre: Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A., 2012. Disponível em:< http://www.comitegravatahy.com.br/index.php/comite-gravatahy-documentos/category/3-plano-de-bacia> Acesso em: 5 set. 2017.

DURIGAN G.; RAMOS, V. S. **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas**. Páginas & Letras Editora e Gráfica, 66 pág, 2013.

ELSHORBAGY, A. A., PANU, U. S., SIMONOVIC, S. P. Group-based estimation of missing hydrological data: I. Approach and general methodology. **Hydrological Sciences Journal**, v.45, n. 6, p. 849–866, 2000.

FAN, F. M.; RAMOS, M.H.; COLLISCHONN, W. Sobre o uso de previsões hidrológicas probabilísticas para tomada de decisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 914-926, 2015.

FOROOTAN, E.; KHAKI, M.; SCHUMACHER, M.; WULFMEYER, V.; MEHRNEGAR, N.; VAN DIJK, A. I. J. M.; SHUM, C. K. Understanding the global hydrological droughts of 2003–2016 and their relationships with teleconnections. **Science of the Total Environment,** 650, 2587-2604, 2019. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718336751> Aceso em: 17 dez 2019.

FRANSES, Philip Hans; HALDRUP, Niels. The effects of additive outliers on tests for unit roots and cointegration. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 12, n. 4, p. 471-478, 1994.

FREITAS, R. R.; REIS, V. L.; APEL, Marcelo. Governança de recursos pesqueiros na Bacia do Rio Acre com ênfase na Tríplice Fronteira (Brasil, Peru e Bolívia). **Encontro nacional da associação nacional de pesquisa e pós-graduação em ambiente e sociedade,** Florianópolis, 2010.

GARCIA, R. L.; TUCCI, C. E. M. Simulação da qualidade da água em rios em regime não-permanente: Rio dos Sinos. **Recursos Hídricos,** v.21, n.2, p. 17-26, 2000.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 206p. 2006.

GRAPS, A. **An introduction to wavelets**. IEEE Computational Science and Engineering. Los Alamitos, v.2, n.2, p. 1-18, 1995.

GROPPO, J. D.; MORAES, J. M.; MARTINELLI, L. A. Estudo de tendência de parâmetros de qualidade de água na bacia do rio Piracicaba**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n. 3, p. 79-87, 2006.
GROSSMAN, A.; MORLET, J. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. **Journal on Mathematical Analysis**, v. 15, n. 4, p. 723-736, 1984.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; SANTOS, M. C.B.; SHAIENY, H. G. da S. M. Caracterização das chuvas no Pantanal Mato-grossense. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim. Embrapa Informática Agropecuária/INPE. **Anais**... Jardim/MS, 2018.
HIPEL, K. W.; MCLEOD, A. I. Time series modelling of water resources and environmental systems. **Elsevier**, 1994.

HOLLING. C. S. **Avaliação e gestão ambiental adaptativa**. Wiley, Chichester, 1978.
JCGM/WG1. **JCGM 100:2008 GUM 1995 with minor corrections - evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement.** Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 1st edn, 2008. Disponível em: https://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf> Acesso em: 07 dez 2019.

JUNG, J. Y.; NIEMANN, J.D.; GREIMANN, B. P. Modeling input errors to improve uncertainty estimates for one-dimensional sediment transport models. **Stochastic environmental research and risk assessment**, v. 32, n. 6, p. 1817-1832, 2018.

KATZ, R. W. Statistical methods for nonstationary extremes. In: SOROOSHIAN S.; EASTERLING, D.; AGHAKOUCHAK, A.; SCHUBERT, S.; HSU, K. (eds.). Extremes in a changing climate. **Springer**, v. 65, p. 15-37, 2013.

KAVETSKI, D.; FRANKS, S. W.; KUCZERA, G. Confronting input uncertainty in environmental modelling, in Calibration of Watershed Models. **Water Sci**. Appl., vol. 6, edited by Q. Duan et al., pp. 49– 68, AGU, Washington, D. C, 2002.

KWIATKOWSKI, D.; PETER, C.B.; SCHIMIDT, P.P. SCHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? **Journal of econometrics**, v. 54, n. 1-3, p. 159 178, 1992.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos.** Brasília: IBAMA, 1995.

LI, J., LIAO, S. Response analysis of stochastic parameter structures under non stationary random excitation. **Computational Mechanics** 27, 61–68, 2001.

LIMA, C. H. R.; LALL, U. Hidroclimatologia de cheias: eventos extremos, não estacionariedade, processos climáticos de larga escala e uma perspectiva para simulações num contexto de mudanças climáticas globais. **2º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste**, 2008.

MACHADO, P. A. L. Recursos hídricos: direito brasileiro e internacional. ***In***: MACHADO, P. A. L. Recursos hídricos: direito brasileiro e internacional. São Paulo: Malheiros Editores, 2002.

MANZIONE, R. L. Incorporação de incertezas associadas Á predição de modelos hidrológicos aos instrumentos de gestão em recursos hídricos. **Caderno Prudentino de Geografia**, p. 215-227, 2014.

MCMILLAN, H.; KRUEGER, T.; FREER, J. Benchmarking observational uncertainties for hydrology: rainfall, river discharge and water quality. **Hydrological Process**, 26:4078–4111, 2012.

MCMILLAN, H.; SEIBERT, J, PETERSEN-OVERLEIR, A.; LANG, M.; WHITE, P.; SNELDER, T.; RUTHERFORD, K.; KRUEGER, T.; MANSON, R.; KIANG, J. How uncertainty analysis of streamflow data can reduce costs and promote robust decisions in water management applications. **Water Resources Research** 53:5220–5228, 2017.

MELIS, T. S. Origem do Programa de Gestão Adaptativa da Barragem de Glen Canyon em Resposta ao Movimento Ambiental nos Estados Unidos: Um estudo de caso sobre o valor das enchentes de 1983 no Grand Canyon como um evento de foco para melhorar as operações de barragens (USGS - USA) ***In:*** Doria, C. R. C.; Athayde, S.; Dutka-Gianelli, J.; Luiz, A.M.T. **Relatório: Seminário e Oficina Internacional Brasil, Bolívia e Peru: Desafios Nacionais e Internacionais de Gestão dos Recursos Pesqueiros na Bacia do Madeira**. Ministério Público Estadual de Rondônia: Porto Velho, 2018.

MILLY, P. C. D.; BETANCOURT, J.; FALKENMARK, M.; HIRSH, R. M.; KUNDZEWICZ, Z. W.; LETTENMAIER, D. P.; STOUFFER, R. J. Stationarity is dead: whither water management? **Science**, v. 319, n. 5863, p. 573-574, 2008.

MONTANARI, A. KOUTSOYIANNIS, D.Modeling and mitigating natural hazards: stationarity is immortal!. **Water Resources Research**, 50:9748–9756, 2014.

MORA, C., FRAZIER, A., LONGMAN, R. et al.The projected timing of climate departure from recent variability. **Nature** 502, 183–187 (2013) doi:10.1038/nature12540

MOREIRA, J. G. do V. **Método para análise de frequência e de gestão do risco de cheias, a partir da informação hidrometeorológica, sob a condição de não-estacionariedade**. 2016. 204f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

MOREIRA, J. G. do V. **Método para análise de frequência e de gestão do risco de cheias, a partir da informação hidrometeorológica, sob a condição de não-estacionariedade.** 2016. 204f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

MORETTIN, P. A. **Ondas e ondaletas: da análise de fourier à análise de ondaletas de séries temporais.** São Paulo: EDUSP, 276 p., 2014.

MÜLLER, I. I. KRÜGER, C. M.; KAVISKI, E. Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.4, p. 51 –71, 1998.

NAGHETTINI, M.; GONTIJO, N.; PORTELA, M. Investigation on the properties of the relationship between rare and extreme rainfall and flood volumes, under some distributional restrictions. **Stoch Environ Res Risk Asses**, v. 26, p. 859-872, 2012.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte, Brasil: CPRM, 552p., 2007.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River forcasting using conceptual models, 1. A discussion of principles. J. Hydrol, 10, 280-290, 1970.

NDEHEDEHE, C. E.; FERREIRA, V. G.; AGUTU, N. O. Hydrological controls on surface vegetation dynamics over West and Central Africa. **Ecological Indicators**, 103, 494-508, 2019. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X19302791> Acesso em: 13 dez 2019.

NDIONE, D.M.; SAMBOU, S.; KANE, M.L.S.S. Statistical Analysis for Assessing Randomness, Shift and Trend in Rainfall Time Series under Climate Variability and Change: Case of Senegal. **Journal of Geoscience and Environmental Protection** 5:31–53, 2017.

NOURANI, V.; KISI, Ö.; KOMASI, M.; Two hybrid artificial intelligence approaches for modeling rainfall–runoff process. **Journal of Hydrology**, v. 402, n. 1-2, p. 41-59, 2011.

PERCIVAL, D. B.; WALDEN, A. T. **Wavelet methods for time series analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

PETERSON, P.; FUNK, C. C.; HUSAK, G. J.; PEDREROS, D. H.; LANDSFELD, M.; VERDIN, J. P.; **SHUKLA, S. The Climate Hazards group InfraRed Precipitation (CHIRP) with Stations (CHIRPS): Development and Validation**. In: AGU Fall Meeting Abstracts. 2013.

PINHEIRO, V. B. NAGHETTINI, M. Calibração de um modelo chuva-vazão em bacias sem monitoramento fluviométrico a partir de curvas de permanência sintéticas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 143-156, 2010.

PLOSSER, Charles I.; SCHWERT, G. William. Money, income, and sunspots: measuring economic relationships and the effects of differencing. **Journal of Monetary Economics**, v. 4, n. 4, p. 637-660, 1978.

RAMOS, D. N. da S.; LYRA, R. F. da F.; SILVA JÚNIOR, R. S. da. Previsão do vento utilizando o modelo atmosférico WRF para o estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 163-172, 2013. Acesso em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862013000200005&script=sci_arttext&tlng=es> Disponível em: 16 dez de 2019.

REFSGAARD, J. C. et al. Quality assurance in model based water management–review of existing practice and outline of new approaches. **Environmental Modelling & Software**, v. 20, n. 10, p. 1201-1215, 2005.

RHIF, M. et al. Wavelet transform application for/in non-stationary time-series analysis: A review. **Applied Sciences**, v. 9, n. 7, p. 1345, 2019.
RHIF, M.; ABBES, A. B.; FARAH, I.R.; MARTINEZ, B.; SANG, Y. Wavelet transform application for/in non-stationary time-series analysis: A review. **Applied Sciences**, v. 9, n. 7, p. 1345, 2019.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3.ed. São Paulo: Atlas: 1999.

RICHTER, B. D.; BAUMGARTNER, J. V.; POWELL, J.; BRAUN, D. P. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. **Conservation Biology**, Vol 10 N.4, pág. 1163-1174, 1996.

RIO GRANDE DO SUL, (1994). **Política Estadual de Recursos Hídricos**. Lei N° 10.350, de 30.12.94. Porto Alegre.

RODE, M.; SUHR, U. Uncertainties in selected river water quality data. **Hydrology and Earth System Sciences** 11:863–874, 2007.

ROESCH, A.; SCHMIDBAUER, H. Package '**WaveletComp**', 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/WaveletComp/WaveletComp.pdf > Acesso em: 25 nov. 2019.

ROESCH, A.; SCHMIDBAUER, H. **Package 'WaveletComp'**, 2018. Disponível em: < https://cran.r-project.org/web/packages/WaveletComp/WaveletComp.pdf > Acesso em: 25 nov. 2019.

SANTHI, C. et al. **Application of a watershed model to evaluate management effects on point and nonpoint source pollution**. Transactions of the ASAE, v. 44, n. 6, p. 1559, 2001.

SANTOS, C. A. G.; FREIRE, P. K. M. M.; TORRENCE, C. A transformada wavelet e sua aplicação na análise de séries hidrológicas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** v. 18, n. 3, p. 271-280, 2013.

SANTOS, C.A.; LIMA, M.M.; FARIAS, M H.S.; AIRES, R.V. SERRÃO, A.O. Análise estatística da não estacionariedade de séries temporais de vazão máxima anual diária na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. **HOLOS**, v. 7, p. 179-193, 2016.

SANTOS, E. A.; CUNHA, D. A. **Vulnerabilidade às mudanças climáticas: análise dos agricultores da bacia hidrográfica do rio das contas, Bahia, Brasil.** ANPEC – Associação Nacional de Encontro dos Centros de Pós-Graduação em Economia, Maringá, 2019. Disponível em: https://www.anpec.org.br/nordeste/2019/submissao/arquivos_identificados/023-2f24057fbf17a50607488c6c8d30c525.pdf> Acesso em: 16 de dez de 2019.

SAULO, A. C.; NICOLINI, M.; CHOU, S-C. Model characterization of the South American low-level flow during the 1997–1998 spring–summer season. **Climate Dynamics**, v. 16, n. 10-11, p. 867-881, 2000.
SERINALDI, F., KILSBY, C. G. Stationarity is undead: Uncertainty dominates the distribution of extremes. **Advances in Water Resources**, v.77, p. 17–36, 2015.

SERVIÇO TÉCNICO DE ENGENHARIA S. A. – STE. **Plano de bacia do rio TaquariAntas**. Brasília: Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, 2012.

SIGEL K.; KLAUER B.; PAHL-WOSTL, C. Conceptualising uncertainty in environmental decision-making: The example of EU Water Framework Directive. **Ecological Economics** 69(3):502–510, 2010.

SILVA, A. F.; FISCH, G. Avaliação do Modelo WRF para a Previsão do Perfil do Vento no Centro de Lançamento de Alcântara. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 2, p. 259-270, 2014. Acesso em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862014000200009&script=sci_arttext&tlng=es Disponível em: 16 dez de 2019.
SILVA, G. C. da. **Mudanças no uso do solo e comportamento das vazões na bacia do Paranaíba - Brasil**. 2017. 218 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SILVA, S. M. O.; SILVA, SOUZA FILHO, F. de A.; CID, D.A.C.; AQUINO, S. H. S. XAVIER, L. C. P. Proposta de gestão integrada das águas urbanas como estratégia de promoção da segurança hídrica: o caso de Fortaleza. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 239-250, 2019.

SILVEIRA, G. L. da. **Quantificação de vazão em pequenas bacias com carência de dados fluviométricos.** 1997. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hidricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
SIMÕES LOPES, M., SANCHEZ, J. **Avaliação do impacto hidrológico causado pela urbanização de uma bacia.** In: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Pesquisa em Recursos Hídricos: Relatório Final. Porto Alegre, 2 v. 1986.

SRIVASTAV, R. K.; SCHARDONG, A.; SIMONOVIC, S. P. Equidistance quantile matching method for updating IDF Curves under climate change. **Water resources management**, v. 28, n. 9, p. 2539-2562, 2014.

STEPHENS, C. M., MARSHALL, L. A.; JOHNSON, F. M. Investigating strategies to improve hydrologic model performance in a changing climate. **Journal of Hydrology**, 579, 124219, 2019. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169419309540> Acesso em: 17 dez 2019.

SYCZEWSKA, E. M. Empirical power of the Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test. **Working Papers 45**, Department of Applied Econometrics, Warsaw School of Economics, 2010.

TRAPLETTI, A.; HORNIK, K.; LEBARON, B.; HORNIK, M. K. Package '**tseries**', 2019.Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:https://cran.r-project.org/web/packages/tseries/tseries.pdf> Acesso em 25 nov. 2019.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3 ed., Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2002.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed., Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2007.
TUCCI, C.E.M. Mudanças climáticas e impactos sobre os recursos hídricos no Brasil. **Ciência & Ambiente,** Santa Maria, p.137-156, 2007.

TUCCI, C.E.M.; BRAGA B. (orgs.). **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH. 348 p., 2003.

TUCCI, C.E.M; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/SQA, 302 p., 2006. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf>. Acesso em: 12. nov. 2017

UNESCO. The United Nations world water development report 2015 - water for a sustainable world. techreport, **United Nations Educational**, **Scientific and Cultural Organization** (UNESCO) on the behalf of UN-Water, 2015.

UN-Water, 2013. Water security and the global water agenda—A UN-Water analytical brief. Hamilton**: United Nations University**, 2013.

VIEIRA JUNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; CHAN CHOU, S.; MARTIN, T. N. Previsões meteorológicas do Modelo Eta para subsidiar o uso de modelos de previsão agrícola no Centro-Sul do Brasil. **Ciência Rural**, vol. 39, núm. 2, marzo-abril, 2009, pag. 412-420 Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil.

VILLARINI G.; SMITH J. A.; SERINALDI F.; BALES J.; BATES P. D.; KRAJEWSKI W. F. Flood frequency analysis for nonstationary annual peak records in an urban drainage basin. **Advances in Water Resources**, v. 32, p. 1255-1266, 2009.

VOGEL, R. M.; YAINDL, C.; WALTER, M. Nonstationarity: flood magnification and recurrence reduction factors in the united states. **Journal of the American Water Resources Association**, v.47, n.3, p. 464-474, 2011.

VOGEL, Richard M.; FENNESSEY, Neil M. Flow-duration curves. I: New interpretation and confidence intervals. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 120, n. 4, p. 485-504, 1994.

WALKER, W. E.; HAASNOOT, M.; KWAKKEL, J. H. Adapt or Perish: A Review of Planning Approaches for Adaptation under Deep Uncertainty. **Sustainability** 5(3):955–979, 2013.

WALTERS, C. **Gerenciamento Adaptativo de Recursos Renováveis**. Macmillan, Nova Iorque. 1986.

WANG, X.; YANG, M. WAN, G.; CHEN, X.; PANG, G. Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau climate simulation using the regional climate model RegCM3. **Climate Research,** v. 57, n. 3, p. 173-186, 2013.

WANG, Y.; DUAN, L.; LIU, T.; LI, J.; FENG, P. A Non-stationary Standardized Streamflow Index for hydrological drought using climate and human-induced indices as covariates. **Science of The Total Environment**, p. 134278, 2019.

WARMINK, J.J.; BRUGNACH, M.; KRUIJF, J.V.; SCHIELEN, R.M.J.; AUGUSTIJN, D.C.M.; Coping with uncertainty in river management challenges and ways forward. **Water Resources Management** 31:4587–4600, 2017.

YACKULIC, C. Programa de Gestão Adaptiva do Hidrelétrica do Glen Canyon (USGS - USA). ***In***: DORIA, C. R. C.; ATHAYDE, S.; DUTKA-GIANELLI, J.; LUIZ, A.M.T. **Relatório: Seminário e Oficina Internacional Brasil, Bolívia e Peru: Desafios Nacionais e Internacionais de Gestão dos Recursos Pesqueiros na Bacia do Madeira.** Ministério Público Estadual de Rondônia: Porto Velho, 2018.

ZAPPA, M. **Multiple-response verification of a distributed hydrological model at different spatial scales**. Tese. 167p. Zurich: Swiss Federal Institute of Technology, 2002.

ZEILEIS, A.; GROTHENDIECK, G.; RYAN, J. A.; ANDREWS, F.; ZEILEIS, M. A. **Package 'zoo'**, 2019. Disponível em:< https://cran.r-project.org/web/packages/zoo/zoo.pdf> Acesso em 25 de nov. 2019.

ZEILEIS, A.; GROTHENDIECK, Gabor. zoo: S3 Infrastructure for Regular and Irregular Time Series. **Journal of Statistical Software**, 14(6), 1-27, 2005.

ZHANG, H. G.; FU, S. H.; FANG, W. H.; IMURA, H.; ZHANG, X. C. Potential effects of climate change on runoff in the Yellow River Basin of China. **Transactions of the ASABE**, v.50, p.911-918, 2007.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados desta pesquisa, foi possível concluir que a utilização de métodos com pressupostos estacionários em séries hidrológicas não estacionárias tem por consequência um aumento nos riscos e incertezas na aplicação de instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Com base na utilização do teste KPSS - Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin, justificado seu uso pela sensibilidade na detecção de séries não estacionárias, conclui-se a necessidade de aplicação de modelos matemáticos que não pressupõem a estacionariedade. Documentos da Agência Nacional da Água -ANA, aplicação de outorga e enquadramento, Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos – ANA, Plano de Bacia do Rio Gravataí, utilizam modelos de Distribuição de Gumbel, por exemplo, ou seja, modelos com pressupostos estacionários.

Os métodos tracionais não podem ser utilizados em bacias hidrográficas com mudanças de uso do solo e impactos antrópicos de alta magnitude, ainda mais quando inserida em um quadro global de mudanças climáticas.

A pesquisa demonstrou que métodos de modelagem hidrológica para preenchimento de falhas resultaram em períodos e fragmentações estacionárias maiores que a série hidrológica sem preenchimento, concluindo que, apesar da importância para o planejamento hídrico, séries preenchidas com pressupostos estacionários podem aumentar os riscos e incertezas, pois não retrata a realidade da bacia hidrográfica.

Com o manejo inadequado do uso do solo e as mudanças climáticas, tem-se, por consequências, séries hidrológicas não estacionárias. E estas incertezas e riscos, causados pela não estacionariedade, levam a necessidade de desenvolver um manejo adaptativo na bacia hidrográfica, que inclua a diminuição nos horizontes de planejamento, além de flexibilização nas normas.

As disponibilidades hídricas da Estação 87440000 – Passo das Canos, da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS, demonstraram incertezas e riscos maiores que 70% para estacionariedade de tendência e 80% para estacionariedade de nível. Trechos estacionários foram encontrados em até 2 anos para tendência e 3 anos para nível. Estes resultados demonstram que o quadro de incerteza aumenta com métodos de estacionariedade mal aplicados, e/ou com pouca sensibilidade de detectar a não estacionariedade e, assim, dificultando ainda o mais gerenciamento.

As curvas de permanência de frequência de excedência dos segmentos estacionários para nível e para tendência dos períodos de 1.825, 1.460, 1.095, 730, 480, 365, 180, 120, 60 e 30 da análise de ondaletas demonstraram restrição de até 99% do tempo em ocorrência de segmentos de até duas semanas. Além disso, períodos maiores demonstram não existir estacionariedade. Conclui-se que há uma incompatibilidade com as seguranças e normas para e com os usuários de todas as magnitudes.

A estacionariedade pode não existir mais, pelo menos em bacias com diversas mudanças, porém para que isso seja detectado, é necessário que ocorram alterações nos métodos, para que, assim, ocorra uma gestão e aplicação dos instrumentos adequadas para a realidade da bacia hidrográfica.

Recomenda-se a construção de um sistema de gestão que foque mais na flexibilidade e nas mudanças das bacias hidrográficas e que reconheçam que possa não existir mais homogeneidade e homocedasticidade nas séries hidrológicas.

As mudanças nas bacias hidrográficas estão ocorrendo, mas os métodos para sua gestão, não. Desta forma, há apenas dois caminhos viáveis: o primeiro é o manejo adaptativo combinado com o encurtamento nos horizontes de planejamento, visto que a lei brasileira autoriza em até 30 anos a outorga de direitos de uso – e não excedente a 35 anos, renovável. No Estado do Rio Grande do Sul, a realidade é um pouco diferenciada, uma vez que a outorga tem um prazo máximo de 5 anos e com concessões de no máximo 10 anos. No entanto, esta pesquisa demonstrou que fragmentos estacionários, mesmo com baixíssima probabilidade de excedência ocorrem em um horizonte temporal de no máximo 2 a 3 anos.

Foi utilizada a Estação 87440000 - Passo das Canoas no Plano de Bacias do Rio Gravataí como instrumento de estudo, no entanto, como foram utilizados pressupostos estacionários (implícitas as hipóteses de aleatoriedade, independência, homogeneidade) no plano de bacias, a realidade foi escrita de maneira diferente. A Bacia Hidrográfica escolhida é de região metropolitana, com mudanças significativas de uso e ocupação do solo e os resultados, aqui apresentados, demonstram que o horizonte de planejamento deveria ser anual (safra a safra), visto que o principal uso dos recursos hídricos é para a irrigação.

Recomenda-se que o processo de tomada de decisão seja mais próximo do desenho dos sistemas de gestão de riscos de desastres naturais do que propriamente de um planejamento a longo prazo, de acordo com a Lei 12.608 de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012).

No entanto, esta possível solução envolve mudança na legislação, já que o pressuposto da outorga é garantir segurança aos usuários. Espera-se que esta pesquisa contribua para que os

gestores de recursos hídricos reconheçam que a estacionariedade possa não existir mais e que uma mudança de paradigma nos processos de gestão é necessária.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERS, R. KECK, M. Comitês de Bacia no Brasil: Uma abordagem política no estudo da participação social. R. B. **Estudos Urbanos e Regionais**, V.6, N.1 / maio 2004. Disponível em:<http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/21466/1/ARTIGO_ComitesBaciaHidrografica pdf> Acesso em: 15. nov. 2017.

ABERS, R.; JORGE, Karina. Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados?. **Ambiente & sociedade**, v. 8, n. 2, 2005.

ADAM, K. N.; COLLISCHONN, W. Análise dos impactos de mudanças climáticas nos regimes de precipitação e vazão na bacia hidrográfica do rio Ibicuí. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 3, p. 69-79, 2013.

ALBERTO, N. A. S. MAUS, C. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. **Ciência Rural,** 36, n. 2 (2006). Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.2, p.424-433, mar-abr, 2006.

ALMEIDA, G. C. F. de; SILVA, I. R. Intervalos de confiança via simulação Monte Carlo: o estado da arte. **Revista da Estatística** UFOP, Vol IV, 2015.

ANA. Agência Nacional as Águas. **Portal da Qualidade das Águas.** 2019b. Disponível em:< http://pnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx > Acesso em: 15 de fev. de 2019.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Comitê de Bacia Hidrográfica**. 2019. Disponível em: http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/comites-de-bacia-hidrografica > Acesso em: 20 de fev. de 2019.

ANA. Agência Nacional das Águas. **O comitê de Bacia Hidrográfica**: o que é e o que faz? Cadernos de capacitação em Recursos Hídricos: Volume 1. Brasília: SAG, 2011. Disponível em:<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/detalheBusca.asp?cod_registro=16119&categoria=7> Acesso em: 19 set. 2017.

ANA. Agência Nacional das Águas. Planejamento dos recursos hídricos. Disponível em:<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/planejamento-dos-recursos-hidricos/planejamento-dos-recursos-hidricos-do-pais> Acesso em: 25 out. 2017.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016 / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2016. 95 p. : il. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf> Acesso em:24de nov.2018.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial.** -- Brasília: ANA, 2015. 163 p.: il. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf Acesso em: 25 de nov. 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016**. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2016. 95 p.: il. Disponível

em:<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf> Acesso em:24 nov. 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas**. -- Brasília: ANA, 2017. 169p. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf >Acesso em: 25 de nov. 2018.

ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisão.** 2 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2000.

ANGOTTI, M. **Full Cost Accounting e Contabilidade Dialógica aplicados para avaliação da sustentabilidade da indústria de extração mineral em Congonhas** (MG**).** Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, 2018.

ARIAS, A. R. L. et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p.61-72, 2007.

BABBAR, R. Pollution risk assessment based on QUAL2E-UNCAS simulations of a tropical river in Northern India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 10, p. 6771-6787, 2014.

BARTIKO, D; CHAFFE, P, L. B.; BONUMÁ, N. B. Nonstationarity in maximum annual daily streamflow series from Southern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, e48, 2017. Disponível em: < http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/RBRH_DanielBartiko.pdf>. Acesso em: 13.agost.2017.

BATISTA, A. L.; FREITAS Jr, S, A de; DETZEL, D. H. M.; MINE, M. R. M; FILL, H. D. O. A.; FERNANDES, C.; KAVISKI, E. Verificação da estacionariedade de séries hidrológicas no Sul-Sudeste do Brasil. **Anais...** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande, p. 1-19, 2009.Disponível: < <https://www.researchgate.net/publication/304156148_VERIFICACAO_DA_ESTACIO> Disponível em: 30 de nov de 2019.

NARIEDADE_DE_SERIES_HIDROLOGICAS_NO_SUL-SUDESTE_DO_BRASIL> Acesso: 23.agost. 2017.
BEARD, L. R. Statistical analysis in hydrology. **ASCE Transactions**, v. 108, p. 1110-1160, 1943.

BELO FILHO, A. F. **A teoria da entropia aplicada no estudo da precipitação pluvial e da vazão fluvial no nordeste do Brasil.** 53f., 2010. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
BOX, G.E.P.; JENKINS, G.M.. REINSEL, G.C. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. 3 ed., Englewood Clifls: Prentice Hall, 1994.

BOYE, B. A.; FALCONER, R. A.; AKANDE, K. Integrated water quality modelling: application to the Ribble Basin, U.K. **Journal of Hydro-environment Research**, v. 9, n. 2, p. 187-199, 2015. Disponível:< http://dx.doi.org/10.1016/j.jher.2014.07.002> Acesso: 6 set. 2017.

BRAGA, J. M. Ajustamento nos Mercados de Fatores, Raiz Unitária e Histerese na Economia Americana. 2008. Disponível em:< http://www.uff.br/econ/download/tds/UFF_TD241.pdf> Acesso: 5 de set. 2017.

BRASIL, **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: < http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459 > Acesso em: 19 de fev. 2019.

BRASIL, **Resolução CONAMA n°20, de 18 de junho de 1986.** Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U. de 30 julho 1986.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em :< http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620 > Acesso em: 18 de fev. 2019.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: < http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> Acesso em: 18 de fev. 2019.

BRASIL, **Resolução do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos – CNHR,** n 32, de 15 de outubro de 2003. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em: < http://www.cnrh.gov.br/divisao-hidrografica-nacional/74-resolucao-n-32-de-15-de-outubro-de-2003/file > Acesso em: 19 de fev. de 2019.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 16 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível: < http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html> Acesso: 15. set. 2017

BRASIL. Instrução Normativa Nº 4, DE 21 de junho de 2000. Aprova os procedimentos administrativos para a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos, em corpos d'água de domínio da União. Disponível em:< http://www2.camara.leg.br/legin/marg/instno/2000/instrucaonormativa-4-21-junho-2000-359979-publicacaooriginal-1-mma.html> Acesso: 24. jun.2017.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, DE 25 de maio de 2012.** Código Florestal Brasileiro. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em: 24.set.2017.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em: 18 fev. 2017.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos – CNRH,** nº 5, de 10 de abril de 2000. Institui diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <http://www.cbh.gov.br/legislacao/20000410_CNRHRes005_DiretrizesCBH.pdf > Acesso em 15 de fev. de 2019.

BRESSAN, A. A. Tomada de decisão em futuros agropecuários com modelos de previsão de séries temporais. **RAE-eletrônica**, v. 3, n. 1, art. 9, 20p., 2004. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/%0D/raeel/v3n1/v3n1a04.pdf>. Acesso em: 5. out. 2017.

BRIGADÃO, E. N.; CORDEIRO NETTO, O. de M. Integração de análise econômica e financeira asistemas de apoio a decisão de outorga e cobrança de recursos hídricos. In: **Anais**... I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, Cuiabá, 2007. Cuiabá: ABRH, 2007.

BRITES, A.P.Z. **Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica.** 205 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CARDOSO, Maria Lúcia de Macedo. Desafios e potencialidades dos comitês de bacias hidrográficas. **Ciência e Cultura**, v. 55, p. 40-41, 2003.

CARNEIRO, M. C. M. DE O.; AMARAL, D. S.; SANTOS, L. F. M.; MARCO; M. A. G. J.; PINHEIRO, T. de M. A gestão do saneamento no Brasil e sua relação com a gestão de recursos hídricos. **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation,** v. 6, n. 1, p. 101-116, 2018. Disponível em: <http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/1785> Acesso em: 19 de fev. de 2019.

CAROLO, F. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: instrumento para o desenvolvimento sustentável?: estudo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** 2007. 203 f., il. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CARVALHO, M. C. **A pecuária familiar e a gestão de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã: Um estudo de caso no território do Alto Camaquã**. 2015. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015

CARVALHO, R. C. **Gestão dos recursos hídricos: conflito e negociação na questão das águas transpostas da Bacia do Paraíba do Sul**. 2005, 237f. Tese (Doutorado em Ciências e planejamento Energético)- Universidade Federal do Rio de Janeira, Rio de Janeiro, 2005.

CASTRO, J. E.; HELLER, L.; MORAIS, M. da P. O direito à água como política pública na América Latina: uma exploração teórica e empírica. Brasília: IPEA, 322p., 2015. Disponível em: < http://www.uepb.edu.br/download/ebooks/O%20direito%20%C3%A0%20%C3%A1gua%20como%20pol%C3%ADtica%20p%C3%BAblica%20na%20Am%C3%A9rica%20Latina.pdf> Acesso em 4. jun. 2017.

CERQUEIRA, G. A. et al. A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (**Boletim do Legislativo nº 27, de 2015**). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 16 de abril de 2015.

CHIANN, C.; MORETTIN, P. A. A wavelet analysis for time series. **Journal Nonparametric Statistics**, Chicago, v.10, n.1, p. 1-46, 1998.

CHOE, G. H. **Computational Ergodic Theory.** Berlin Heidelberg: Soringer-Verlag, 2005.

CHOW, V. T. **Handbook of Applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1964. 1418p.

CLARKE, R. T. Estimating time trends in Gumbel-distributed data by means of generalized linear models. **Water Resources Research**, v.38, n.7, 1111, 2002.

CLARKE, R. T. Hydrological prediction in a non-stationary world. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 1, p. 408–414. 2007.

COELHO, M. **Estratégia de monitoramento da qualidade da água para a gestão de recursos hídricos em bacias urbanas**. 2013, 161f. Dissertação (Mestrado em engenharia dos recursos hídricos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

COELHO, M.; FERNANDES, C. V. S.; DETZEL, D. H. M.; MANNICH, M.. Statistical validity of water quality time series in urban watersheds. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** v.22, e51, 2017. Disponível em<http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.0217160071> Acesso em: 23.set.2017.

COLLISCHONN, B. **Sistema de apoio à decisão para outorga de direito de uso de recursos hídricos**. 2014, 177p. Tese de (Doutorado em Engenharia dos Recursos Hídricos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. Tese (Doutorado em engenharia) 2001. 270 f. Tese de (Doutorado em Engenharia dos Recursos Hídricos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.

CORDEIRO, José Luís Passos. HASENACK, Heinrich. **Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul.** In: PILLAR, V. De P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. de S.; JACQUES, A. V. Á. (Org.). Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

COSTA, L. M. A formação do campo ambiental: um resgate histórico do contexto nacional e amazônico. **Tempo da Ciência**, v. 12, n. 23, p. 147-176, 2005.

COULIBALY, P.; BALDWIN, C. K. Nonstationary hydrological time series forecasting using nonlinear dynamic methods. **Journal of Hydrology,** v. 307, n. 1-4, p. 164-174, 2005.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais.** 2001. 199 f. Tese (Doutorado Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Optimization and Comparative Simulation of Water Grant Scenarios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 3. p. 75-91, Jul/Set 2005.

CRUZ, R. C. **Prescrição de vazão ecológica: aspectos conceituais e técnicos para bacias com carência de dados**. 2005. 176 f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CRUZ, R. C.; GUADAGNIN, D. L. **Uma pequena história ambiental do Pampa: proposta de uma abordagem baseada na relação entre perturbação e mudança** In:_____A Sustentabilidade da Região da Campanha-RS: práticas e teorias a respeito das relações entre ambiente, sociedade, cultura e políticas públicas. Santa Maria, RS: UFSM, PPG Geografia e Geociências, Dep. de Geociências, p. 155-179, 2010.

DALE, J.; ZOU, C. B.; ANDREWS, W. J.; LONG, J. M.; LIANG, Y.; QIAO, L. Climate, water use, and land surface transformation in an irrigation intensive watershed—Streamflow responses from 1950 through 2010. **Agricultural Water Management. v**. 160, p. 144–152, 2015.

DAMES, J. S.; PESSOA, R. S.; PESTANA, M. H. D. Passivos ambientais em áreas de mineração de minerais metálicos no escudo sul-rio-grandense - etapa II. Jornada de iniciação científica - meio ambiente, 2., 2006. Disponível em: Acesso em 16 abr. 2010.

DAUBECHIES, I.; MALLAT, S. G.; WILLSKY, A. S. **Special issue on wavelet transforms and multiresolution signal analysis.** New York: IEEE, IEEE Transactions on Information Theory, 1992.

DETZEL, D. H. M. **Modelagem de séries hidrológicas: uma abordagem de múltiplas escalas temporais**. 2015. 214f. Tese (Doutorado Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
DETZEL, D. H. M.; BESSA, M. R.; VALLEJOS, C. A. V.; SANTOS, A. B.; THOMSEN, L. S.; MINE, M.; BLOOT, M.; ESTROCIO, J. Estacionariedade das afluências às usinas hidrelétricas brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p. 95-111, 2011.

DETZEL, D. H. M.; FERNANDES, C. V.S.; MINE, M. R. M. Nonstationarity in determining flow-duration curves aiming water resources permits. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 80-87, 2016.

DETZEL, D.; FERNANDES, C. V. S.; MINE, M. R. M. Efeitos da não estacionariedade na disponibilidade hídrica para outorga. **In: Anais**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/304156101_EFEITOS_DA_NAO_ESTACIONAR

IEDADE_NA_DISPONIBILIDADE_HIDRICA_PARA_OUTORGA> Acessado em: 10 set. 2017.

DICKEY, D.; FULLER, W. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association, v.**74, n.366, p.427-431, 1979.

DICKEY, D.A.; FULLER, W.A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, v.49, 1981. p.1057-1072.

DICKEY, D.A.; PANTULA, S. Determining the Order of Differencing in Autoregressive **Econometrics**, v.54,. p.159-178, 1992

DICKEY, D.A.; PANTULA, S. Determining the Order of Differencing in Autoregressive Processes**. Journal of Business and Economic Statistics**, n. 5, p.455-61, 1987.

DOMINGUES, M. O.; MENDES, O.; KAIBARA, M.K;MENCONI, V.E.; BERNARDES, E. Explorando a transformada wavelet contínua**. Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.38, n.3, e3314, 2016.

DOURADO, F.; ARRAES, T.C.; SILVA, F.S. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 35, n. 2, p. 43-54, 2012.

DRH/SEMA. Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Relatório Final.** Porto Alegre: Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A., 2012. Disponível em:< http://www.comitegravatahy.com.br/index.php/comite-gravatahy-documentos/category/3-plano-de-bacia> Acesso em: 5 set. 2017.

DULAC, F. V. **Análise dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos com ênfase nas ações do Comitê de bacia do Rio Santa Maria, RS**. 212 f, 2013. (Dissertação de mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013

EHRLICH, P. R. **The population bomb**. New York: Ballantine Books, p.131-133, 1971.
ELMO, R. da S. **Curso da água na historia: simbologia, moralidades e a gestão de recursos hídricos**. 1998. 201 f. Tese [Doutorado em Saúde Pública]. Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1998.

FAN, F. M.; COLLISCHONN, W.; RIGO, D. Modelo analítico de qualidade da água acoplado com Sistema de Informação Geográfica para simulação de lançamentos com duração variada**. Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 359-370, 2013.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. **Bacia Hidrográfica do rio Gravataí**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_gravatai/gravatai.asp> Acesso em: 27 de junho de 2017.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler-RS. **Qualidade da água da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí.** Disponível

em:<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_gravatai/gravatai.asp> Acesso em: 12.out.2017.

FERREIRA, D. M.; FERNANDES, C. V. S.; KAVISKI, E. Curvas de permanência de qualidade da água como subsídio para o enquadramento de corpos d'água a partir de modelagem matemática em regime não permanente. **Revista Brasileira de Recursos** Hídricos, v. 21, n. 3, p. 479-492, set. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312016000300479&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15. nov. 2017.

FLEMING, S. W.; WEBER, F. A. Detection of long-term change in hydroelectric reservoir inflows: bridging theory and practice**. J. Hydrol**, v. 470-471, p. 36-54, Nov. 2012.

FOLETO, E. M.; COSTA, F. da S. A implantação dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul/Br. In: **12º Congresso da Água, do 16º Encontro Nacional de Engenharia Sanitária (ENASB) e do XVI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), p. 1-13, 2014.

FREITAS, M.A. S. **Análise de risco e incerteza na tomada de decisão na gestão hidroambiental**. 2003. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/228397206_ANALISE_DE_RISCO_E_INCERTEZA_NA_TOMADA_DE_DECISAO_NA_GESTAO_HIDROAMBIENTAL> Acesso em: 3 de agost.2017.

GANOULIS, J.G. **Engineering Risk Analysis of Water Pollution.** VCH Publishers Inc., New York, NY, 1994.
GARCIA, R. L.; TUCCI, C. E. M. Simulação da qualidade da água em rios em regime não-permanente: Rio dos Sinos. **Recursos Hídricos**, v.21, n.2, p. 17-26, 2000.

GILBERT, R. O. **Statistical methods for environmental pollution monitoring**. New York: John Wiley & Sons, 336p., 1987.

GONTIJO, N. T. **Avaliação das relações de freqüência entre precipitações e enchentes raras por meio de séries sintéticas e simulação hidrológica**. 2007, 175f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

GRAPS, A. An introduction to wavelets. IEEE Computational Science and Engineering. **Los Alamitos**, v.2, n.2, p. 1-18, 1995.

GUANDIQUE, M. E. G.; MORAIS, L. C. Estudo de variáveis hidrológicas e do balanço hídrico em bacias hidrográficas. In: GUANDIQUE, M. E. G.; MORAIS, L. C. (org.) **Ecologia de reservatórios e interfaces.** São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 434-447, 2015.

GUASSELLI, L. A. ETCHELAR, C. B. BELLOLI, T. F. Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí–RS. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil**, v. 13, 2013.

GUIMARÃES, R. C. Probabilidade e Estatística Aplicadas à Hidrologia. Évora: Departamento de Engenharia Rural, Universidade de Évora, 54p., 2011. Disponível em: < https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4729/1/Probabilidade%20e%20Estat%C3%ADstica%20aplicada%20%C3%A0%20Hidrologia.pdf>. Acesso em: 5 de jun. 2017.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. **Science,** v.162, p.1243-12448, 1968.

HARTNETT, M.; NASH, S. An integrated measurement and modeling methodology for estuarine water quality management. **Water Science and Engineering**, v.8, n.1, p. 9-19, 2015. Disponível em: <http://dx.doi. org/10.1016/j.wse.2014.10.001> Acesso em: 5 de out. 2017.

HE, Y.; LIN, KAIRONG; CHEN, X. Effect of Land Use and Climate Change on Runoff in the Dongjiang Basin of South China. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2013, p. 14, 2013.

HIPPEL, K. W.; MCLEOD, A. I. **Time series modelling of water resources and environmental systems.** Amsterdan, Netherlands: Elsevier Science B.V., 1994.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto Levantamento e Classificação do Uso da Terra: Uso da Terra no Estado do Rio Grande do Sul.** Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 153 pag. 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95891.pdf >Acesso em: 15 de mar. de 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Pesquisas e Geografia. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 4 de set. 2017.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: The physical science basis. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M.; Miller, H. L. (ed.) **Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 996p., 2007.

IPCC. **Climate Change 2014. Synthesis Report**. Geneva: The Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. Meyer, IPCC, p. 6–15, 2014. Disponível em: < https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf>. Acesso em: 1 agost. 2017.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change . Cambios Climáticos 2014: Impactos, Adaptación y vulnerabilidad. Contribución del grupo de trabajo al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático**.34p. 2014.

JACKSON, B. B. The use of streamflow models in planning. **Water Resources Research**, Vol. 11, N. 1, p. 54-63, 1975.

JACOBI, P. R. **A gestão participativa de bacias hidrográficas no Brasil e os desafios do fortalecimento de espaços públicos colegiados**. In: COELHO, V. S. R. P.; NOBRE, M. (Org.). Participação e deliberação. São Paulo: Editora 34 Letras, 2004, p. 270-289.

JACOBI, P. R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Rev. Katál**. Florianópolis v. 10 n. 2 p. 237-244 jul./dez. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rk/v10n2/a12v10n2 > Acesso em 20 de fev. de 2019.

KIBRIA, K. N.; AHIABLAME, L.; HAY, C.; DJIRA, G. Streamflow Trends and Responses to Climate Variability and Land Cover Change in South Dakota. **Hydrology**, v.3, n. 1, 2016.

KLEMES, V. The Hurst Phenomenon: A Puzzle? **Water Resources Research**, v. 10, n. 4, p. 675–688, 1974.

KLIR, G. J. Principles of uncertainly: What are they? Why do we need them? **Fuzzy Sets and Systems**, v.74, p. 15-311, 1995.

KNAPIK, H. G.; FRANCA, M. S.; FERNANDES, C. V. S.; AZEVEDO, J. C. R.; PORTO, M. F. A. Reflections about water quality recovery based upon conceptual aspects of monitoring and modeling organic content: the case study of a critical basin. **IAHS-AISH Publication,** v. 331, p. 358-365, 2009.

KOIDE, S.; SOUZA, M. A. A. Monitoramento da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 626 p., 2001.

KOUTSOYIANNIS, D. Hurst-Kolmogorov Dynamics and Uncertainty. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 47, n. 3, p. 481–495, 2011.

KOUTSOYIANNIS, D. Hydrology and change. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, n. 6, p. 1177–1197, 2013.

KOUTSOYIANNIS, D. Nonstationarity versus scaling in hydrology. **Journal of Hydrology**, v. 324, n. 1–4, p. 239-254, 2006.

KOUTSOYIANNIS, D.; MONTANARI, A. Negligent killing of scientific concepts: the stationarity case. **Hydrological Sciences Journal**, v. 60, n. 7-8, p. 1174-1183, 2015.

KRUGER, C.; KAVISKI, E.; MULLER, I. Análise de Estacionariedade de Séries Hidrológicas na Bacia Incremental de Itaipu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** v.3, n.4., p.51-71, 1998.

KUNDZEWICZ, Z. W. Hydrological uncertainty in perspective. In: KUNDZEWICZ, Z. W. (ed.) **New Uncertainty Concepts in Hydrology and Water Resources**. International Hydrology Series. Cambridge: Cambridge University Press, p. 3-10, 1995.

KWIATKOWSKI, D., PHILLIPS, P. C. B, SCHMIDT, P.; SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationary against the alternative of a unit root. **Journal of Econometrics**, v.54, p. 159-178, 1992.

LARENTIS, D. G.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação da qualidade de água em grandes bacias: Rio Taquari-Antas, RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, p. 5-22, 2008.

LIMA, C.H. R.; LALL, U. Hidroclimatologia de cheias: eventos extremos, não estacionariedade, processos climáticos de larga escala e uma perspectiva para simulações num contexto de mudanças climáticas globais. **2º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste**, 2008. Disponível em: <http://water.columbia.edu/files/2011/11/LimaLall2008flood.pdf> Acesso em: 19 d fev. de 2019.

LIMA, G. BOLDRIN, R. S.; MEDIONDO, E. M.; MAUAD, F.F. Análise de incertezas de observações hidrológicas e sua influência na modelagem de pequenas bacias urbanas. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídrico.** Volume 12 n.1 Jan/Mar 107-116, 2007. Disponível em: < https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31722903/RBRH.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1550601263&Signature=1M8OKlAtwfB5rJ8n0RLpDuMojeM%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAnalise_de_Incertezas_de_Observacoes_Hid.pdf > Acessível em:19 de fev. de 2019.

LIMA, G. F. da C. Questão ambiental e educação: contribuições para o debate**. Ambiente & Sociedade**, NEPAM/UNICAMP, Campinas, ano II, n.5, 135-153, 1999.

LIMA, J. F. D.; ALVES, L. R.; PEREIRA, S. M.; SOUZA, E. C. D.; JONER, P. R.; CAMARGO, A. D., ANDRADE, P. E. P. D. O uso das terras no sul do Brasil: uma análise a partir de indicadores de localização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 44(4), 677-694, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032006000400003> Acesso em: 15 de mar. de 2019.

LINS, H. F.; COHN, T. A. Stationarity: Wanted dead or alive? **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v.47, n.3, p. 475-480, 2011.

LUCAS, E. W. M. et al. Modelagem hidrológica determinística e estocástica aplicada à região hidrográfica do Xingu–Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.3, p. 308-322, 2009.

LUCAS, E. W. M.; SOUSA, F.A. S. de S.; SILVA, F. D. S.; LUCIO, P. S. L. Modelagem hidrológica determinística e estocástica aplicada à região hidrográfica do Xingu–Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.3, p. 308-322, 2009.

LUCAS, E.W.M. et al. Modelagem hidrológica determinística e estocástica aplicada à região hidrográfica do Xingu–Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.3, p. 308-322, 2009.

LUTKEPOHL, H.; KRATZIG, M. **Applied time series econometrics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

MACEDO, E.S.; AUGUSTO FILHO, G**.** Gerenciamento de Riscos Geológicos. **Revista de Geociências**, v.3, n.6, p. 49-57, 1998.

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. **Ambiente & Sociedade** – Vol. VI nº. 2 jul./dez. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/%0D/asoc/v6n2/a08v06n2.pdf > Acesso em> 18 de fev. de 2019.

MACHADO, C. J. S.; CARDOSO, M. L. de M. O Paradoxo da Democracia das Águas. **Revista Informativa da Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, 2:5-6, 2000.

MACHADO, P. A. L. Recursos hídricos: direito brasileiro e internacional. In: MACHADO, P. A. L. **Recursos hídricos: direito brasileiro e internacional**. São Paulo: Malheiros Editores, 2002.

MÄDER, A.; SANDER, M.; CASA JR, G. Ciclo sazonal de mortalidade do pinguim-de-magalhães, Spheniscus magellanicus influenciado por fatores antrópicos e climáticos na costa do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 18, n. 3, p. 228-233, 2010.

MAFRA, C.Q.T.; MAZZOLA, M. As razões dos desastres em território brasileiro. In: SANTOS, R.F. **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <http://fld.com.br/uploads/documentos/pdf/Vulnerabilidade_Ambiental_Desastres_Naturais_ou_Fenomenos_Induzidos.pdf. > Acesso em: 15 de fev. de 2019.

MANDELBROT, B. B., WALLIS, J. R. NOAH, J., Operational hydrology. **Water Resources Research**, v.4, n.5, p. 909–918, 1968.
MARGARIDO, M. A ; ANEFALOS, L. C. Testes de raiz unitária e o software SAS. **Agric. São Paulo**, v.46, n.2, p. 19-45, 1999. Disponível em: < http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/rea/tomo2_99/artigo2.pdf>. Acesso em: 3 set. 2017.

MARINHO FILHO, G.M.; ANDRADE, R.S.; ZUKOWSKI, J.C.; MAGALHÃES, L.L. Modelos hidrológicos: conceitos e aplicabilidades. **Revista de Ciências Ambientais**, v.6, n.2, p. 35-47, 2013.

MARQUES, A.F.S. et al. **Informações básicas para a gestão territorial.** 1994. Disponível em:< http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/downloads/dados/Bacia_Gravatai/Referencias/Proteger_Bacia_Gravatai_1_Geomorfologia.pdf> Acesso: 4 de maio.2017.

MATALAS, N.C. Comment on the announced death of stationarity, **Water Resour. Plann. Manage.**, v.138, p. 311–312, 2012.

MATHEWS, R.; RICHTER, B. D. Application of the indicators of hydrologic alteration software in environmental flow setting. **Journal of the American Water Resources Association**, v.43, n.6, p. 1400-1413, 2007.

MEIER, M.A**. A representação e a representatividade social do comitê de bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas/RS**. 2016, 254 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MENDIONDO, E. M. TUCCI, C. E.; CLARKE, R. T.; CASTRO. N. M.; GOLDENFUM, J.; CHEVALLIER, P. Space–time observations in nested catchment experiments of representative basins—experiences gained and lessons learned to help the PUB initiative in the World's biomes. **Predictions in Ungauged Basins**: PUB Kick-off, v. 1, p. 01-10, 2007.

METROPOLIS. N, ULAM S. The Monte Carlo method. **J. Am. Stat. Assoc**., v.44, n.247, p.335-341, 1949.

MILLY, P. C. D., WETHERALD, R. T.; DUNNE, K. A.; DELWORTH, T. L. Increasing risk of great floods in a changing climate". **Nature**, v. 415, 31 de Janeiro, 2002.

MILLY, P. C. D.; BETANCOURT, J.; FALKENMARK, M.; HIRSCH, R. M.; KUNDZEWICZ, Z. W.; LETTENMAIER, D. P.; STOUFFER, R. J.; DETTINGER, M. D.; KRYSANOVA, V. Comment on critiques of "stationarity is dead: whither water management?". **Water Resources Research**, v. 51, n. 9, p. 7785-7789, 2015.

MILLY, P. C. D.; BETANCOURT, J.; FALKENMARK, M.; HIRSH, R. M.; KUNDZEWICZ, Z. W.; LETTENMAIER, D. P.; STOUFFER, R. J. Stationarity is dead: whither water management? **Science**, v. 319, n. 5863, p. 573-574, 2008.

MONTANARI, A.; KOUTSOYIANNIS, D. Modeling and mitigating natural hazards: stationary is immortal. **Water Resources Research**, v.50, n.12, p. 9748-9756, 2014.

MORETTIN, P. A. **Ondas e Ondaletas**. São Paulo: Edusp, 1999.

MORETTIN, P. A. **Ondas e ondaletas: da análise de fourier à análise de ondaletas de séries temporais.** São Paulo: EDUSP, 276 p., 2014.

MORGAN ULIANA, E. et al. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 1, 2015.

MÜLLER, I. I. KRÜGER, C. M.; KAVISKI, E. Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.4, p. 51 –71, 1998.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte, Brasil: CPRM, 552p., 2007.

NAGHETTINI, M.; PORTELA, M.M. **Probabilidade e estatística aplicadas à hidrologia**. Lisboa: Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico, 57p., 2011. Disponível em: < http://www.civil.ist.utl.pt/~mps/Mod_hid/Teoria/Cap%C3%ADtulo%20HE%20Final%20PT.pdf>. Acesso em: 23. set. 2017.

NEGRI, T. T. **Reconhecimento de padrões via Wavelets: aplicação no monitoramento de estruturas a partir do efeito do multicaminho proveniente de sinais de satélites GPS.** 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada e Computacional) - Universidade Estadual Paulista, Registro, 2012.

NOETHER, G. E. **Introdução à Estatística Uma Abordagem Não-Paramétrica.** 2ed., Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

NRC. **Opportunities in hydrologic sciences**. Washington: National Academy Press, 348p., 1991.

NUSSENZVEIG, H. M. **Complexidade e caos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/COPEA, 280 p., 2003.

OLIVEIRA, LCK; CANELLAS, A.V. B. Importância de dados hidrometeorológicos confiáveis no gerenciamento de recursos hídricos. Anais: **Simpósio de Gestão de Recursos Hídricos de Gramado, Gramado/RS, Brasil**, 1999.

OTTERO, C. R. CHARGEL, L.T.; HORA, M. A. G. da**.** Frequency Analysis of Rainfall Data Observed in 2011 and 2013 in Serrana Region, Rio de Janeiro State. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 131-139, 2018.

PANDOLFI, C.; WERNER, L.; CATEN, C. S. T. (2014). Previsão de matrículas em uma IES utilizando séries temporais e a simulação de monte carlo. **Anais...** Salvador. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014.

PBMC, 2013. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 28 p., 2013. <https://www.researchgate.net/profile/Nathan_S_Debortoli/publication/263653588_IMPACTOS_VULNERABILIDADE_E_ADAPTACAO_NA_ESFERA_REGIONAL_Centro-Oeste/links/0046353b6d600a4cc2000000.pdf>

PERCIVAL, D. B.; WALDEN, A. T. **Wavelet methods for time series analysis**. Cambridge: Cambridge University Press**,** 2006.

PHILLIPS, P. C.B.; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, Great Britain, v.75, n.2, p. 335-346. 1988.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. GOUVEA, D. L. S. Análise de tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 28, n. 3 (2013). Disponível em <http://submission.scielo.br/index.php/rbmet/article/view/63215> Acesso em: 30 de dez de 2019.

PINTO, H. S., ASSAD, E. D. J. ZULLO J..; ÁVILA A.M.H de. **Variabilidade climática**. Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente , 2003.

PORTO, M. **Sistemas de Gestão da Qualidade das Águas: Uma Proposta para o Caso Brasileiro**. São Paulo, 2002. 131p. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2002.

PORTO, M.F.A; PORTO, R.L.L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p. 43-60, 2008.

PORTO, R.L.L et al**. Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos.** Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 1997.

PRIGOGINE, I. **As leis do caos**. São Paulo: Editora UNESP, 109 p., 1996.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: Tempo, caos e as leis da natureza**. São Paulo: Editora UNESP, 200 p., 2002.

RAO, B.B. Introduction. In: RAO, B.B. **Cointegration for the applied economist**. New York: ST. Martins Press, p. 1-8, 1994.

REEVES, H. **A hora do deslumbramento**: o universo tem um sentido? São Paulo: Martins Fontes, 250p., 1988.

RENNÓ, C. D.; SOARES, J. V. **Modelos hidrológicos para gestão ambiental. Ação "Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental". Relatório Técnico Parcial**. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Programa de Ciência e Tecnologia para a Gestão de Ecossistemas, 60p., 2000. Disponível em: < http://www.dpi.inpe.br/geopro/modelagem/relatorio_modelos_hidrologicos.pdf >. Acesso em: 6. Set. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994.** Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/filerepository/replegis/arquivos/10.350.pdf > Acesso em: 19 de fev. de 2019.

ROBERT, C. P.; CASELLA, G. **Monte Carlo Statistical Methods**. 2ed., New York: Springer, 645p., 2004.

ROCHA, G. C. **Riscos ambientais: Análise e mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora, Minas Gerais: Editora UFJF, 2006.

ROCHA, S. N. **Efeitos do aumento da temperatura sobre a disponibilidade hídrica para a pecuária familiar na sub-bacia do Alto Camaquã, RS**. 199 f, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016.

ROCHA, S. N. **Efeitos do aumento da temperatura sobre a disponibilidade hídrica para a pecuária familiar na sub-bacia do Alto Camaquã, RS**. 199 f, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016.

RODRIGUES, L. L. M. **Análise de variância em séries temporais: uma abordagem usando ondaletas**. 2015, 101 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agropecuária), Univesidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2015.

RODRIGUES, Roberta Baptista. **SSD RB-Sistema de suporte a decisão proposto para a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água**. 179f. 2005. [Tese de Doutorado]. Escola Politécnica apresentada a Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SÁFADI, T. Uso de séries temporais na análise de vazão de água na represa de Furnas. **Ciências Agrotécnicas**, v.28, n.1, p. 142-148, 2004.

SAID, S. E.; DICKEY, D. A. Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. **Biometrika**, v. 71, n. 3, p. 599-607, 1984.

SALAS, J. D. **Applied modeling of hydrologic time series**. Highlands Ranch, Colorado: Water Resources Publication LLC, 484p., 1985.

SANSIGOLO, C. A.; KAYANO, M. T. Tendências nas temperaturas máximas e mínimas e nas precipitações sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006). In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais**... Belém, 2010.

SANTOS, C. A. G.; FREIRE, P. K. M. M.; TORRENCE, C. A transformada wavelet e sua aplicação na análise de séries hidrológicas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.18, n.3, p. 271-280, 2013.

SANTOS, C.A.; LIMA, M.M.; FARIAS, M H..S.;AIRES, R.V. SERRÃO, A.O. Análise estatística da não estacionariedade de séries temporais de vazão máxima anual diária na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. **HOLOS**, v. 7, p. 179-193, 2016.
SCHEREN, R. S. **Urbanização na planície de inundação do Rio Gravataí-RS**. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado em engenharia dos recursos Hídricos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SERINALDI, F., KILSBY, C. G. Stationarity is undead: Uncertainty dominates the distribution of extremes. **Advances in Water Resources**, v.77, p. 17–36, 2015.

SILVA NETO, B.; FRANTZ, T. R. Dinâmica da agricultura e desenvolvimento no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural,** v. 41, n. 3, jul./set. 2003.

SILVA, Camila Santos Bueno da. Modelagem não homogênea e não estacionária de máximos anuais de vazão. 121f. 2015. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/19140/1/2015_CamilaSantosBuenodaSilva.pdf > Acesso em: 19 de fev. 2019.

SILVA, F. E. O**. Assimilação do padrão de variabilidade das variáveis de estado de um modelo chuva-vazão em esquemas de simulação / previsão hidrológica**. 2015. 227 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

SILVEIRA, G. L. da. **Quantificação de vazão em pequenas bacias com carência de dados fluviométricos.** 1997. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hidricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SILVEIRA, G. L. da; TUCCI, C. E. M. ; SILVEIRA, A. L. L. da. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.3, p. 111-131, 1998.

SILVEIRA, GL da; CRUZ, J. C. (eds.) **Seleção ambiental de barragens**: análise de favorabilidades ambientais em escala de bacia hidrográfica. Santa Maria: UFSM, ABRH**,** 388 p., 2005.

SIVAPLAN M.; TAKEUCHI,K.; FRANKS, S.W.; GUPTA, V.K.; LAKSHMI, V.; LIANG, X.; McDONNELL, J.J.; MENDIONDO, E. M.; O'CORNNELL, P. E; POMEROY, J.W.; SCHRTZER, D.; UHLENBROOK, S.; ZEHE, E. IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basis (PUB), 2003-2012: Shaping an Exciting Future for the Hydrological Sciences. Submitted to Hydrological **Sciences Journal**, 2003.

SORRIBAS, M. V. et al. Modelagem distribuída do carbono em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.17, n.3, p. 225-240, 2012.

SOUZA, G. C. U. I. de**. Avaliação de Títulos Conversíveis com Opções de Compra e Venda Implícitas em Contrato.** 2006. 174 f**.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção: Finanças e Análise de Investimentos) – Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, L. F. **Estudo acerca da cobertura vegetal nas zonas ciliares do principal corpo hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. PARECER DAT-MA Nº 0629/2008. Porto Alegre: Unidade de Assessoramento Ambiental, Geoprocessamento – Bacias Hidrográficas, Divisão de Assessoramento Técnico, Ministério Público do Rio Grande do Sul, 12p., 2008. Disponível em: < https://www.mprs.mp.br/media/areas/paibh/arquivos/bacia_hidrografica_rio_gravatai_dat.pdf > . Acesso em: 7 de set. 2017.

STUDART, T. M. C.; CAMPOS, J.; CARVALHO, R. Recursos hídricos e as incertezas científicas: novos conceitos e abordagens. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, promovido pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Aracaju, Sergipe**, 2001. Disponível em: < http://www.deha.ufc.br/ticiana/Arquivos/Publicacoes/Congressos/2001/recursos_hidricos_e_incertezas_cientificas.pdf> Acesso em 19 de fev. de 2019.

STUDART, T. M.de C. A Outorga do Direito de Uso da Água em um Cenário de Incertezas: o Caso do Nordeste Semi-Árido. In: HOFMEISTER, W. (ed.) **Água e o desenvolvimento no semi árido.** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer**,** Série Debates N. 24, 169 p., 2002. Disponível em: <http://www.kas.de/wf/doc/kas_11769-544-5-30.pdf> Acesso em: 3 de set.2017.

TRINDADE, J. P. P. **Uso da terra no Rio Grande do Sul: ano de 2017** In_ José Pedro Pereira Trindade, D. S. da R., L. B. da S. V. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018. 18 p.: il. color. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355035/37050427/Uso+da+Terra+RS+2017/cf29eb9a-ab73-beec-7bea-55069555ce23> 30 de dez de 2019.

TUCCI, C. E.M; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

TUCCI, C.E.M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 61-68, 2000.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 3 ed., Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2002.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 4 ed., Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2007.

TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Ed.da Universidade/ ABRH, 669p., 1998.

TUCCI, C.E.M. Mudanças climáticas e impactos sobre os recursos hídricos no Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, p.137-156, 2007.

TUCCI, C.E.M.: HESPANHOL, I.; CORDEIRO N., O. de M. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília: Unesco, 2001.
TUCCI, C.E.M; BRAGA B. (orgs.). **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH. 348 p., 2003.

TUCCI, C.E.M; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/SQA, 302 p., 2006. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf>. Acesso em: 12. nov. 2017

TUCCI, Carlos EM; MENDES, C. A. Curso de Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. **Ministério do Meio Ambiente/SQA. Brasília: MMA/SQA**, 2006.

TUNDISI, J. G. et al. Water Availability, Water Quality, Water Governance: the Way Ahead, in C. Ardenec et al. (ed.). **Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future**. PIAHS, 2015.

TUNDISI, J. Ga.; TUNDISI, T. M. As múltiplas dimensões da crise hídrica. **Revista USP**, n. 106, p. 21-30, 2015. Disponível em: http://www.periodicos.usp.br/revusp/article/view/109780/108286 > Acesso em: 19 fev. 2019.

TURETTA, A.P.D. **Mudanças de uso da terra em bacias hidrográficas.** Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E), 2011.
U.S. DOE. United States Departament of Energy. **Scientific discovery through advanced computing**. Washington, DC: U.S. DOE, 20p., 2000. Disponível em: <http://www.scidac.gov/SciDAC.pdf.> Acesso em: 9. nov. 2017

VESTENA, L. R. A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.4, n.1, Jan./Abr., 2008. Disponível em< http://200.201.10.18/index.php/ambiencia/article/view/295/1893>. Acesso em: 22 set. 2017.

VETTERLI, M.; KOVACEVIC, J. **Wavelets and subband coding**. Washington: Prentice Hall, 522 p., 1995.

VILLARINI, G. F., F. SERINALDI, J. A. SMITH, W. F. K. On the stationarity of annual flood peaks in the continental United States during the 20th century. **Water Resour. Res.**, v.45, n.8, W08417, doi:10.1029/2008WR007645, 2009.

VILLELA, S. M.; MATTOS, **A. Hidrologia aplicada.** McGRAW-HILL do Brasil Ltda, 1975.

VOGEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. Flow duration curves I: new interpretation and confidence intervals. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.120, n.4, p. 485-504, 1994.

VOGEL, R. M.; LALL, U.; CAI, X.; RAJAGOPALAN, B.; WEISKEL, P. K.; HOOPER, R. P.; MATALAS, N. C. Hydrology: The interdisciplinary science of water. **Water Resour. Res**., v.51, n.6, p. 4409-4430, 2015.

VOGEL, R. M.; YAINDL, C.; WALTER, M. Nonstationarity: flood magnification and recurrence reduction factors in the united states. J**ournal of the American Water Resources Association**, v.47, n.3, p. 464-474, 2011.

WANDERLEY, L. J.; MANSUR, M.S.; MILANEZ, B.; PINTO, R. G**.** Desastre da Samarco/Vale/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socio ambientais. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 30-35, 2016. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252016000300011&script=sci_arttext&tlng=en> Acesso em 4 de fev.2019.

WEBER, E.J.; HASENACK, H. **Estruturação de dados digitais geoambientais da bacia do rio Gravataí**. Porto Alegre: Centro de Ecologia/IB/UFRGS, 2013. Disponível em< http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo> Acesso em 22. agos.2017.

WHITCHER, B. Waveslim: basic wavelet routines for one, two- and threedimensional with a unit root. **Econometrica**, v.49, p.1057-1072, 1981.

WHITCHER, B. **Waveslim: basic wavelet routines for one, two- and threedimensional signal processing. R Package Version 1.6.4.** 2010. Disponível em: <http://CRAN.Rproject.org/package=waveslim>. Acesso em: 10 nov. 2017.
YEN, B. C. Stochastic methods and reliability analysis in water resources. **Adv. Water Resources,** v.11, p. 115-122, 1988.

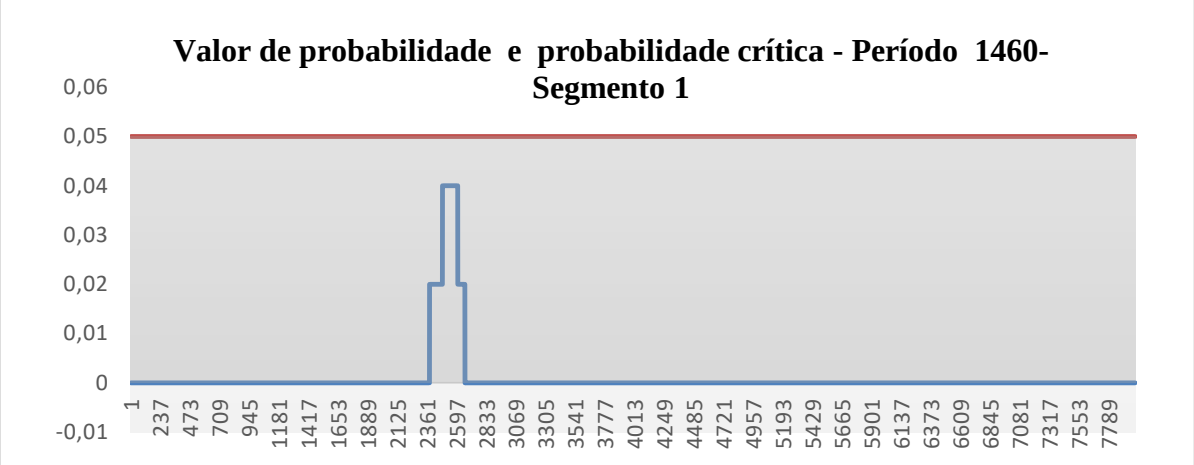
YEVJEVICH, V. Determinism And Stochasticity In Hydrology. **Journal of Hydrology**, v.22, p. 225-238, 1974.

ZHOURI, A.; VALENCIO, N.; OLIVEIRA, R.; ZUCARELLI, M. LASCHFSKI, K.; SANTOS, A.F.O desastre da Samarco e a política das afetações: classificações e ações que produzem o sofrimento social. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 36-40, 2016. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252016000300012&script=sci_arttext> Acesso em: 19 fev. 2019.

7 APÊNDICE A - GRÁFICOS DE VALORES DE PROBABILIDADES DA SÉRIE HIDROLÓGICA COM PREENCHIMENTO DE FALHAS

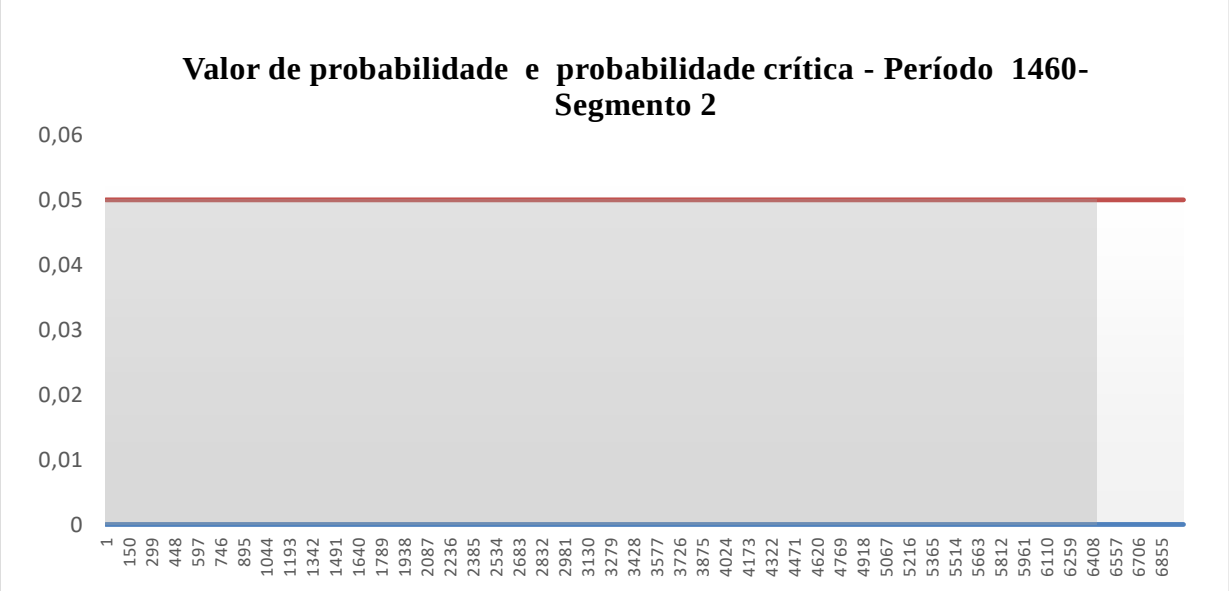
7.1 PERÍODO DE 1460 DIAS – SEGMENTOS 1, 2 E 3.

7.1.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 1.460 – 1 Segmento.



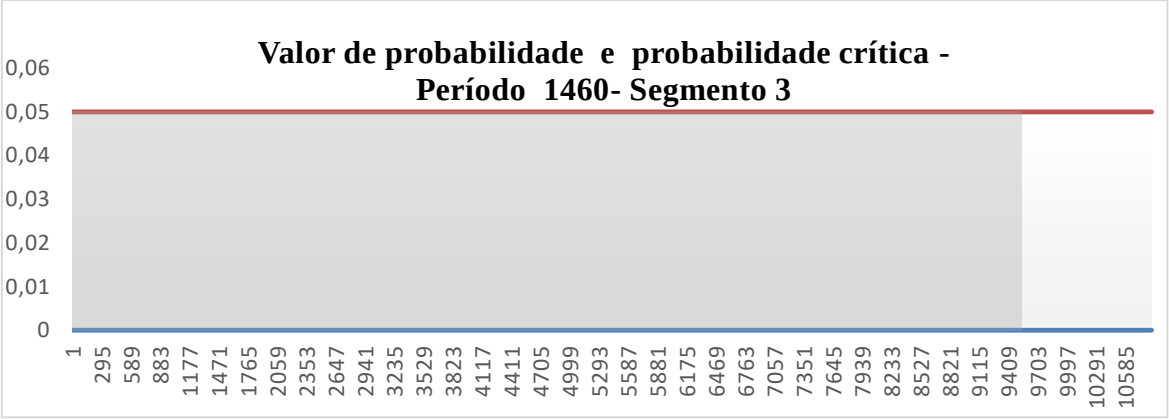
Fonte: Autora.

7.1.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 1.460 – 2 Segmento.



Autora: 2020.

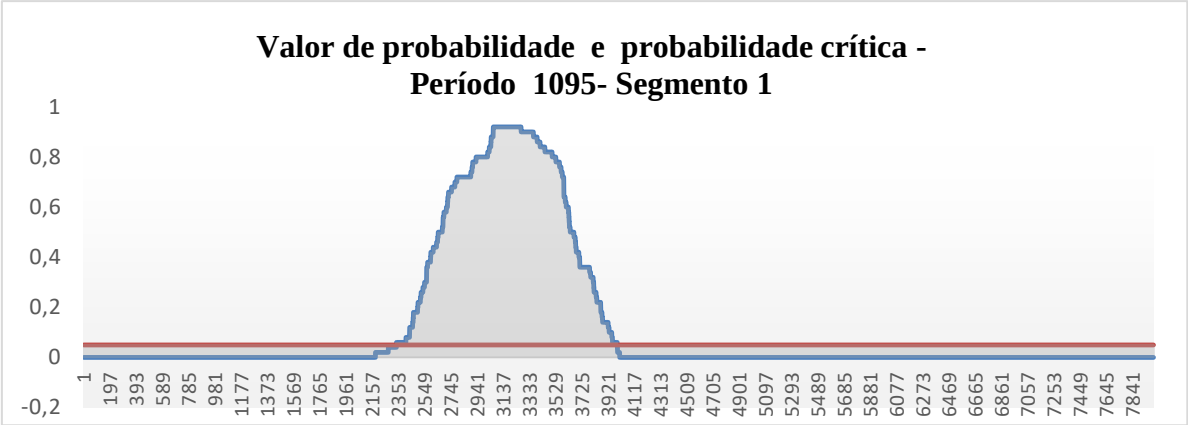
7.1.3 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 1.460 – 3 Segmento.



Fonte: Autora.

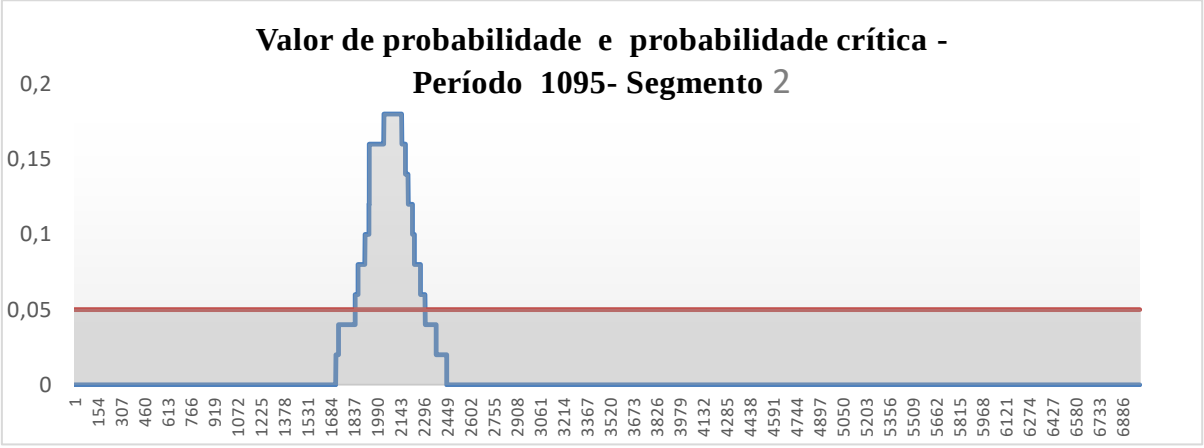
7.2 PERÍODO DE 1.095 DIAS

7.2.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 1.095 – 1 Segmento.



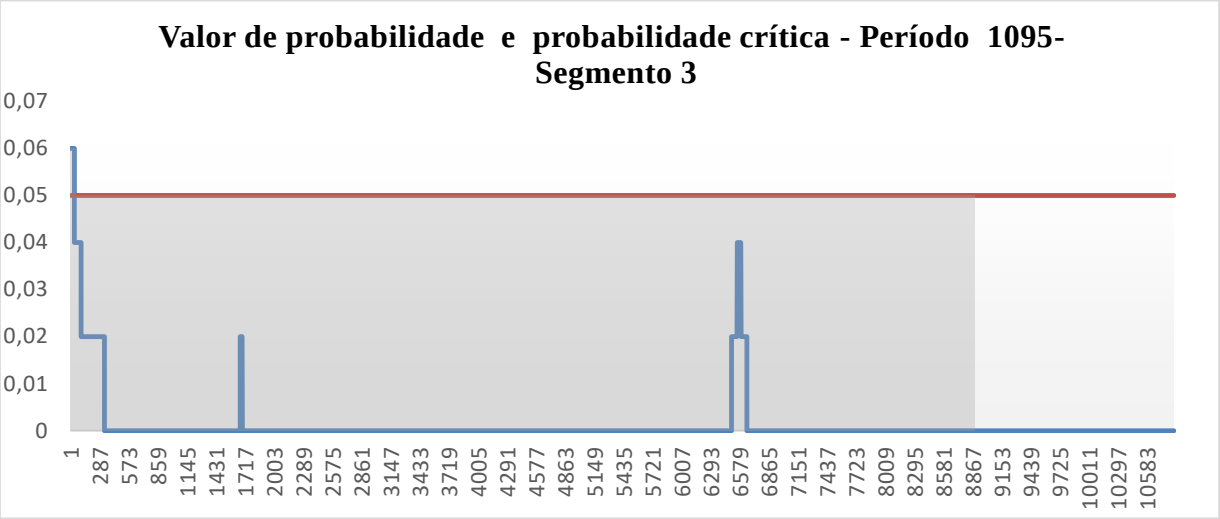
Fonte: Autora.

7.2.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 1.095 – 2 Segmento.



Fonte: Autora.

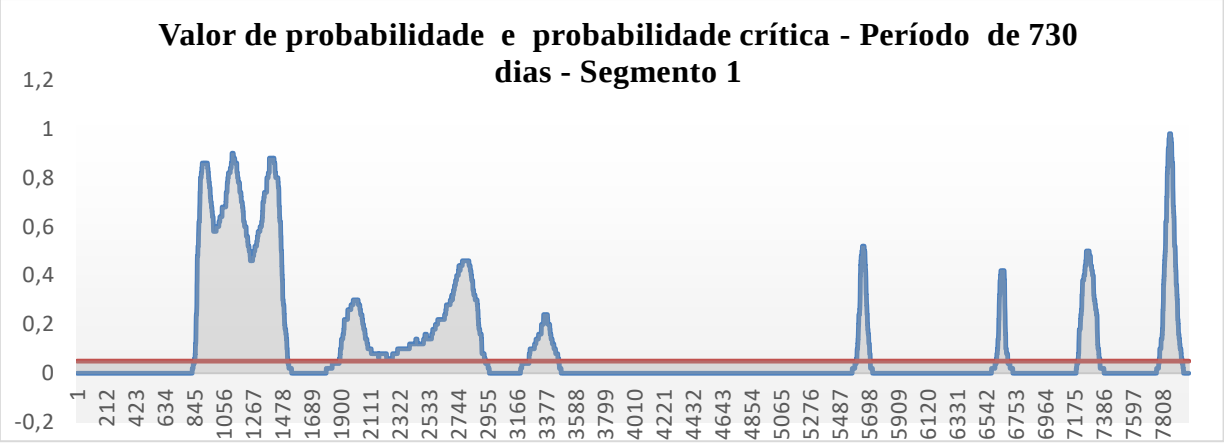
7.2.3 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 1095 – 3 Segmento.



Fonte: Autora.

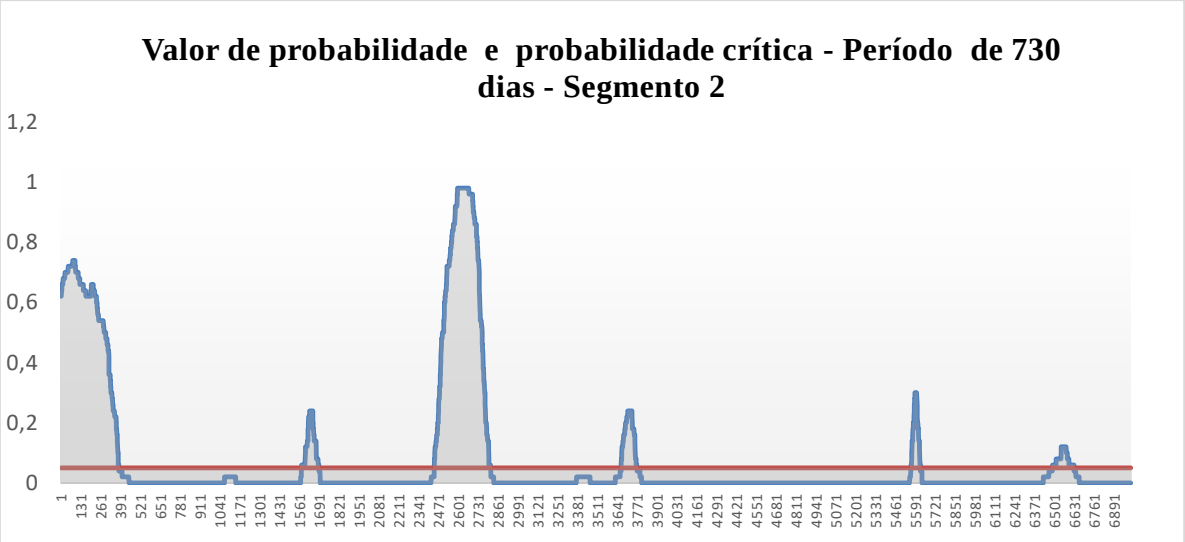
7.3 PERÍODO DE 730 DIAS

7.3.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 730 – 1 Segmento.



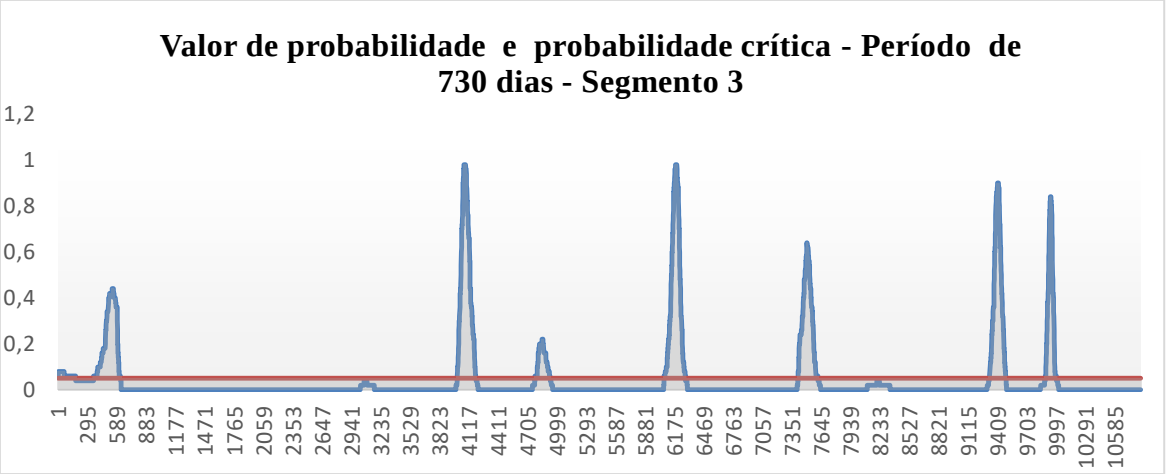
Fonte: Autora.

7.3.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 730 – 2 Segmento.



Fonte: Autora.

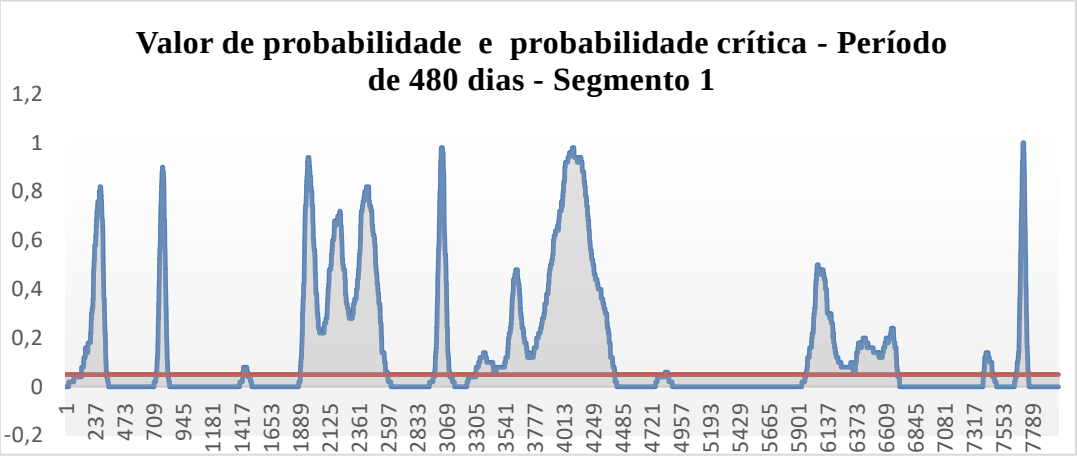
7.3.3 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 730– 3 Segmento.



Fonte: Autora

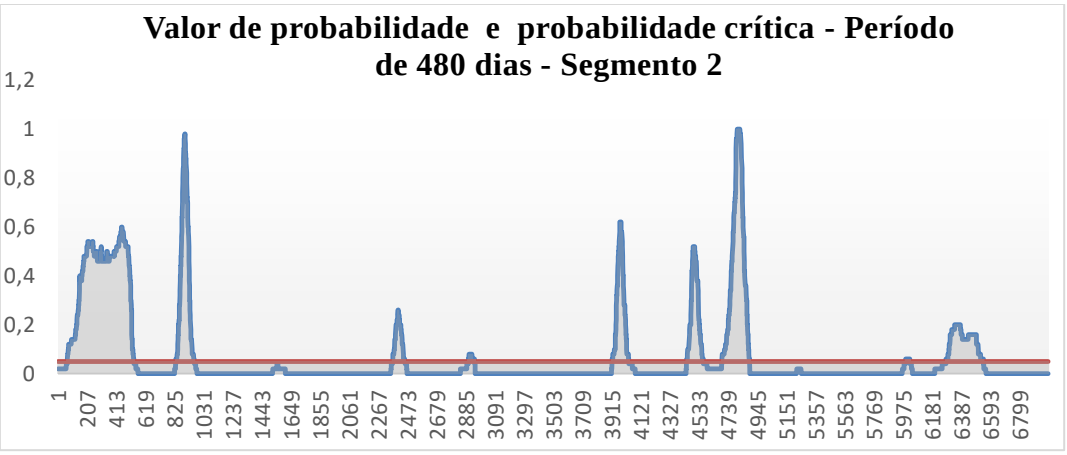
8.4 PERÍODO DE 480 DIAS

8.4.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 480 – 1 Segmento.



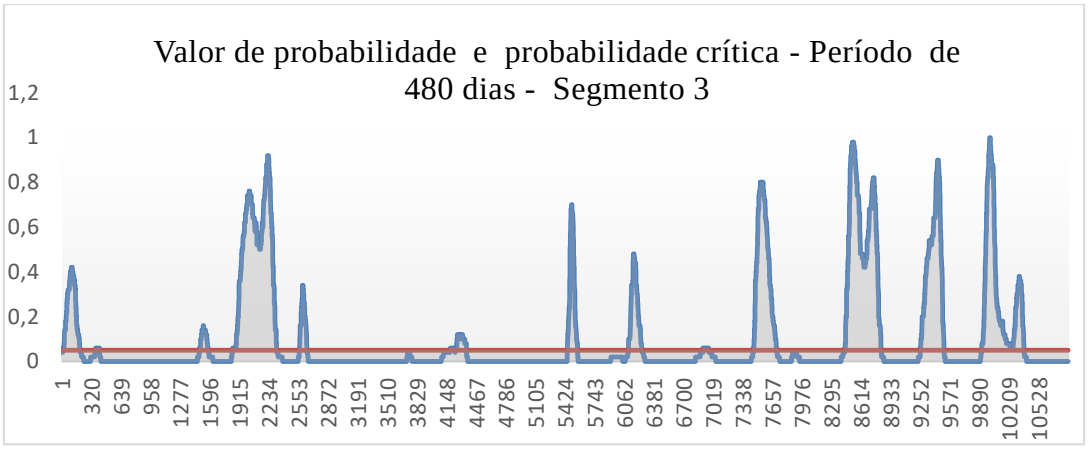
Fonte: Autora.

8.4.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 480– 2 Segmento.



Fonte: Autora.

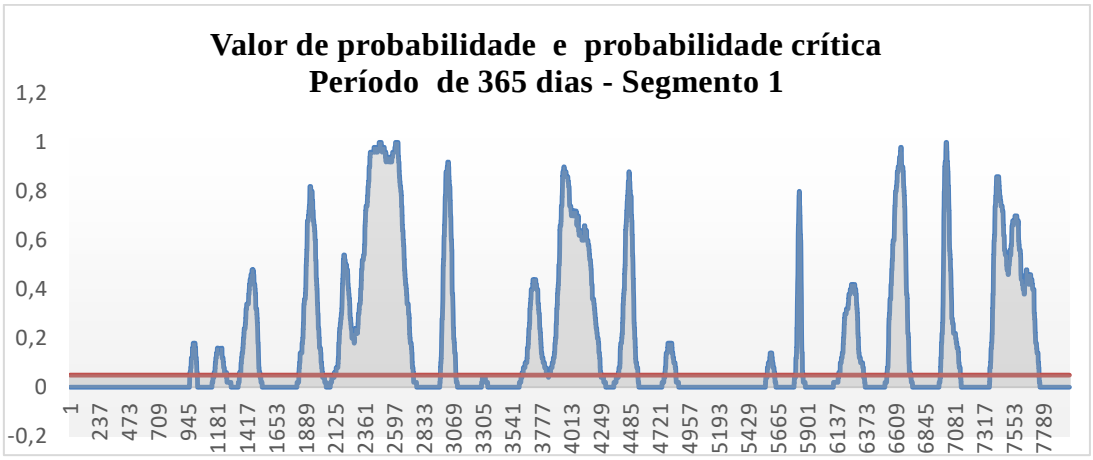
8.4.3 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 480 – 3 Segmento.



Fonte: Autora.

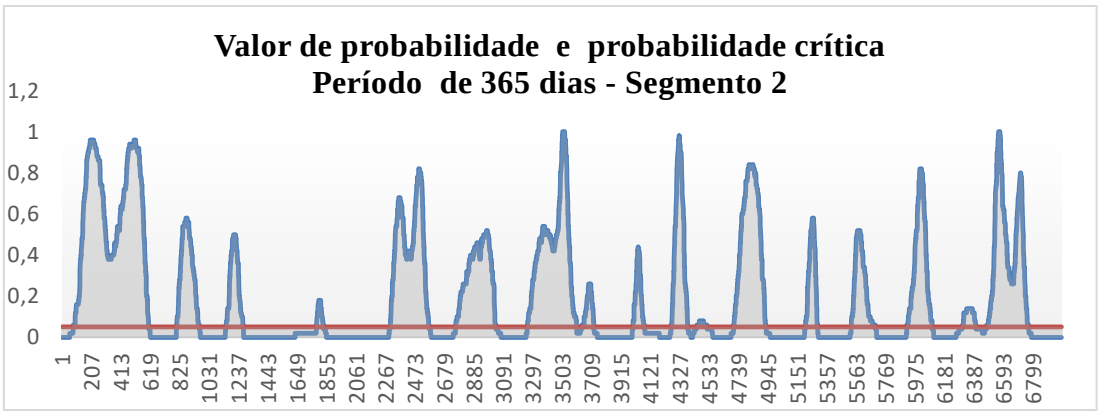
7.5 PERÍODO DE 365 DIAS

8.5.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 365– 1 Segmento.



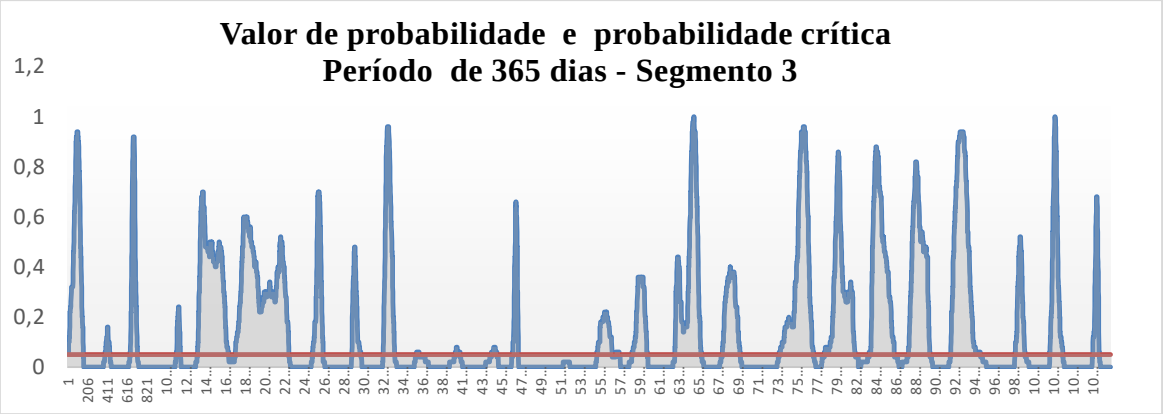
Fonte: Autora.

8.5.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 365 – 2 Segmento.



Fonte: Autora.

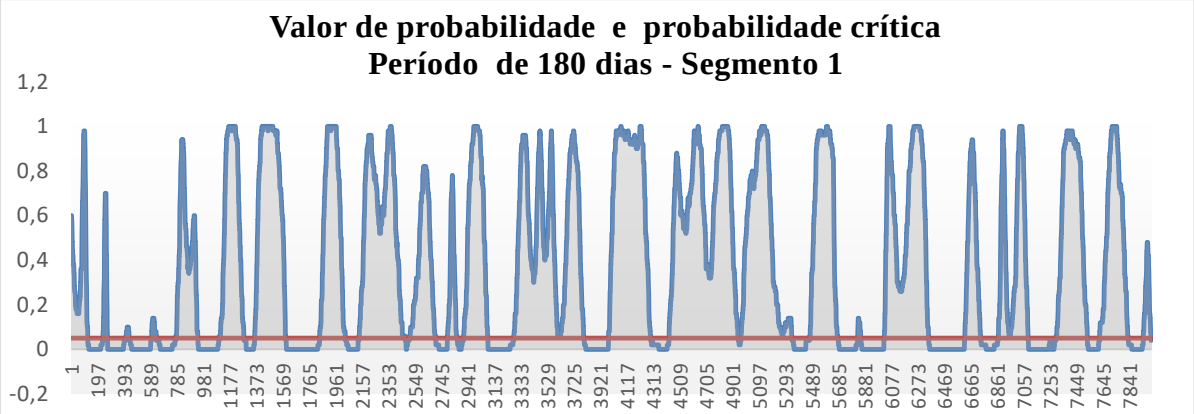
8.5.3 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 365 – 3 Segmento.



Fonte: Autora.

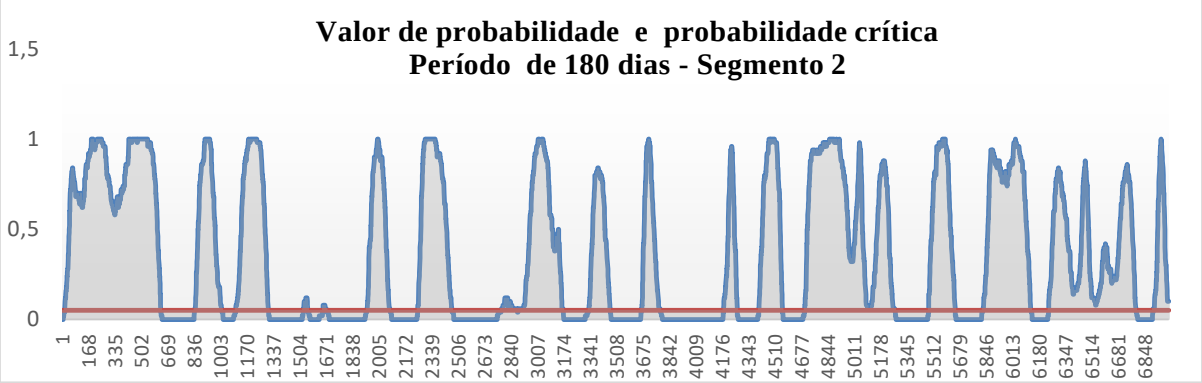
8.6 PERÍODO DE 180 DIAS

8.6.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 180– 1 Segmento.



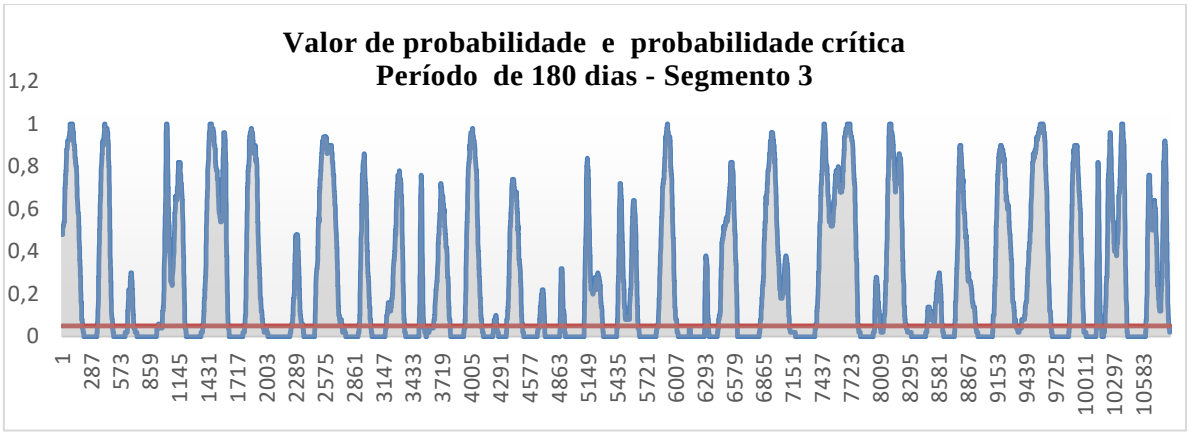
Fonte: Autora.

8.6.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 180– 2 Segmento.



Fonte: Autora.

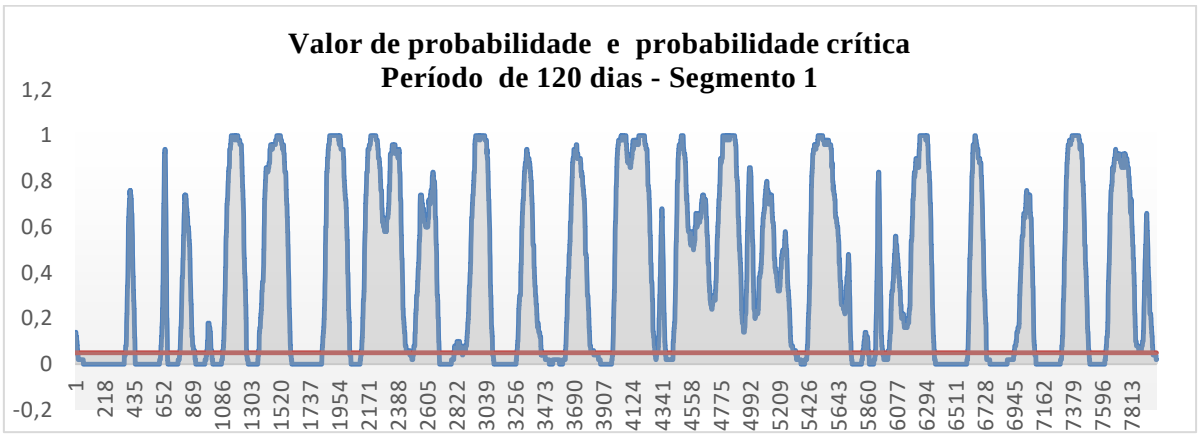
8.6.3 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 180– 1 Segmento.



Fonte: Autora.

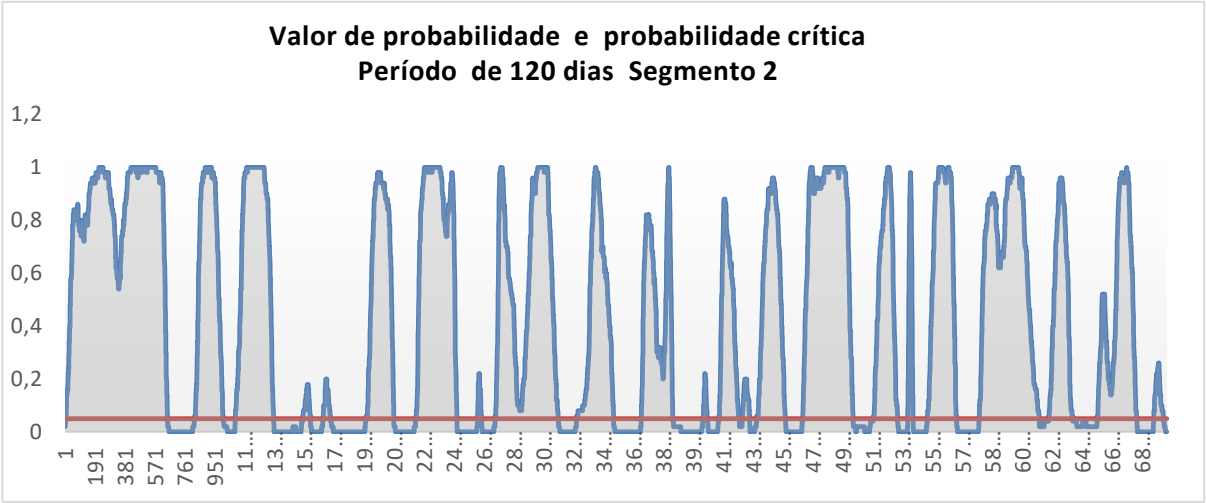
8.7 PERÍODO DE 120 DIAS

8.7.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 120– 1 Segmento.



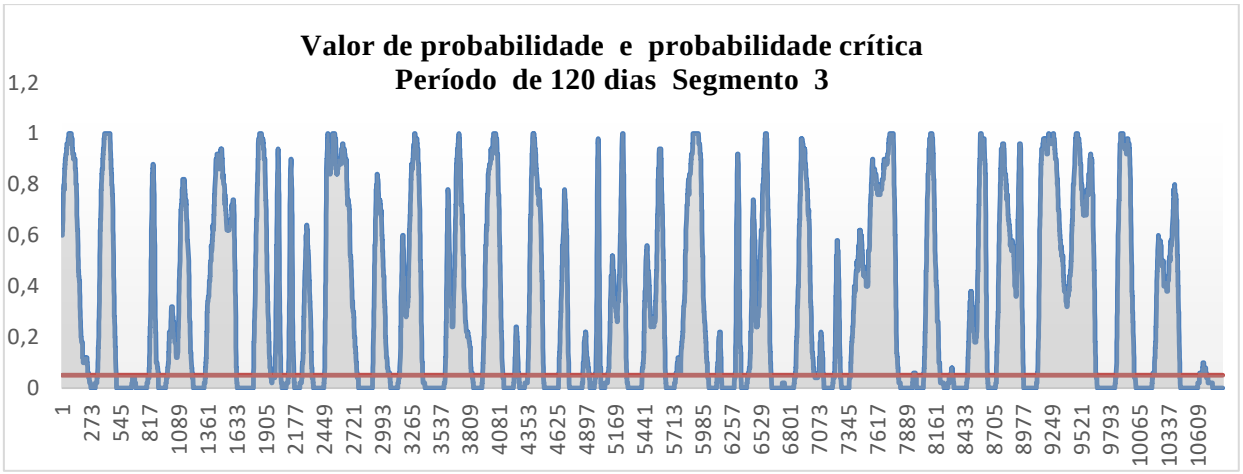
Fonte: Autora.

8.7.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 120– 2 Segmento.



Fonte: Autora.

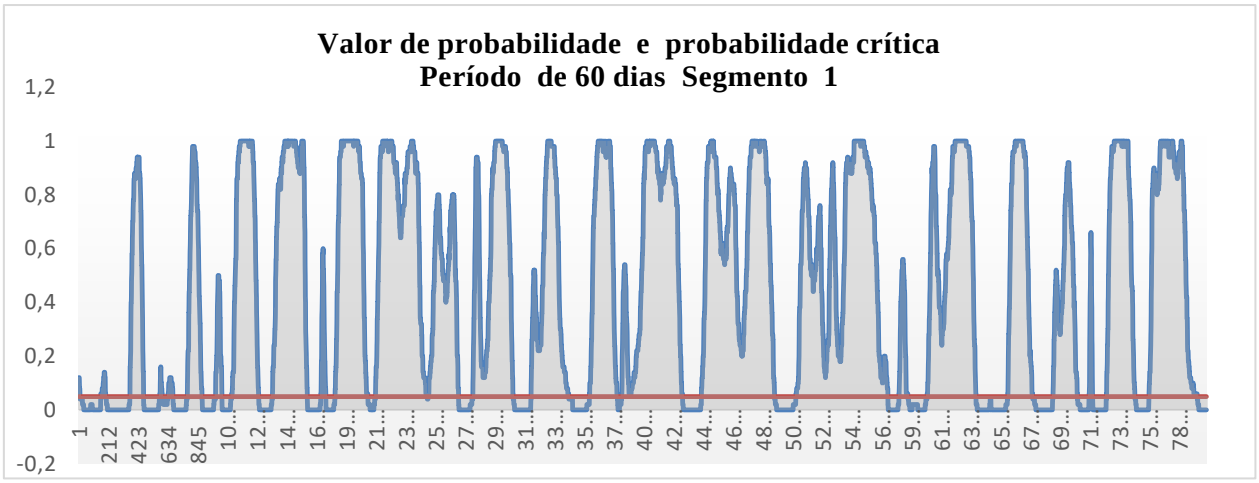
8.7.3 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 120– 3 Segmento.



Fonte: Autora.

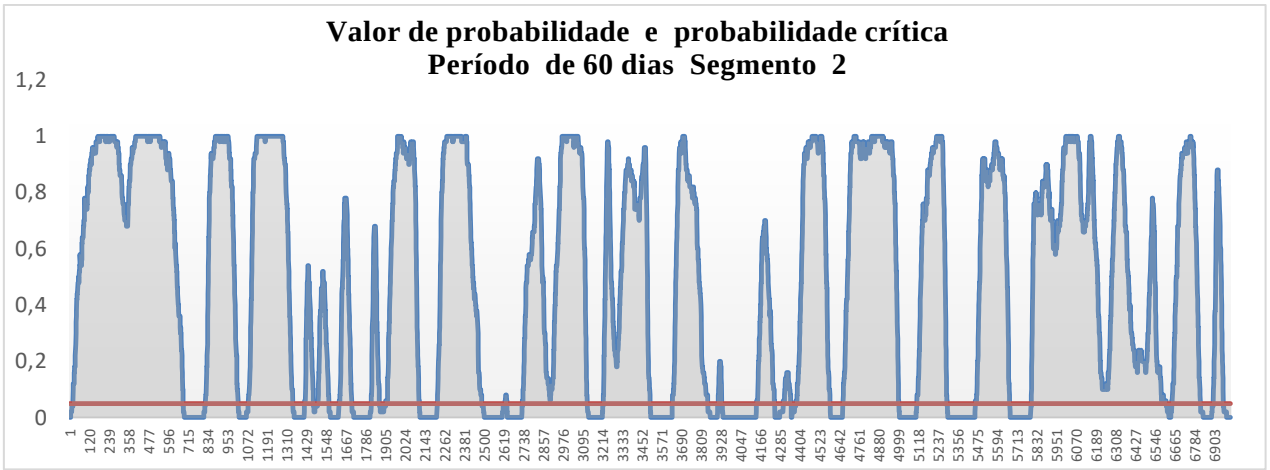
8.8 PERÍODO DE 60 DIAS

8.8.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 60– 1 Segmento.



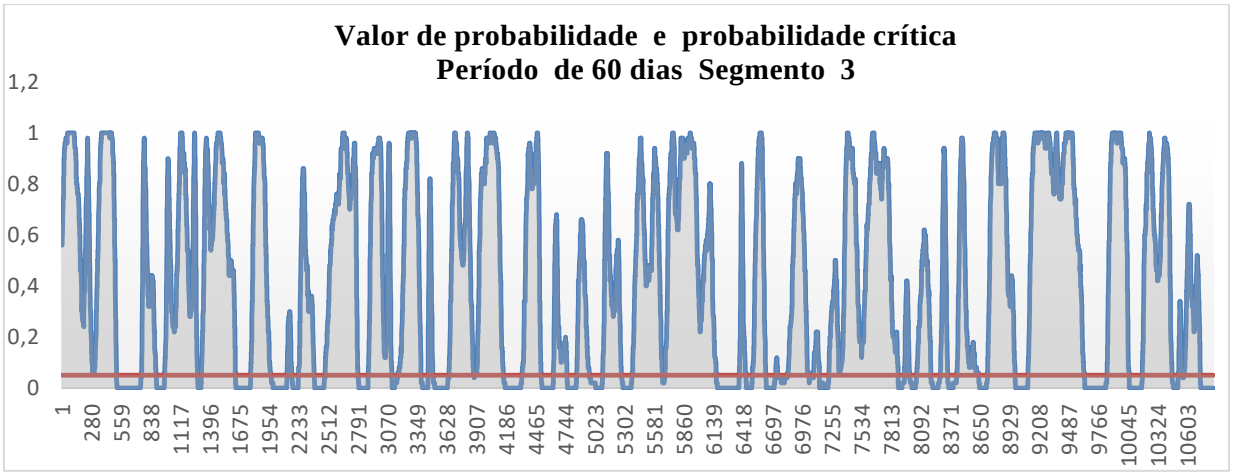
Fonte: Autora.

8.8.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 60- 2 Segmento.



Fonte: Autora.

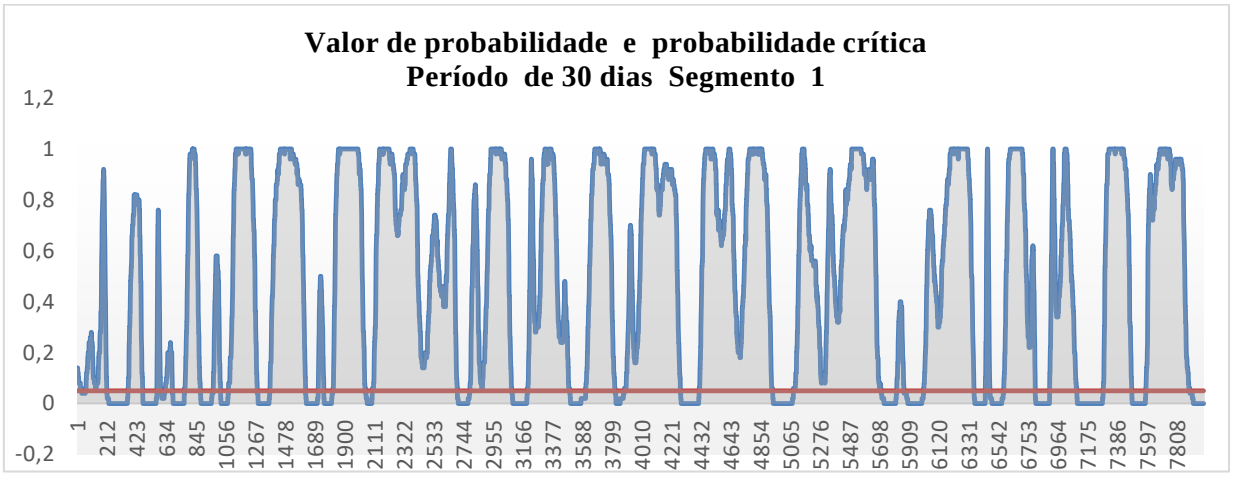
8.8.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 60– 3 Segmento.



Fonte: Autora.

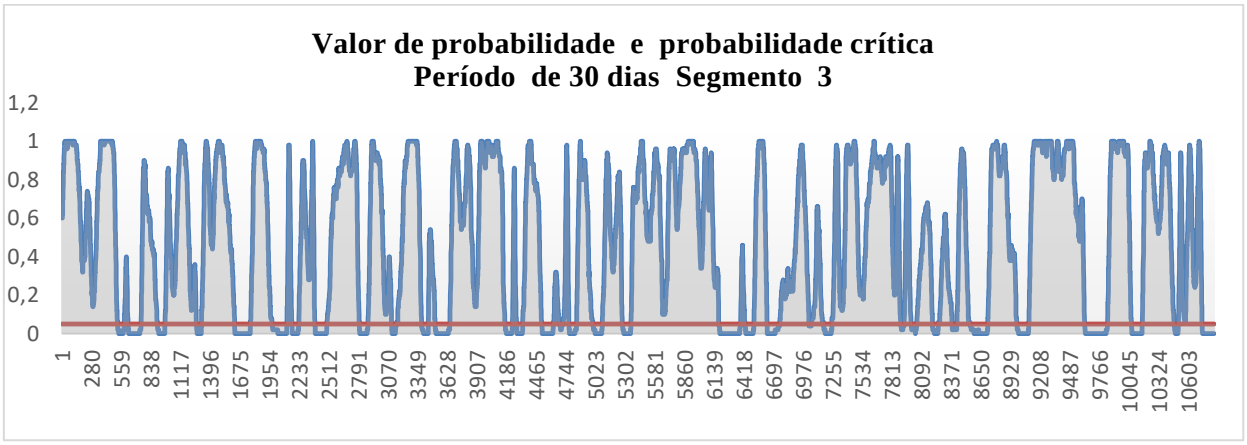
8.9 PERÍODO DE 30 DIAS

8.9.1 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 30– 2 Segmento.



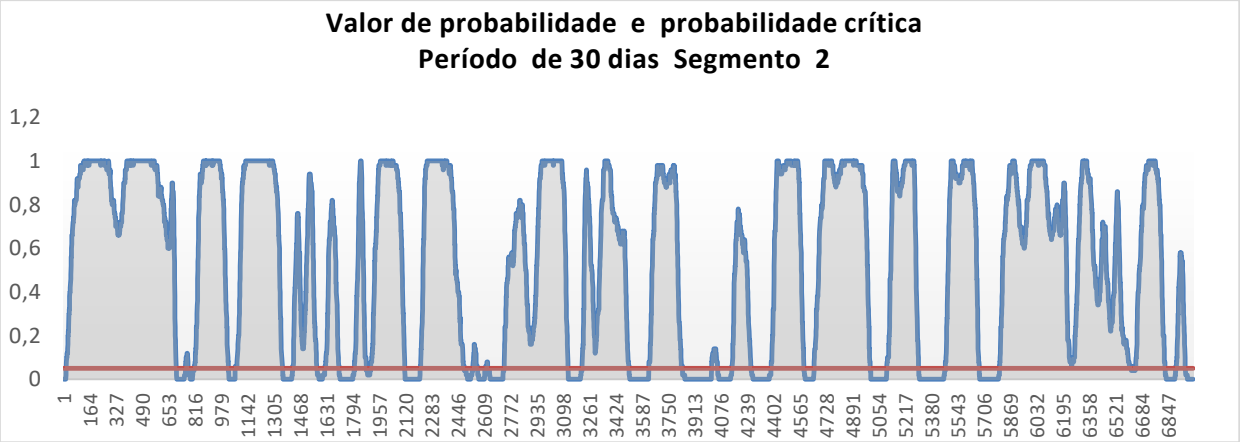
Fonte: Autora.

8.9.2 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 30– 2 Segmento.



Fonte: Autora.

8.9.3 – Valor de probabilidade e probabilidade crítica 30– 1 Segmento.



Fonte: Autora.

9 APÊNDICE B- FRAGMENTOS DOS SEGMENTOS DA SÉRIE HIDROLÓGICA DA ESTAÇÃO 87440000- PASSO DAS CANOAS- COM PREENCHIMENTO DE FALHAS OBTIDOS APARTIR DA ANÁLISE DE ONDALETAS

9. 1 fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 1460 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0,28319	3,1443	0,01	0,01	2372	
2	0,17598	0,31186	0,02502	**0,1**	**333**	
3	0,19086	1,1861	0,01943	0,01	5279	
SEGMENTO 2	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS
SEGMENTO 3	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS	SEM FRAGMENTOS

9.2 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 1095 dias e um comprimento de 7999 dias

9.3 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 1095 dias e um comprimento de 7000 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.28934	2.9622	0.01	0.01	2322	0,290286
2	0.15523	0.45822	0.04231	**0.05206**	**1708**	0,213527
3	0.27325	0.61199	0.01	0.02155	3967	0,495937

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7000
1	0.18186	1.6389	0.0228	0.01	1852	0,264571
2	0.29137	0.30046	0.01	**0.1**	**476**	0,068
3	0.39877	0.39698	0.01	**0.07846**	**4664**	0,666286

9.4 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 1095 dias e um comprimento de 10845 dias.

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/10845
1	0.17369	1.5348	0.02693	0.01	333	0,030705
2	0.59623	0.59386	0.01	0.02319	1335	0,123098
3	0.17981	0.45093	0.02357	**0.0552**	**46**	0,004242
4	0.15609	0.62718	0.04159	0.02017	4754	0,438359
5	0.36188	1.0831	0.01	0.01	164	0,015122

9.5 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 730 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.46054	0.46881	0.01	0.04869	764	0,095512
2	0.18867	1.2328	0.02025	0.01	739	0,092387
3	0.35303	0.37434	0.01	**0.08822**	**333**	0,04163
4	0.2331	0.27396	0.01	**0.1**	**370**	0,046256
5	0.26562	0.5513	0.01	0.03011	741	0,092637
6	0.36741	0.65661	0.01	0.01749	258	0,032254
7	0.30046	0.30046	0.01	0.01	259	0,032379
8	0.42104	1.7222	0.01	0.01	2093	0,261658
9	0.15239	1.1545	0.04467	0.01	161	0,020128
10	0.50746	0.66522	0.01	0.01671	862	0,107763
11	0.065357	0.21706	**0.1**	**0.1**	**124**	0,015502
12	0.45263	0.62257	0.01	0.0203	480	0,060008
13	0.15136	0.95547	0.04554	0.01	61	0,007626
14	0.86264	0.92247	0.01	0.01	519	0,064883
15	0.22128	1.0409	0.01	0.01	185	0,023128

9.6 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 730 dias e um comprimento de 7000 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7000
1	0.43756	1.766	0.01	0.01	446	0,063714
2	0.2315	0.51092	0.01	0.03921	1147	0,163857
3	0.45629	1.1946	0.01	0.01	125	0,017857
4	0.37274	1.5357	0.01	0.01	732	0,104571
5	0.078239	0.11871	**0.1**	**0.1**	**397**	0,056714
6	0.27809	0.53048	0.01	0.0348	830	0,118571
7	0.075718	0.77191	**0.1**	0.01	**125**	0,017857
8	0.8643	1.4128	0.01	0.01	1771	0,253
9	0.076332	0.53457	**0.1**	0.03388	**113**	0,016143
10	0.50702	1.5692	0.01	0.01	756	0,108
11	0.15169	0.37445	0.04525	**0.08817**	**248**	0,035429

9.7 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 730 dias e um comprimento de 10845dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/10845
1	0.31743	0.99755	0.01	0.01	370	0,034117
2	0.24255	2.3834	0.01	0.01	305	0,028124
3	0.13958	1.6136	**0.06188**	0.01	**3399**	0,313416
4	0.17377	2.1846	0.02685	0.01	190	0,01752
5	0.24285	1.0823	0.01	0.01	868	0,080037
6	0.27831	0.26808	0.01	**0.1**	**1115**	0,102812
7	0.097634	0.4536	**0.1**	**0.05405**	**205**	0,018903
8	0.24531	0.24101	0.01	**0.1**	**1138**	0,104933
9	0.16676	0.17923	0.0327	**0.1**	**191**	0,017612
10	0.23412	0.78283	0.01	0.01	1721	0,158691
11	0.30826	2.2602	0.01	0.01	176	0,016229
12	0.40159	0.94171	0.01	0.01	307	0,028308
13	0.72825	2.0679	0.01	0.01	206	0,018995

9.8 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 480 dias e um comprimento de 7999dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0,20901	0,56081	0,01262	0,02797	257	0,032129016
2	0,70711	0,97873	0,01	0,01	387	0,048381
3	0,28048	0,69957	0,01	0,01358	93	0,011626
4	0,27981	1,113	0,01	0,01	578	0,072259
5	0,33489	0,44442	0,01	**0,05801**	**340**	0,042505
6	0,10512	0,31898	**0,1**	**0,1**	**753**	0,094137
7	0,47968	0,52435	0,01	0,03618	376	0,047006
8	0,18214	1,9535	0,01	0,0227	150	0,018752
9	0,14523	0,81557	**0,05143**	0,01	**134**	0,016752
10	0,26996	0,28484	0,01	**0,1**	**1095**	0,136892
11	0,68394	0,87957	0,01	0,01	340	0,042505
12	0,25708	0,51951	0,01	0,03727	1097	0,137142
13	0,75061	0,88681	0,01	0,01	748	0,093512
14	= 0,38409	0,4106	0,01	**0,07259**	**650**	0,08126
15	0,15473	0,86211	0,04273	0,01	113	0,014127
16	0,38687	1,0898	0,01	0,01	155	0,019377
17	0,26018	0,66531	0,01	0,0167	83	0,010376

9.9 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 480 dias e um comprimento de 7000 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7000
1	0,29866	1,5453	0,01	0,01	492	0,070286
2	0,4678	0,5292	0,01	0,03509	287	0,041
3	0,30299	1,4949	0,01	0,01	427	0,061
4	0,32188	0,75544	0,01	0,01	555	0,079286
5	0,20865	0,81825,	0,01276	0,01	819	0,117
6	0,15784	0,51032	0,04014	0,03934	83	0,011857
7	0,065885	0,12902	**0,1**	**0,1**	**423**	0,060429
8	0,52525	1,1491	0,01	0,01	933	0,133286
9	0,11568	1,8827	**0,1**	0,01	**136**	0,019429
10	0,44247	0,60598	0,01	0,02209	379	0,054143
11	0,19106	0,745	0,01935	0,01	128	0,018286
12	0,29263	0,29981	0,01	0,1	**122**	0,017429
13	0,10901	0,85852	**0,1**	0,01	**219**	0,031286
14	0,26309	0,28311	0,01	**0,1**	**1082**	0,154571
15	0,35359	0,96605	0,01	0,01	280	0,04
16	0,11812	2,0434	**0,1**	0,01	**287**	0,041

9.10 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 480 dias e um comprimento de 10845 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/10845
1	0,39164	1,8	0,01	0,01	175	0,016136
2	0,25861	1,185	0,01	0,01	175	0,016136
3	0,36115	0,37293	0,01	**0,08882**	**1098**	0,101245
4	0,19652	1,1374	0,01731	0,01	81	0,007469
5	0,46722	1,0168	0,01	0,01	292	0,026925
6	0,57163	0,55085	0,01	0,03021	491	0,045274
7	0,31683	2,3054	0,01	0,01	210	0,019364
8	0,23775	1,2739	0,01	0,01	93	0,008575
9	0,22166	0,22751	0,01	**0,1**	**1482**	0,136653
10	0,27324	0,58354	0,01	0,02413	1054	0,097188
11	0,26581	0,86056	0,01	0,01	90	0,008299
12	0,65055	0,77312	0,01	0,01	526	0,048502
13	0,082406	0,52113	**0,1**	0,03691	**225**	0,020747
14	0,36907,	0,39364	0,01	**0,0799**	**496**	0,045735
15	0,42732	0,75852	0,01	0,01	405	0,037344
16	0,84762	0,84867	0,01	0,01	435	0,040111
17	0,51285	1,511	0,01	0,01	421	0,03882
18	0,39155	1,1772	0,01	0,01	285	0,026279
19	0,64791	1,4867	0,01	0,01	430	0,03965
20	0,66595	2,4898	0,01	0,01	380	0,035039

9. 11 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 365 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0,46233	0,47625	0,01	0,04702	1001	0,125141
2	0,26846	0,36425	0,01	**0,09256**	**43**	0,005376
3	0,35739	1,1982	0,01	0,01	75	0,009376
4	0,10686	0,58797	**0,1**	0,02373	**87**	0,010876
5	0,67352	2,4454	0,01	0,01	234	0,029254
6	0,17464	0,51463	0,02614	0,03837	229	0,028629
7	0,23428	0,54041	0,01	0,03257	276	0,034504
8	0,22735	1,2033	0,01	0,01	715	0,089386
9	0,16596	0,52022	0,03337	0,03711	999	0,124891
10	0,13691	1,5658	**0,06684**	0,01	**135**	0,016877
11	0,48766	0,50233	0,01	0,04114	530	0,066258
12	0,35036	0,70705	0,01	0,0129	714	0,089261
13	0,075837	0,43869	**0,1**	**0,06048**	**124**	0,015502
14	0,15441	1,3956	0,04299	0,01	148	0,018502
15	0,28148	2,5094	0,01	0,01	197	0,024628
16	0,30692	0,87479	0,01	0,01	98	0,012252
17	0,44907	0,44701	0,01	**0,05689**	**652**	0,08151

18	0,11031	0,14593	**0,1**	**0,1**	**34**	0,004251
19	0,25098	0,63629	0,01	0,01934	98	0,012252
20	0,44122	0,50346	0,01	0,04089	123	0,015377
21	0,12953	0,78271	**0,0805**	0,01	**221**	0,027628
22	0,47861	0,48059	0,01	0,04604	269	0,033629
23	0,25776	0,73192	0,01	0,01064	184	0,023003
24	0,26761	0,45253	0,01	**0,05451**	**184**	0,023003
25	0,37905	1,2244	0,01	0,01	245	0,030629
26	0,33715	1,2505	0,01	0,01	159	0,019877
27	0,30425	1,2685	0,01	0,01	171	0,021378
28	0,96818	0,97786	0,01	0,01	54	0,006751

9. 12 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 365 dias e um comprimento de 7000 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7000
1	0,27241	1,4195	0,01	0,01	588	0,084
2	0,40479	0,40603	0,01	0,01	185	0,026429
3	0,31068	1,8765	0,01	0,01	173	0,024714
4	0,30515	0,95107	0,01	0,01	161	0,023
5	0,18885	1,3815	0,02018	0,01	139	0,019857
6	0,4613	0,44912	0,01	**0,05598**	**494**	0,070571
7	0,17006	1,0533	0,02995	0,01	74	0,010571
8	0,29955	0,3108	0,01	**0,1**	**439**	0,062714
9	0,079985	1,114	**0,1**	0,01	**289**	0,041286
10	0,27022	0,31269	**0,1**	0,01	**168**	0,024
11	0,090773	1,9486	**0,1**	0,01	**308**	0,044
12	0,68876	0,67948	0,01	0,01541	205	0,029286
13	0,32206	0,36138	0,01	0,0938	**140**	0,02
14	0,26012	2,4844	0,01	0,01	243	0,034714
15	0,15283	0,15381	0,04431	**0,1**	**121**	0,017286
16	0,1981	0,20261	0,01671	**0,1**	**131**	0,018714
17	0,43546	0,54326	0,01	0,03192	140	0,02
18	0,1289	0,12782	**0,08167**	**0,1**	**186**	0,026571
19	0,15582	1,0335	0,04182	0,01	122	0,017429
20	0,54618	0,76319	0,01	0,01	292	0,041714
21	0,43719	1,364	0,01	0,01	110	0,015714
22	0,23198	0,88762	0,01	0,01	122	0,017429

23	0,39704	1,7167	0,01	0,01	186	0,026571
24	0,14723	0,25258	0,04898	**0,1**	**196**	0,028
25	0,26005	2,546	0,01	0,01	206	0,029429
26	0,22787	0,22866	0,01	**0,1**	**205**	0,029286
27	0,15795	0,68754	0,04004	0,01468	158	0,022571
28	0,16279	1,4841	0,03601	0,01	168	0,024
29	0,083875	1,5626	**0,1**	0,01	**327**	0,046714

9. 13 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 365 dias e um comprimento de 10845 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/10845
1	0,37393	0,60989	0,01	0,02174	192	0,017704
2	0,33604	1,11168	0,01	0,01	220	0,020286
3	0,16586	0,331	0,03345	**0,1**	**70**	0,006455
4	0,4985	0,98476	0,01	0,01	162	0,014938
5	0,14786	0,46951	0,044853	0,04845	10	0,000922
6	0,90472	0,94802	0,01	0,01	379	0,034947
7	0,11548	0,50209	**0,1**	0,04119	**82**	0,007561
8	0,65914	0,68593	0,01	0,01482	162	0,014938
9	0,403	2,1317	0,01	0,01	371	0,034209
10	0,54456	0,77816	0,01	0,01	613	0,056524
11	0,54155	1,1659	0,01	0,01	197	0,018165
12	0,23694	0,81047	0,01	0,01	127	0,01171
13	0,31899	0,31928	0,01	**0,1**	**283**	0,026095
14	0,11942	0,87617	**0,09922**	0,01	**169**	0,015583
15	0,2432	1,3842	0,01	0,01	185	0,017059
16	0,27526	1,0764	0,01	0,01	127	0,01171
17	0,25916	0,45111	0,01	**0,05512**	**81**	0,007469
18	0,47777	0,48514	0,01	0,04501	283	0,026095
19	0,12132	0,12226	**0,0957**	**0,1**	**69**	0,006362
20	0,55702	1,4649	0,01	0,01	301	0,027755
21	0,33245	0,3328	**0,1**	**0,1**	**93**	0,008575
22	0,19902	0,74419	0,01637	0,01	106	0,009774

23	0,1236	0,83974	**0,09148**	0,01	**102**	0,009405
24	0,30265	0,4329	0,01	**0,0697**	**810**	0,074689
25	0,44862	2,1366	0,01	0,01	243	0,022407
26	0,39925	18363	0,01	0,01	128	0,011803
27	0,55954	2,1524	0,01	0,01	175	0,016136
28	0,060979	0,83344	**0,1**	**0,1**	**266**	0,024527
29	0,47346	1,3772	0,01	0,01	267	0,02462
30	0,165	0,53058	0,03417	0,03478	185	0,017059
31	0,21123	1,6187	0,01179	0,01	231	0,0213
32	0,3766	0,40978	0,01	**0,072924**	**359**	0,033103
33	0,092314	0,10206	**0,1**	**0,1**	**394**	0,03633
34	0,82554	2,1824	0,01	0,01	382	0,035224
35	0,28178	0,83342	0,01	0,01	104	0,00959
36	0,41478	0,86386	0,01	0,01	312	0,028769
37	0,5128	1,1801	0,01	0,01	278	0,025634
38	0,36063	1,6797	0,01	0,01	173	0,015952
39	0,88689	0,88267	0,01	0,01	371	0,034209
40	0,41348	0,86747	0,01	0,01	304	0,028031
41	0,14586	0,15676	**0,05025**	**0,1**	**159**	0,014661
42	0,672	0,68125	0,01	0,01525	243	0,022407
43	0,25365	0,41666	0,01	**0,06998**	**104**	0,00959
44	0,38288	0,35796	0,01	**0,09528**	**370**	0,034117

9. 14 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 180 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0,22365	0,50626	0,01	0,04026	170	0,021253
2	0,11532	0,87412	**0,1**	0,01	**112**	0,014002
3	0,13845	1,2086	**0,06398**	0,01	**185**	0,023128
4	0,49935	0,61393	0,01	0,0214	173	0,021628
5	0,14132	0,79016	**0,05867**	0,01	**161**	0,020128
6	0,37097	1,1387	0,01	0,01	205	0,025628
7	0,26022	0,33712	0,01	**0,1**	**80**	0,010001
8	0,24911	0,99453	0,01	0,01	260	0,032504
9	0,16515	0,73406	0,03404	0,01045	61	0,007626
10	0,011312	0,43428	**0,1**	**0,06238**	**234**	0,029254
11	0,12568	0,25901	**0,08764**	**0,1**	**197**	0,024628
12	0,26554	0,88019	0,01	0,01	258	0,032254
13	0,31699	0,3836	0,01	**0,08422**	**86**	0,010751
14	0,25178	0,61487	0,01	0,02128	272	0,034004
15	0,2944	1,129	0,01	0,01	60	0,007501
16	0,250150	0,26557	0,01	**0,1**	**62**	0,007751
17	0,28411	2,1009	0,01	0,01	258	0,032254
18	0,64808	0,6429	0,01	0,01874	160	0,020003
19	0,64808	0,6429	0,01	0,01874	541	0,067633
20	0,11514	0,11616	**0,1**	**0,1**	**124**	0,015502
21	0,30438	1,2766	0,01	0,01	375	0,046881
22	0,12065	0,51958	**0,09694**	0,03726	**111**	0,013877

23	0,56579	0,56202	0,01	0,0277	537	0,067133
24	0,8713	1,0972	0,01	0,01	398	0,049756
25	0,41985	1,2264	0,01	0,01	86	0,010751
26	0,44571	2,5392	0,01	0,01	221	0,027628
27	0,40534	1,1186	0,01	0,01	172	0,021503
28	0,15737	0,43886	0,0453	**0,0604**	**173**	0,021628
29	0,38824	0,52703	0,01	0,03558	356	0,044506
30	0,18226	2,1281	0,02265	0,01	271	0,033879
31	0,2586	0,68819	0,01	0,01462	99	0,012377
32	0,1499	0,9713	0,04675	0,01	123	0,015377
33	0,45068	1,6028	0,01	0,01	246	0,030754
34	0,32893	0,68272	0,01	0,01512	172	0,021503
35	0,5031	1,9865	0,01	0,01	200	0,025003
36	0,18133	1,3572	0,023	0,01	86	0,010751
37	0,19207	0,5524	0,01897	0,02987	197	0,024628
38	0,23362	0,21921	0,01	**0,1**	**123**	0,015377

9. 15 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 180 dias e um comprimento de 7000 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7000
1	0,43368	2,0912	0,01	0,01	640	0,091429
2	0,44589	0,66012	0,02372	0,01717	234	0,033429
3	0,36431	1,8644	0,01	0,01	160	0,022857
4	0,20513	1,2598	0,01408	0,01	84	0,012
5	0,3277	2,1907	0,01	0,01	224	0,032
6	0,33272	0,87485	0,01	0,01	234	0,033429
7	0,17942	1,1387	0,02372	0,01	364	0,052
8	0,3793	0,94031	0,01	0,01	187	0,026714
9	0,30077	0,58788	0,01	0,02374	214	0,030571
10	0,28283	0,68677	0,01	0,01475	179	0,025571
11	0,11641	0,87943	**0,1**	0,01	**244**	0,034857
12	0,097986	0,20584	**0,1**	0,1	**260**	0,037143
13	0,77265	1,1725	0,01	0,01	391	0,055857
14	0,34165	1,2907	0,01	0,01	168	0,024
15	0,12736	1,3075	**0,08452**	0,01	**131**	0,018714
16	0,14271	0,41806	**0,05609**	**0,06937**	**9**	0,001286
17	0,40188	0,50398	0,01	0,04077	187	0,026714
18	0,090068	0,86643	**0,1**	0,01	**123**	0,017571
19	0,58044	2,3041	0,01	0,01	401	0,057286
20	0,34343	0,94373	0,01	0,01	102	0,014571
21	0,17492	1,6714	0,0259	0,01	122	0,017429
22	0,18081	0,1759	0,0232	**0,1**	**149**	0,021286

23	0,63023	0,77144	0,01	0,01	588	0,084
24	0,54938	0,82247	0,01	0,01	168	0,024
25	0,14784	0,52474	0,04847	0,0361	196	0,028
26	0,57276	0,75977	0,01	0,01	187	0,026714
27	0,51601	1,2711	0,01	0,01	298	0,042571
28	0,28154	0,65263	0,01	0,01785	93	0,013286
29	0,61722	0,68572	0,01	0,01484	579	0,082714
30	0,14861	1,1135	0,04782	0,01	113	0,016143
31	0,13526	0,51088	**0,06989**	0,03922	**46**	0,006571

9. 16 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 180 dias e um comprimento de 10845 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/10845
1	0,579	1,8979	0,01	0,01	230	0,021208
2	0,37716	0,3096	0,01	0,02176	126	0,011618
3	0,15182	0,15472	0,04515	**0,1**	**165**	0,015214
4	0,34944	0,34776	0,01	**0,09967**	**127**	0,01171
5	0,11556	0,11906	**0,1**	**0,1**	**63**	0,005809
6	0,30561	2,3818	0,01	0,01	290	0,02674
7	0,21655	1,3222	0,01	0,01	206	0,018995
8	0,64643	1,0339	0,01	0,01	188	0,017335
9	0,45651	2,0442	0,01	0,01	265	0,024435
10	0,19075	0,86499	0,01947	0,01	140	0,012909
11	0,49581	2,0401	0,01	0,01	201	0,018534
12	0,2245	1,3256	0,01	0,01	294	0,027109
13	0,25257	2,6158	0,01	0,01	227	0,020931
14	0,23339	0,25817	0,01	0,1	**27**	0,00249
15	0,58162	0,93875	0,01	0,01	266	0,024527
16	0,17622	0,32753	0,02492	**0,1**	**50**	0,00461
17	0,55203	1,5992	0,01	0,01	228	0,021024
18	0,20449	0,20171	0,01431	**0,1**	**114**	0,010512
19	0,6967	2,1666	0,01	0,01	203	0,018718
20	0,21422	0,22995	0,01067	**0,1**	**141**	0,013001
21	0,36784	0,38017	0,01	**0,0857**	**127**	0,01171
22	0,18171	0,77489	0,02286	0,01	152	0,014016

23	0,13499	0,6358	0,07039	0,01938	52	0,004795
24	0,45372	1,5771	0,01	0,01	266	0,024527
25	0,13589	1,2432	**0,06873**	0,01	**139**	0,012817
26	0,16736	0,6968	0,0322	0,01384	101	0,009313
27	0,25811	0,78542	0,01	0,01	178	0,016413
28	0,2149	1,1066	0,01041	0,01	139	0,012817
29	0,15927	0,28705	0,03894	**0,1**	**215**	0,019825
30	0,11524	2,3565	**0,1**	0,01	**240**	0,02213
31	0,44974	1,1429	0,01	0,01	190	0,01752
32	0,1429	1,831	**0,05575**	0,01	**127**	0,01171
33	0,4566	0,45951	0,01	**0,0515**	**190**	0,01752
34	0,42702	0,86262	0,01	0,01	203	0,018718
35	0,24195	0,33919	0,01	**0,1**	**190**	0,01752
36	0,069004	0,90267	**0,1**	0,01	**317**	0,02923
37	0,31715	0,54271	0,01	0,03205	88	0,008114
38	0,47438	2,8303	0,01	0,01	203	0,018718
39	0,1545	0,15732	0,04292	**0,1**	**215**	0,019825
40	0,23441	0,25163	0,01	**0,1**	**260**	0,023974
41	0,20588	1,067	0,01379	0,01	250	0,023052
42	0,17475	0,30807	0,02604	**0,1**	**393**	0,036238
43	0,1634	0,27242	0,0355	**0,1**	**188**	0,017335
44	0,34758	0,50264	0,01	0,0407	306	0,028216
45	0,28738	0,90887	0,01	0,01	177	0,016321
46	0,13537	1,8079	**0,06969**	0,01	**164**	0,015122
47	0,19747	0,39611	0,01695	**0,07883**	**101**	0,009313
48	0,63757	1,3326	0,01	0,01	251	0,023144
49	0,45617	0,93558	0,01	0,01	129	0,011895

50	0,67682	2,1847	0,01	0,01	241	0,022222
51	0,68441	1,7723	0,01	0,01	342	0,031535
52	0,13494	0,80147	**0,07047**	0,01	**151**	0,013923
53	0,19147	0,19076	0,0192	**0,1**	**136**	0,01254
54	0,24766	1,4385	0,01	0,01	180	0,016598
55	0,66075	2,5476	0,01	0,01	242	0,022314
56	0,5235	0,53339	0,01	0,03415	191	0,017612
57	0,30782	1,6021	0,01	0,01	215	0,019825

9. 17 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 120 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0,35222	0,89679	0,01	0,01	392	0,049006
2	0,29259	0,70602	0,01	0,013	69	0,008626
3	0,52064	0,55887	0,01	0,02841	204	0,025503
4	0,19442	1,0168	0,01809	0,01	97	0,012127
5	0,15459	0,44673	0,04284	**0,05701**	**12**	0,0015
6	0,31146	0,31436	0,01	**0,1**	**75**	0,009376
7	0,34367	1,1828	0,01	0,01	202	0,025253
8	0,2119	0,31465	0,01154	**0,1**	**96**	0,012002
9	0,26296	0,2564	0,01	**0,1**	**239**	0,029879
10	0,18062	0,28647	0,02327	**0,1**	**221**	0,027628
11	0,38439	1,8949	0,01	0,01	201	0,025128
12	0,24261	0,26659	0,01	**0,1**	**76**	0,009501
13	0,16973	0,37925	0,03022	**0,0861**	**393**	0,049131
14	0,18787	0,58469	0,02055	0,02403	210	0,026253
15	0,27209	0,27884	0,01	**0,1**	**163**	0,020378
16	0,79475	2,6188	0,01	0,01	210	0,026253
17	0,20061	0,72557	0,01577	0,01122	201	0,025128
18	0,17714	1,2167	0,02457	0,01	192	0,024003
19	0,21464	0,24401	0,01051	**0,1**	**134**	0,016752
20	0,095921	0,092733	**0,1**	**0,1**	**110**	0,013752
21	0,17253	0,64203	0,02789	0,01881	296	0,037005

22	0,095065	0,7662	**0,1**	0,01	**145**	0,018127
23	0,34768	1,5611	0,01	0,01	889	0,111139
24	0,37982	0,75925	0,01	0,01	67	0,008376
25	0,27099	0,35632	0,01	**0,09598**	**593**	0,074134
26	0,1756	0,17944	0,02534	**0,1**	**19**	0,002375
27	0,24968	2,0852	0,01	0,01	326	0,040755
28	0,49	0,71883	0,01	0,01183	268	0,033504
29	0,29431	0,76516	0,01	0,01	153	0,019127
30	0,48684	1,0797	0,01	0,01	220	0,027503
31	0,45082	0,45082	0,01	0,01	116	0,014502
32	0,35408	0,99282	0,01	0,01	229	0,028629
33	0,31385	1,127	0,01	0,01	182	0,022753
34	0,21506	0,22922	0,01035	**0,1**	**96**	0,012002
35	0,46124	0,52496	0,01	0,03604	373	0,046631

9. 18 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 120 dias e um comprimento de 7000 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7000
1	0,54252	1,5656	0,01	0,01	697	0,099571
2	0,10331	1,1973	**0,1**	0,01	**159**	0,022714
3	0,53477	1,8384	0,01	0,01	168	0,024
4	0,32019	0,89147	0,01	0,01	94	0,013429
5	0,31777	2,2051	0,01	0,01	223	0,031857
6	0,38041	0,44404	0,01	**0,05817**	**178**	0,025429
7	0,31449	0,369	0,01	**0,09052**	**74**	0,010571
8	0,26652	1,1001	0,01	0,01	47	0,006714
9	0,29284	0,6959	0,01	0,01722	75	0,010714
10	0,34348	1,4173	0,01	0,01	158	0,022571
11	0,45546	1,2213	0,01	0,01	252	0,036
12	0,35195	0,53739	0,01	0,03325	93	0,013286
13	0,12183	0,9304	**0,09475**	0,01	**291**	0,041571
14	0,11783	0,58603	**0,1**	0,02391	**158**	0,022571
15	0,14294	0,52451	**0,05566**	0,03615	**75**	0,010714
16	0,4981	0,51799	0,01	0,03761	420	0,06
17	0,31048	1,3468	0,01	0,01	140	0,02
18	0,21475	1,8126	0,01047	0,01	205	0,029286
19	0,29553	0,64846	0,01	0,01823	168	0,024
20	0,24759	2,0544	0,01	0,01	196	0,028
21	0,38491	2,3176	0,01	0,01	224	0,032
22	0,10555	0,62234	**0,1**	0,02061	**85**	0,012143

23	0,33001	1,1561	0,01	0,01	131	0,018714
24	0,17492	1,6714	0,0259	0,01	122	0,017429
25	0,14965	0,14883	0,04696	**0,1**	**177**	0,025286
26	0,1086	0,89097	**0,1**	0,01	**103**	0,014714
27	0,46307	1,3052	0,01	0,01	345	0,049286
28	0,21889	1,6846	0,01	0,01	84	0,012
29	0,30103	0,72246	0,01	0,0115	186	0,026571
30	0,22132	0,62275	0,01	0,02057	66	0,009429
31	0,65649	1,8111	0,01	0,01	289	0,041286
32	0,56368	0,5371	0,01	0,02321	168	0,024
33	0,33452	1531	0,01	0,01	373	0,053286
34	0,54403	053525	0,01	0,03373	243	0,034714
35	0,16263	0,25706	0,03614	**0,1**	**112**	0,016
36	0,17701	0,7363	0,02462	0,01025	242	0,034571
37	0,33725	0,34886	0,01	**0,0992**	**100**	0,014286

9. 19 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 120 dias e um comprimento de 10845 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/10845
1	0,43856	2,0338	0,01	0,01	287	0,026464
2	0,23914	0,83061	0,01	0,01	77	0,0071
3	0,16627	0,2452	0,03311	0,01	166	0,015307
4	0,14709	0,88089	0,04909	0,01	308	0,0284
5	0,34716	1,7966	0,01	0,01	163	0,01503
6	0,68031	1,3667	0,01	0,01	273	0,025173
7	0,13957	1,753	0,06191	0,01	90	0,008299
8	0,57362	1,403	0,01	0,01	295	0,027201
9	0,16139	1,3095	0,03718	0,01	167	0,015399
10	0,42016	1,9162	0,01	0,01	175	0,016136
11	0,043875	0,08848	**0,1**	**0,1**	**171**	0,015768
12	0,30156	0,43334	0,01	**0,06278**	**51**	0,004703
13	0,2188	0,50321	0,01	0,04094	51	0,004703
14	0,16679	1,0445	0,03267	0,01	64	0,005901
15	0,11062	1,0052	**0,1**	0,01	**129**	0,011895
16	0,63829	0,66018	0,01	0,1717	320	0,029507
17	0,18644	1,2397	0,02108	0,01	64	0,005901
18	0,20056	1,5096	0,01579	0,01	199	0,018349
19	0,25922	0,82594	0,01	0,01	218	0,020101
20	0,53122	1,1965	0,01	0,01	257	0,023698
21	0,26599	1,5796	0,01	0,01	149	0,013739
22	0,10607	0,76228	**0,1**	0,01	**120**	0,011065

23	0,29208	0,68998	0,01	0,01446	167	0,015399
24	0,16194	1,0116	0,03672	0,01	102	0,009405
25	0,21124	0,54453	0,01179	0,031164	154	0,0142
26	0,14791	1,5791	0,04841	0,01	141	0,013001
27	0,095994	0,36571	**0,1**	**0,09194**	**64**	0,005901
28	0,24232	0,56229	0,01	0,02764	154	0,0142
29	0,10561	0,31627	**0,1**	**0,1**	**98**	0,009036
30	0,21141	0,86088	0,01172	0,01	32	0,002951
31	0,17105	0,75043	0,02912	0,01	115	0,010604
32	0,21403	0,21414	0,01074	**0,1**	**154**	0,0142
33	0,23081	0,40645	0,01	**0,07437**	**256**	0,023605
34	0,23081	0,40645	0,01	**0,07437**	**256**	0,023605
35	0,17859	0,83927	0,02403	0,01	27	0,00249
36	1,1435	1,1614	0,01	0,01	393	0,036238
37	0,16781	0,6857	0,03183	0,02004	43	0,003965
38	0,1122	0,28258	**0,1**	**0,1**	**154**	0,0142
39	0,25133	0,25992	0,01	**0,1**	**29**	0,002674
40	0,19597	0,19364	0,01751	**0,1**	**74**	0,006823
41	0,6928	3,4826	0,01	0,01	243	0,022407
42	0,088296	0,42009	**0,1**	**0,0685**	**218**	0,020101
43	0,38485	0,9536	0,01	0,02306	205	0,018903
44	0,37362	1,5332	0,01	0,01	65	0,005994
45	0,36395	0,50116	0,01	0,04141	218	0,020101
46	0,70498	2,0198	0,01	0,01	487	0,044905
47	0,21814	2,9259	0,01	0,01	244	0,022499
48	0,50484	1,0026	0,01	0,01	141	0,013001
49	0,27652	0,94965	0,01	0,01	243	0,022407

50	0,25585	1,636	0,01	0,01	180	0,016598
51	0,17518	0,51897	0,02568	0,03739	77	0,0071
52	0,58288	1,3371	0,01	0,01	263	0,024251
53	0,38484	0,39392	0,01	**0,07977**	**104**	0,00959
54	0,5478	1,9292	0,01	0,01	607	0,05597
55	0,12552	1,1385	**0,08792**	0,01	**167**	0,015399
56	0,40508	0,87144	0,01	0,01	141	0,013001
57	0,35044	0,50661	0,01	0,04018	193	0,017796
58	0,25657	0,87948	0,01	0,01	256	0,023605
59	0,20527	1,0647	0,01402	0,01	198	0,018257
60	0,29427	0,69879	0,01	0,01366	116	0,010696

9. 20 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 60 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0,27393	0,48444	0,01	0,04517	156	0,019502
2	0,26253	0,38713	0,01	**0,0827**	**61**	0,007626
3	0,095724	1,0265	**0,1**	0,01	**169**	0,021128
4	0,19349	1,0514	0,01844	0,01	101	0,012627
5	0,41929	0,53242	0,01	0,03437	90	0,011251
6	0,,26927	1,9664	0,01	0,01	122	0,015252
7	0,17817	0,50143	0,02419	0,04134	82	0,010251
8	0,33801	1,0285	0,01	0,01	135	0,016877
9	0,17405	0,90652	0,02662	0,01	86	0,010751
10	0,22545	0,73929	0,01	0,01	31	0,003875
11	0,15254	0,78528	0,04455	0,01	75	0,009376
12	0,42873	1,7	0,01	0,01	196	0,024503
13	0,082481	0,6367	**0,1**	0,0193	**115**	0,014377
14	0,14053	0,3959	**0,06013**	**0,07892**	**237**	0,029629
15	0,21643	0,31815	0,01	0,01	81	0,010126
16	0,24332	0,24675	0,01	**0,1**	**55**	0,006876
17	0,31313	1,0807	0,01	0,01	62	0,007751
18	0,41471	1,8475	0,01	0,01	196	0,024503
19	0,25442	0,25977	0,01	**0,1**	**82**	0,010251
20	0,16078	0,28359	0,03769	**0,1**	**384**	0,048006
21	0,16417	0,78334	0,03486	0,01	217	0,027128

22	0,11421	0,1124	**0,1**	**0,1**	**68**	0,008501
23	0,26562	1,0325	0,01	0,01	283	0,035379
24	0,13005	0,59566	**0,07954**	0,02303	**129**	0,016127
25	0,34352	0,34599	0,01	**0,1**	**304**	0,038005
26	0,25939	1,0622	0,01	0,01	163	0,020378
27	0,0732	0,08744	**0,1**	**0,1**	**162**	0,020253
28	0,29409	2,2136	0,01	0,01	144	0,018002
29	0,21707	0,21709	0,01	**0,1**	**163**	0,020378
30	0,54761	0,63967	0,01	0,01903	169	0,021128
31	0,40649	0,60132	0,01	0,02252	573	0,071634
32	0,81874	0,89246	0,01	0,01	643	0,080385
33	0,18367	1,2089	0,02213	0,01	59	0,007376
34	0,37735	0,86045	0,01	0,01	102	0,012752
35	0,33409	0,35459	0,01	**0,09673**	**75**	0,009376
36	0,25109	1,9314	0,01	0,01	304	0,038005
37	0,43689	0,59448	0,01	0,02314	250	0,031254
38	0,34025	0,891	0,01	0,01	170	0,021253
39	0,12835	1,3266	**0,08269**	0,01	**88**	0,011001
40	0,45105	1,9738	0,01	0,01	202	0,025253
41	0,17126	0,1831	0,02895	**0,1**	**96**	0,012002
42	0,2892	0,39614	0,01	**0,07882**	**116**	0,014502
43	0,70958	0,70998	0,01	0,01264	196	0,024503
44	0,48112	0,7756	0,01	0,01	162	0,020253
45	0,20789	1,7285	0,01304	0,01	90	0,011251

9. 21 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 60 dias e um comprimento de 7000 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7000
1	0,51575	0,56142	00,1	0,027883	655	0,093571
2	0,094186	1,3716	**0,1**	0,01	**144**	0,020571
3	0,44351	2,1447	0,01	0,01	385	0,055
4	0,25308	0,78133	0,01	0,01	57	0,008143
5	0,40043	1,3423	0,01	0,01	288	0,041143
6	0,13007	0,72986	**0,07949**	0,01083	**49**	0,007
7	0,21577	1,2351	0,01009	0,01	169	0,024143
8	0,34861	1,2005	0,01	0,01	57	0,008143
9	0,29702	0,95047	0,01	0,01	72	0,010286
10	0,27818	1,3183	0,01	0,01	137	0,019571
11	0,15367	0,86233	0,04361	0,01	41	0,005857
12	0,06274	0,72209	0,1	0,01154	41	0,005857
13	0,13298	0,47427	**0,0741**	0,04746	**192**	0,027429
14	0,30468	0,68038	0,01	0,01533	97	0,013857
15	0,11059	0,87394	**0,1**	0,01	**272**	0,038857
16	0,15318	0,49574	0,04402	0,04263	121	0,017286
17	0,18832	0,29072	0,02038	**0,1**	**113**	0,016143
18	0,31643	1,205	0,01	0,01	384	0,054857
19	0,15959	1,0132	0,03867	0,01	105	0,015
20	0,18293	0,18938	0,0225	**0,1**	**288**	0,041143
21	0,13742	1,333	**0,06588**	0,01	**137**	0,019571
22	0,22697	2,4144	0,01	0,01	240	0,034286

23	0,2759	2,6783	0,01	0,01	248	0,035429
24	0,2034	0,24657	0,01473	**0,1**	**106**	0,015143
25	0,088784	0,092695	**0,1**	**0,1**	**57**	0,008143
26	0,37535	1,4509	0,01	0,01	149	0,021286
27	0,27267	0,28211	0,01	**0,1**	**108**	0,015429
28	0,24501	0,39966	0,01	**0,0773**	**97**	0,013857
29	0,43554	0,42252	0,01	**0,05452**	**312**	0,044571
30	0,055653	0,57481	0,01	0,024493	137	0,019571
31	0,2728	0,3664	0,01	0,01	193	0,027571
32	0,45772	1,3084	0,01	0,01	168	0,024
33	0,12037	0,42356	**0,09745**	**0,067**	**201**	0,028714
34	0,43046	0,47463	0,01	0,04738	136	0,019429
35	0,20745	1,277	0,01321	0,01	823	0,117571
36	0,39368	1,1466	0,01	0,01	209	0,029857
37	0,17547	0,82023	0,02544	0,01	49	0,007
38	0,1469	0,62015	0,04925	0,0208	80	0,011429

9. 22 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 60 dias e um comprimento de 10845 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/10845
1	0,1707	1,6228	0,02942	0,01	325	0,029968
2	0,29723	0,29929	0,01	**0,1**	**219**	0,020194
3	0,23241	1,2057	0,01	0,01	232	0,021392
4	0,26854	0,83503	0,01	0,01	65	0,005994
5	0,34509	1,8207	0,01	0,01	165	0,015214
6	0,8144	2,2065	0,01	0,01	300	0,027663
7	0,90867	1,7051	0,01	0,01	347	0,031996
8	0,23497	1,,3024	0,01	0,01	193	0,017796
9	0,38137	1,8697	0,01	0,01	164	0,015122
10	0,047689	0,12218	**0,1**	**0,1**	**159**	0,014661
11	0,1196	0,38886	**0,09889**	**0,08196**	**78**	0,007192
12	0,29298	2,7716	0,01	0,01	168	0,015491
13	0,2675	0,81892	0,01	0,01	103	0,009497
14	0,33499	0,44134	0,01	**0,05934**	**309**	0,028492
15	0,26311	0,8268	0,01	0,01	91	0,008391
16	0,16043	0,82878	0,03797	0,01	206	0,018995
17	0,39042	0,40969	0,01	**0,07298**	**91**	0,008391
18	0,56824	1,4273	0,01	0,01	193	0,017796
19	0,12393	0,21106	**0,09086**	**0,1**	**117**	0,010788
20	0,53467	0,54187	0,01	0,03224	167	0,015399
21	0,33569	0,58688	0,01	0,02383	527	0,048594
22	0,12693	1,8599	**0,08531**	0,01	**181**	0,01669

23	0,31947	0,9932	0,01	0,01	180	0,016598
24	0,16776	1,2357	0,03187	0,01	117	0,010788
25	0,22991	0,3425	0,01	**0,1**	**90**	0,008299
26	0,,35525	0,,37066	0,01	**0,0898**	**104**	0,00959
27	0,18088	1,2286	0,02317	0,01	232	0,021392
28	0,32296	0,32637	0,01	**0,1**	**193**	0,017796
29	0,38341	0,45177	0,01	0,05484	**117**	0,010788
30	0,18544	0,19021	0,02146	**0,1**	**270**	0,024896
31	0,75092	1,0564	0,01	0,01	527	0,048594
32	0,10786	0,30242	**0,1**	**0,1**	**180**	0,016598
33	0,3385	1,5124	0,01	0,01	91	0,008391
34	0,14985	0,9774	0,04679	0,01	65	0,005994
35	0,19103	0,74639	0,01936	0,01	101	0,009313
36	0,19712	0,24326	0,01708	**0,1**	**116**	0,010696
37	0,10684	0,70946	**0,1**	0,01269	**104**	0,00959
38	0,35346	0,49061	0,01	0,04378	206	0,018995
39	0,45867	0,49135	0,01	0,04362	78	0,007192
40	0,14155	0,90189	**0,05824**	0,01	**39**	0,003596
41	0,12908	1,2001	**0,08134**	0,01	**65**	0,005994
42	0,60453	0,79379	0,01	0,01	604	0,055694
43	0,12405	0,75145	**0,09065**	0,01	**162**	0,014938
44	0,11495	0,56545	**0,1**	0,02693	**32**	0,002951
45	0,32287	0,59278	0,01	0,02329	194	0,017888
46	0,21044	1,1723	0,01209	0,01	78	0,007192
47	0,12011	1,0351	**0,09795**	0,01	**65**	0,005994
48	0,2932	0,55892	0,01	0,0284	78	0,007192
49	0,087131	1,9317	**0,1**	0,01	**245**	0,022591

50	0,20025	1,0172	0,0159	0,01	65	0,005994
51	0,63757	1,3326	0,01	0,01	251	0,023144
52	0,46312	1,027	0,01	0,01	135	0,012448
53	0,35315	0,54979	0,01	0,03045	527	0,048594
54	0,098638	0,81089	**0,1**	0,01	**194**	0,017888
55	0,71304	2,3744	0,01	0,01	206	0,018995
56	0,24187	0,,31488	0,01	**0,1**	**129**	0,011895
57	0,,57464	0,64395	0,01	0,01864	322	0,029691
58	0,,38671	0,52437	0,01	0,03618	65	0,005994
59	0,1951	0,19533	0,1784	**0,1**	**180**	0,016598

9. 22 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 30 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0,13771	1,2793	**0,06536**	0,01	**161**	0,020128
2	0,12814	0,86137	**0,08308**	0,01	**148**	0,018502
3	0,17978	1,2724	0,02358	0,01	122	0,015252
4	0,084695	1,8727	**0,1**	0,01	**75**	0,009376
5	0,16404	0,59444	0,03496	0,02314	99	0,012377
6	0,24026	0,68654	0,01	0,01477	112	0,014002
7	0,12132	1,0365	**0,09571**	0,01	**100**	0,012502
8	0,28165	0,33384	0,01	**0,1**	**74**	0,009251
9	0,07851	0,7834	**0,1**	0,01	**38**	0,004751
10	0,24953	1,1158	0,01	0,01	223	0,027878
11	0,10315	1,0338	**0,1**	0,01	**75**	0,009376
12	0,29106	0,86641	0,01	0,01	271	0,033879
13	0,23041	0,2407	0,01	**0,1**	**75**	0,009376
14	0,19901	0,93196	0,01637	0,01	99	0,012377
15	0,29227	1,0025	0,01	0,01	235	0,029379
16	0,20861	0,70097	0,01277	0,01346	50	0,006251
17	0,10944	038887	0,1	**0,08195**	**604**	0,075509
18	0,16785	0,69223	0,03179	0,01425	100	0,012502
19	0,67484	0,68479	0,01	0,01493	296	0,037005
20	0,20456	0,63016	0,01429	0,01989	112	0,014002
21	0,30194	0,79601	0,01	0,01	284	0,035504

22	0,10291	0,11401	0,1	0,1	**87**	0,010876
23	0,36981	0,78098	0,01	0,01	234	0,029254
24	0,14198	0,5569	0,05745	0,02885	14	0,00175
25	0,34272	1,9648	0,01	0,01	444	0,055507
26	0,063663	0,77638	**0,1**	0,01	**148**	0,018502
27	0,55772	0,58452	0,01	0,02404	551	0,068884
28	0,51735	0,89189	0,01	0,01	731	0,091386
29	0,29171	0,98715	0,01	0,01	124	0,015502
30	0,12574	0,31232	0,08752	**0,1**	**25**	0,003125
31	0,14808	0,44709	0,04827	**0,05686**	**186**	0,023253
32	0,27477	1,9645	0,01	0,01	321	0,04013
33	0,1409	0,45385	**0,05945**	**0,05394**	**99**	0,012377
34	0,099664	1,4004	**0,1**	0,01	**149**	0,018627
35	0,24083	1,9228	0,01	0,01	222	0,027753
36	0,12612	0,53398	**0,08681**	0,03401	**26**	0,00325
37	0,76716	0,91193	0,01	0,01	247	0,030879
38	0,33403	0,50075	0,01	0,0415	198	0,024753
39	0,34182	1,156	0,01	0,01	210	0,026253
40	0,23826	0,26341	0,01	**0,1**	**99**	0,012377
41	0,23115	1,7595	0,01	0,01	346	0,043255

9. 23 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 30 dias e um comprimento de 7000 dias

Fragmentos	**Valor do teste KPSS para tendência**	**Valor do teste KPSS para nível**	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	**Comprimento em dias do fragmento**	**Proporção em dias dias/7000**
1	0,6372	0,92859	0,01	0,01	713	0,101857
2	0,15072	0,66016	0,04607	0,01717	51	0,007286
3	0,39718	0,80394	0,01	0,01	273	0,039
4	0,67142	1,1866	0,01	0,01	349	0,049857
5	0,25069	0,2519	0,01	**0,1**	**62**	0,008857
6	0,086782	0,084032	**0,1**	**0,1**	**149**	0,021286
7	0,25413	1,1534	0,01	0,01	51	0,007286
8	0,30735	1,2328	0,01	0,01	87	0,012429
9	0,1083	0,17048	0,02319	**0,1**	**63**	0,009
10	0,35506	0,41512	0,01	**0,07064**	**113**	0,016143
11	0,2105	0,19775	0,01206	**0,1**	**224**	0,032
12	0,36441	0,47267	0,01	0,04782	87	0,012429
13	0,13873	1,0465	**0,06346**	0,01	**286**	0,040857
14	0,12495	0,14099	**0,08898**	**0,1**	**224**	0,032
15	0,24008	1,2962	0,01	0,01	422	0,060286
16	0,27853	0,79799	0,01	0,01	87	0,012429
17	0,23872	0,46428	0,01	0,04971	274	0,039143
18	0,22183	0,30824	0,01	**0,1**	**98**	0,014
19	0,62133	2,1627	0,01	0,01	223	0,031857
20	0,52961	0,54903	0,01	0,03062	187	0,026714
21	0,15897	0,19817	0,03919	**0,1**	**137**	0,019571
22	0,20058	0,68458	0,01578	0,01495	125	0,017857

23	0,17909	1,6149	0,02384	0,01	125	0,017857
24	0,11031	0,12752	**0,1**	**0,1**	**199**	0,028429
25	0,18157	0,97262	0,02291	0,01	50	0,007143
26	0,51807	0,77795	0,01	0,01	340	0,048571
27	0,24086	1,5376	0,01	0,01	96	0,013714
28	0,33579	0,66081	0,01	0,01711	236	0,033714
29	0,48322	0,9662	0,01	0,01	150	0,021429
30	0,096886	0,49168	**0,1**	0,04354	**223**	0,031857
31	0,30681	0,30887	0,01	**0,1**	**113**	0,016143
32	0,22291	1,2065	0,01	0,01	818	0,116857
33	0,34506	0,74488	0,01	0,01	201	0,028714
34	0,23705	0,51357	0,01	0,03861	48	0,006857
35	0,25728	1,7031	0,01	0,01	76	0,010857

9. 24 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 30 dias e um comprimento de 10845 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/10845
1	0,44478	0,44418	0,01	**0,05811**	**554**	0,051083
2	0,2878	0,9156	0,01	0,01	237	0,021853
3	0,03298	1,2457	0,03298	0,01	118	0,010881
4	0,21086	0,52183	0,01193	0,03675	139	0,012817
5	0,36886	0,4441	0,01	**0,0537**	**87**	0,008022
6	0,81025	1,8762	0,01	0,01	287	0,026464
7	0,11933	0,53432	0,09939	0,03394	44	0,004057
8	0,67908	0,67627	0,01	0,0157	330	0,030429
9	0,18865	1,0057	0,02026	0,01	150	0,013831
10	0,47603	2,0129	0,01	0,01	194	0,017888
11	0,060207	0,12968	**0,1**	**0,1**	**137**	0,012633
12	0,15544	0,23047	0,04214	**0,1**	**65**	0,005994
13	0,16027	0,80612	0,03811	0,01	86	0,00793
14	0,070124	2,0722	**0,1**	0,01	**146**	0,013462
15	0,32218	1,7715	0,01	0,01	89	0,008207
16	0,25527	0,56664	0,01	0,02666	309	0,028492
17	0,15511	1,1873	0,04241	0,01	65	0,005994
18	0,14219	10075	**0,05705**	0,01	**224**	0,020655
19	0,41384	0,74727	0,01	0,01	75	0,006916
20	0,62109	0,84416	0,01	0,01	235	0,021669
21	0,27837	0,54824	0,01	0,0308	44	0,004057
22	0,35962	0,39966	0,01	**0,0773**	**96**	0,008852

23	0,11116	1,7191	**0,1**	0,01	**129**	0,011895
24	0,34636	0,58929	0,01	0,02361	521	0,048041
25	0,12115	0,60053	**0,09603**	0,02215	**71**	0,006547
26	0,19122	0,59947	0,01929	0,02268	27	0,00249
27	0,27399	0,8335	0,01	0,01	54	0,004979
28	0,17576	1,0531	0,0252	0,01	192	0,017704
29	0,24635	0,78843	0,01	0,01	86	0,00793
30	0,094636	0,89384	**0,1**	0,01	**86**	0,00793
31	0,21044	0,37764	0,01208	**0,08679**	**171**	0,015768
32	0,19099	1,3907	0,01938	0,01	139	0,012817
33	0,24192	0,52691	0,01	0,03561	107	0,009866
34	0,39273	0,89723	0,01	0,01	182	0,016782
35	0,31788	0,31822	0,01	**0,1**	**54**	0,004979
36	0,38236	1,3554	0,01	0,01	851	0,078469
37	0,248	0,80488	0,01	0,01	181	0,01669
38	0,2944	0,57794	0,01	0,02464	76	0,007008
39	0,14306	0,97443	0,05544	0,01	64	0,005901
40	0,25223	0,27444	0,01	**0,1**	**140**	0,012909
41	0,18984	0,22185	0,01981	**0,1**	**117**	0,010788
42	0,37687	0,71336	0,01	0,01233	278	0,025634
43	0,34857	0,42388	0,01	**0,06686**	**128**	0,011803
44	0,42437	0,80425	0,01	0,01	98	0,009036
45	0,8965	1,6636	0,01	0,01	585	0,053942
46	0,10864	0,72837	**0,1**	0,01097	**160**	0,014753
47	0,28119	0,85656	0,01	0,01	54	0,004979
48	0,43518	0,55465	0,01	0,02936	139	0,012817
49	0,24313	0,24594	0,01	**0,1**	**44**	0,004057

50	0,095509	0,8756	**0,1**	0,01	**150**	0,013831
51	0,19728	0,26288	0,01702	**0,1**	**65**	0,005994
52	0,15796	1,3473	0,04003	0,01	108	0,009959
53	0,12149	0,13162	**0,0954**	**0,1**	**139**	0,012817
54	0,53268	1,1269	0,01	0,01	287	0,026464
55	0,33246	1,5696	0,01	0,01	140	0,012909
56	0,48104	0,52315	0,01	0,03645	500	0,046104
57	0,1824	1,2203	0,0226	0,01	245	0,022591
58	0,33438	2,2559	0,01	0,01	203	0,018718
59	0,25111	0,49878	0,01	0,04194	86	0,00793
60	0,70535	2,1491	0,01	0,01	309	0,028492
61	0,29985	0,55045	0,01	0,0303	54	0,004979
62	0,26583	0,86062	0,01	0,01	224	0,020655

10 APÊNDICE C- FRAGMENTOS DOS SEGMENTOS DA SÉRIE HIDROLÓGICA DA ESTAÇÃO 8744000- PASSO DAS CANOAS- SEM PREENCHIMENTO DE FALHAS OBTIDOS APARTIR DA ANÁLISE DE ONDALETAS.

10.1 Fragmentos do segmento 1da série temporal no período de 1095 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.13458	0.18367	**0.07115**	**0.1**	**1584**	0,18725

10.2 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 1095 dias e um comprimento de 7001 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.28346	0.69528	0.01	0.01397	364	0,0396

10.3 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 1095 dias e um comprimento de 9180 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.21722	2.1643	0.01	0.01	1324	0,144
2	0.46166	1.2323	0.01	0.01	443	0,0482
3	0.17724	0.84939	0.02454	0.01	5024	0,5472
4	0.37408	2.5039	0.01	0.01	222	0,0241

10.4 Fragmentos do segmento 1da série temporal no período de 730 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.61571	0.61129	0.01	0.02161	881	0,110139
2	0.34858	1.8528	0.01	0.01	706	0,088261
3	0.29889	0.44361	0.01	**0.05836**	**313**	0,03913
4	0.16513	0.17069	0.03406	**0.1**	**523**	0,065383
5	0.40596	0.40257	0.01	**0.07605**	**614**	0,07676
6	0.38242	0.45954	0.01	**0.05149**	**275**	0,034379
7	1.4868	0.34496	0.01	0.01	222	0,027753
8	0.34496	1.7892	0.01	0.01	2130	0,266283
9	0.22561	0.58689	0.01	0.02383	105	0,013127
10	0.49241	0.67426	0.01	0.01589	862	0,107763
11	0.20735	0.51313	0.01325	0.03871	144	0,018002
12	0.55137	0.79056	0.01	0.01	471	0,058882
13	0.45317	1.3642	0.01	0.01	130	0,016252
14	0.9286	0.9862	0.01	0.01	432	0,054007
15	0.22316	1.0063	0.01	0.01	183	0,022878

10.5 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 730 dias e um comprimento de 7001 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7001
1	0.22183	0.6831	0.01	0.01508	1087	0,155264
2	0.59171	1.0179	0.01	0.01	196	0,027996
3	0.26342	0.78788	0.01	0.01	711	0,101557
4	0.09811	0.10482	**0.1**	**0.1**	**321**	0,045851
5	0.29194	0.75987	0.01	0.01	837	0,119554
6	0.28714	0.55869	0.01	0.02845	139	0,019854
7	0.73799	1.2965	0.01	0.01	1827	0,260963
8	0.093603	0.10761	**0.1**	**0.1**	**56**	0,007999
9	0.44098	1.3877	0.01	0.01	837	0,119554
10	0.23207	0.54157	0.01	0.0323	168	0,023997

10.6 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 730 dias e um comprimento de 9180 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.60873	0.60822	0.01	0.02189	371	0,040414
2	0.33656	1.9152	0.01	0.01	221	0,024074
3	0.14456	1.2524	**0.05266**	0.01	**3307**	0,36024
4	0.2884	2.1524	0.01	0.01	234	0,02549
5	0.47078	0.59082	0.01	0.02347	583	0,063508
6	0.2425	0.26255	0.01	**0.1**	**130**	0,014161
7	0.41001	0.47987	0.01	0.0462	1712	0,186492
8	0.45502	0.61791	0.01	0.02101	169	0,01841
9	0.39267	0.51325	0.01	0.03868	415	0,045207
10	0.21937	2.2122	0.01	0.01	116	0,012636
11	0.47918	1.5637	0.01	0.01	415	0,045207
12	0.24444	2.2624	0.01	0.01	169	0,01841
13	0.65111	0.97561	0.01	0.01	376	0,040959
14	0.31339	0.0518	0.01	**0.05218**	**130**	0,014161

10.7 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 480 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.24793	1.0651	0.01	0.01	371	0,046381
2	0.77113	0.80257	0.01	0.01	392	0,049006
3	0.23159	0.98721	0.01	0.01	132	0,016502
4	0.52985	0.53874	0.01	0.03294	940	0,117515
5	0.10821	0.37796	**0.1**	**0.08666**	**810**	0,101263
6	0.43594	0.55469	0.01	0.02935	356	0,044506
7	0.11291	1.2356	**0.1**	0.01	154	0,019252
8	0.38573	1.826	0.01	0.01	196	0,024503
9	0.23088	1.1098	0.01	0.01	104	0,013002
10	0.24081	1.1172	0.01	0.01	144	0,018002
11	0.22379	0.22618	0.01	**0.1**	**850**	0,106263
12	0.70213	0.99934	0.01	0.01	457	0,057132
13	0.25591	0.53204	0.01	0.03445	1095	0,136892
14	0.68548	0.81674	0.01	0.01	787	0,098387
15	0.45444	0.6596	0.01	0.01722	641	0,080135
16	0.20905	0.23322	0.0126	**0.1**	**78**	0,009751
17	0.43169	1.1887	0.01	0.01	170	0,021253
18	0.26125	0.74648	0.01	0.01	117	0,014627

10.8 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 480 dias e um comprimento de 7001 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7001
1	0.31659	1.5056	0.01	0.01	475	0,067847
2	0.4625	0.4776	0.01	0.0471	293	0,041851
3	0.34705	0.35421	0.01	**0.09689**	**1450**	0,207113
4	0.12862	0.46123	**0.08218**	**0.05076**	**126**	0,017997
5	0.17454	0.51357	0.02622	0.03861	1409	0,201257
6	0.27143	2.0374	0.01	0.01	168	0,023997
7	0.40898	0.65558	0.01	0.01758	376	0,053707
8	0.17594	0.34328	0.02505	**0.1**	**139**	0,019854
9	0.3341	0.35346	0.01	**0.09722**	**98**	0,013998
10	0.08181	1.2609	**0.1**	0.01	**251**	0,035852
11	0.237	0.23934	0.01	**0.1**	**1032**	0,147408
12	0.07442	1.5341	**0.1**	0.01	104	0,014855
13	0.41084	0.61304	0.01	0.02145	189	0,026996
14	0.23433	1.8699	0.01	0.01	279	0,039851

10.9 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 480 dias e um comprimento de 9180 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/6178
1	0.44856	1.2847	0.01	0.01	1448	0,157734
2	0.23183	0.95584	0.01	0.01	77	0,008388
3	0.45401	1.0099	0.01	0.01	286	0,031155
4	0.82164	0.83	0.01	0.01	441	0,048039
5	0.62048	0.99211	0.01	0.01	246	0,026797
6	0.27619	0.64823	0.01	0.01825	78	0,008497
7	0.17543	0.22833	0.02547	**0.1**	**1582**	0,172331
8	0.083035	2.1836	**0.1**	0.01	**169**	0,01841
9	0.27701	0.41759	0.01	**0.06957**	**1090**	0,118736
10	0.46802	0.47602	0.01	0.04707	90	0,009804
11	0.43803	1.2209	0.01	0.01	1246	0,13573
12	0.28779	1.2789	0.01	0.01	337	0,03671
13	0.70848	0.71674	0.01	0.01202	493	0,053704
14	0.37601	1.8638	0.01	0.01	635	0,069172
15	1.3613	1.3985	0.01	0.01	480	0,052288

10.10 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 365 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.46233	0.47625	0.01	0.04702	1001	0,125141
2	0.13994	0.67663	**0.06123**	0.01567	**63**	0,007876
3	0.3456	0.97428	0.01	0.01	104	0,013002
4	0.1362	1.091	**0.06814**	0.01	**196**	0,024503
5	0.37083	1.4087	0.01	0.01	183	0,022878
6	0.34848	0.35349	0.01	**0.0972**	**327**	0,04088
7	0.30057	0.91455	0.01	0.01	209	0,026128
8	0.27737	1.146	0.01	0.01	701	0,087636
9	0.36837	1.0182	0.01	0.01	70	0,008751
10	0.56246	0.59307	0.01	0.02327	288	0,036005
11	0.46637	0.43104	**0.06377**	**0.1**	**562**	0,070259
12	0.11798	0.19174	**0.1**	**0.1**	**130**	0,016252
13	0.41071	2.5764	0.01	0.01	458	0,057257
14	0.10256	0.12705	**0.1**	**0.1**	**100**	0,012502
15	0.33461	0.50488	0.01	0.04057	174	0,021753
16	0.24616	2.5847	0.01	0.01	236	0,029504
17	0.39541	0.45377	0.01	**0.05398**	**91**	0,011376
18	0.047979	0.045377	**0.1**	**0.0598**	**667**	0,083385
19	0.047979	1.7138	**0.1**	0.01	**131**	0,016377
20	0.32471	0.34708	0.01	**0.09996**	**143**	0,017877
21	0.28264	0.3105	0.01	**0.1**	**65**	0,008126

22	0.23258	1.3293	0.01	0.01	330	0,041255
23	0.069797	0.18978	**0.1**	**0.1**	**128**	0,016002
24	0.29239	0.58928	0.01	0.02361	209	0,026128
25	0.069393	0.57995	**0.1**	0.02446	**170**	0,021253
26	0.59974	0.7869	0.01	0.01	288	0,036005
27	0.36067	1.3744	0.01	0.01	127	0,015877
28	0.25445	1.8286	0.01	0.01	238	0,029754
29	0.92996	0.94766	0.01	0.01	379	0,047381

10.11 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 365 dias e um comprimento de 7001 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7001
1	0.25444	0.65995	0.01	0.01719	461	0,065848
2	0.50632	0.53183	0.01	0.0345	237	0,033852
3	0.11346	0.13398	**0.1**	**0.1**	**28**	0,003999
4	0.4412	0.7405	0.01	0.01	223	0,031853
5	0.2464	1.2773	0.01	0.01	167	0,023854
6	0.27879	0.49182	0.01	0.04351	447	0,063848
7	0.42946	1.6864	0.01	0.01	153	0,021854
8	0.33357	0.47866	0.01	0.04647	405	0,057849
9	0.06513	0.86708	**0.1**	**0.01**	**265**	0,037852
10					0	0
11	0.083673	1.8629	**0.1**	**0.1**	**298**	0,042565
12	0.70549	0.71199	0.01	0.01246	218	0,031138
13	0.23213	1.31	0.01	0.01	349	0,04985
14	0.27999	0.28983	0.01	**0.1**	**125**	0,017855
15	0.15967	1.7429	0.03861	0.01	168	0,023997
16	0.16839	2.5783	0.031134	0.01	181	0,025853
17	0.26258	0.62197	0.01	0.02064	153	0,021854
18	0.3984	1.8084	0.01	0.01	210	0,029996
19	0.27435	0.64559	0.01	0.01849	251	0,035852
20	0.27435	0.65559	0.01	0.01849	251	0,035852
21	0.11247	0.80626	**0.1**	0.01	209	0,029853

22	0.50806	1.104	0.01	0.01	207	0,029567
23	0.13642	0.5996	**0.06773**	0.02267	**101**	0,014427
24	0.29229	0.48202	0.01	0.04572	83	0,011855
25	0.41775	1.9061	0.01	0.01	223	0,031853
26	0.060103	0.79349	**0.1**	0.01	140	0,019997
27	0.36738	1.3246	0.01	0.01	251	0,035852
28	0.2013	0.48366	0.01551	0.04535	153	0,021854
29	0.36062	0.3797	0.01	**0.0859**	**182**	0,025996
30	0.7506	0.77275	0.01	0.01	498	0,071133

10.12 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 365 dias e um comprimento de 9180 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.43936	1.0576	0.01	0.01	99	0,010784
2	0.33653	0.92331	0.01	0.01	259	0,028214
3	0.37662	1.8903	0.01	0.01	221	0,024074
4	0.16644	0.55812	0.03297	0.02858	103	0,01122
5	0.94079	0.94992	0.01	0.01	389	0,042375
6	0.21279	0.79176	0.0112	0.01	52	0,005664
7	0.66434	0.87422	0.01	0.01	169	0,01841
8	0.56181	1.2674	0.01	0.01	298	0,032462
9	0.19975	0.2956	0.01609	0.1	117	0,012745
10	0.93375	1.3438	0.01	0.01	558	0,060784
11	0.58196	0.86125	0.01	0.01	207	0,022549
12	0.18901	0.92728	0.02012	0.01	156	0,016993
13	0.27263	0.77562	0.01	0.01	46	0,005011
14	0.19639	0.74321	0.01736	0.01	327	0,035621
15	0.31037	0.42025	0.01	**0.06843**	**211**	0,022985
16	0.18919	1.1078	0.02006	0.01	168	0,018301
17	0.23045	1.3969	0.01	0.01	621	0,067647
18	0.71985	0.73811	0.01	0.01008	313	0,034096
19	0.19101	0.84466	0.01937	0.01	117	0,012745
20	0.42517	0.5494	0.01	0.03054	144	0,015686
21	0.18652	0.8207	0.02105	0.01	63	0,006863

22	0.29303	0.43001	0.01	**0.0622**	**843**	0,09183
23	0.25959	2.389	0.01	0.01	221	0,024074
24	0.4353	2	0.01	0.01	143	0,015577
25	0.60849	2.7135	0.01	0.01	181	0,019717
26	0.97804	0.97776	0.01	0.01	532	0,057952
27	0.42502	0.61791	0.01	0.0201	169	0,01841
28	0.12813	1.7131	**0.08309**	0.01	155	0,016885
29	0.12388	1.156	**0.09097**	0.01	195	0,021242
30	0.43487	0.53659	0.01	0.0342	259	0,028214
31	0.32431	1.9617	0.01	0.01	195	0,021242
32	0.61658	1.0976	0.01	0.01	285	0,031046
33	0.35145	1.7931	0.01	0.01	363	0,039542
34	0.16555	0.36957	0.0337	**0.09027**	**130**	0,014161
35	0.58649	1.2121	0.01	0.01	259	0,028214
36	0.100824	0.10576	**0.1**	**0.1**	**13**	0,001416
37	0.23411	0.76988	0.01	0.01	91	0,009913
38	0.51678	0.97483	0.01	0.01	329	0,035839
39	0.37328	0.4595	0.01	**0.05151**	**86**	0,009368

10.13 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 180 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.25666	1.3448	0.01	0.01	190	0,023753
2	0.32472	0.40629	0.01	**0.07444**	**51**	0,006376
3	0.34099	1.2343	0.01	0.01	234	0,029254
4	0.14966	1.1481	0.04695	0.01	285	0,035629
5	0.24295	1.4044	0.01	0.01	91	0,011376
6	0.099818	0.47731	**0.1**	0.04678	**65**	0,008126
7	0.39	0.86395	0.01	0.01	259	0,032379
8	0.32446	0.3248	0.01	**0.1**	**78**	0,009751
9	0.7571	0.91494	0.01	0.01	337	0,04213
10	0.22164	0.52438	0.01	0.03617	130	0,016252
11	0.49849	1.7515	0.01	0.01	182	0,022753
12	0.19018	0.4853	0.01968	0.04498	99	0,012377
13	0.08427	0.085918	**0.1**	**0.1**	**134**	0,016752
14	0.16002	0.79763	0.03832	0.01	85	0,010626
15	0.14307	1.3299	**0.05542**	0.01	**71**	0,008876
16	0.17534	0.61131	0.02555	0.02161	116	0,014502
17	0.61681	0.61668	0.01	0.02112	312	0,039005
18	0.40865	0.51363	0.01	0.0386	97	0,012127
19	0.32673	0.94152	0.01	0.01	185	0,023128
20	0.25037	0.24938	0.01	**0.1**	**107**	0,013377
21	0.67645	2.3469	0.01	0.01	207	0,025878

22	0.18549	0.31352	0.02144	**0.1**	**195**	0,024378
23	0.57809	1.7615	0.01	0.01	259	0,032379
24	0.5062	0.5112	0.01	0.03915	91	0,011376
25	0.41206	1.3507	0.01	0.01	208	0,026003
26	0.13356	1.0421	0.07304	0.01	116	0,014502
27	0.12245	0.75762	0.09362	0.01	40	0,005001
28	0.17794	1.153	0.02427	0.01	90	0,011251
29	0.50409	0.36257	0.04074	0.01	143	0,017877
30	0.36257	0.66586	0.01	0.01	142	0,017752
31	0.25558	0.25559	0.01	**0.1**	**91**	0,011376
32	0.24984	0.43165	0.01	**0.06351**	**144**	0,018002
33	0.16046	0.30022	0.03795	**0.1**	**65**	0,008126
34	031237	0.3331	0.01	**0.1**	**102**	0,012752
35	0.37772	0.93885	0.01	0.01	52	0,006501
36	0.37772	0.93885	0.01	0.01	195	0,024378
37	0.15015	1.4063	0.04654	0.01	117	0,014627
38	0.46723	0.47475	0.01	0.04735	233	0,029129
39	0.20283	0.64814	0.01494	0.01826	105	0,013127
40	0.81059	0.91144	0.01	0.01	297	0,03713
41	0.26139	0.78777	0.01	0.01	65	0,008126
42	0.27419	1.1407	0.01	0.01	130	0,016252
43	0.16589	0.21832	0.03342	**0.1**	**181**	0,022628
44	0.2655	0.69958	0.01	0.01358	65	0,008126
45	0.58955	1.8725	0.01	0.01	195	0,024378
46	0.24587	0.83012	0.01	0.01	65	0,008126
47	0.19166	0.94825	0.01913	0.01	155	0,019377
48	0.15466	1.6374	0.04278	0.01	208	0,026003

49	0.26648	1.1641	0.01	0.01	78	0,009751
50	0.71436	0.71205	0.01	0.01245	207	0,025878
51	0.32586	1.0616	0.01	0.01	104	0,013002
52	0.58101	1.975	0.01	0.01	597	0,074634
53	0.13624	0.62366	**0.06807**	**0.02049**	**142**	0,017752
54	0.25968	0.62594	0.01	0.02028	156	0,019502
55	0.42421	0.579	0.01	0.02455	207	0,025878
56	0.20968	0.59979	0.01237	0.02266	260	0,032504
57	0.20106	1.4964	0.0156	0.01	186	0,023253
58	0.37328	0.01	0.4595	**0.05151**	**86**	0,010751

10.14 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 180 dias e um comprimento de 7001 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7001
1	0,39052	2,1586	0,01	0,01	597	0,085274
2	0,47222	0,47387	0,01	0,04755	195	0,027853
3	0,56989	1,8438	0,01	0,01	209	0,029853
4	0,11644	0,82929	**0,1**	**0,01**	**28**	0,003999
5	0,70898	1,0245	0,01	0,01	237	0,033852
6	0,23741	0,35152	0,01	**0,09805**	**628**	0,089701
7	0,20171	0,42944	0,01536	**0,06447**	**139**	0,019854
8	0,30035	0,67152	0,01	0,1613	196	0,027996
9	0,13253	0,77187	**0,07494**	**0,01**	**209**	0,029853
10	0,068563	0,2289	**0,1**	**0,1**	**400**	0,057135
11	00,56948	1,5477	0,01	0,01	269	0,038423
12	0,37018	1,8072	0,01	0,01	210	0,029996
13	0,19605	0,58683	0,01748	0,02383	111	0,015855
14	0,33553	0,3361	0,01	**0,1**	**154**	0,021997
15	0,093759	0,91568	**0,1**	**0,01**	**139**	0,019854
16	0,73801	1,8842	0,01	0,01	419	0,059849
17	0,45679	1,0103	0,01	0,01	97	0,013855
18	0,23519	1,3541	0,01	0,01	112	0,015998
19	0,13441	0,14537	**0,07146**	**0,1**	**167**	0,023854
20	0,3341	0,35346	0,01	**0,09722**	**98**	0,013998
21	0,68669	2,6622	0,01	0,01	432	0,061705

22	0,40103	0,51886	0,01	0,03742	181	0,025853
23	0,62952	0,64204	0,01	0,01881	183	0,026139
24	0,078853	0,08193	0,1	**0,1**	**152**	0,021711
25	0,51528	1,0147	0,01	**0,01**	**209**	0,029853
26	0,60076	1,452	0,01	0,01	335	0,04785
27	0,30441	0,42093	0,01	**0,06813**	**72**	0,010284
28	0,59101	0,59541	0,01	0,02305	556	0,079417
29	0,45402	0,46014	0,01	**0,05123**	**139**	0,019854
30	0,29915	0,34532	0,01	**0,1**	**98**	0,013998

10.15 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 180 dias e um comprimento de 9180 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.44184	1.0725	0.01	0.01	131	0,01427
2	0.36372	0.73975	0.01	0.01	182	0,019826
3	0.25034	0.311222	0.01	**0.1**	**116**	0,012636
4	0.49526	0.77865	0.01	0.01	143	0,015577
5	0.070405	0.082372	**0.1**	**0.1**	**91**	0,009913
6	0.18228	1.422	0.02265	0.01	182	0,019826
7	0.68284	2.9255	0.01	0.01	337	0,03671
8	0.1428	2.2425	**0.05593**	0.01	142	0,015468
9	0.45847	1.0541	0.01	0.01	250	0,027233
10	0.27728	0.9836	0.01	0.01	178	0,01939
11	0.34944	1.762	0.01	0.01	156	0,016993
12	0.1937	0.60573	0.01836	0.02212	285	0,031046
13	0.38581	1.5111	0.01	0.01	91	0,009913
14	0.49003	0.63825	0.01	0.01916	169	0,01841
15	0.53188	1.0683	0.01	0.01	259	0,028214
16	0.3895	1.0683	0.01	**0.07**	**143**	0,015577
17	0.31312	0.9205	0.01	0.01	146	0,015904
18	0.21438	0.2205	0.01061	**0.1**	**443**	0,048257
19	0.67325	2.1653	0.01	0.01	195	0,021242
20	0.14332	0.49454	**0.05496**	0.0429	**104**	0,011329
21	0.32711	0.47945	0.01	0.04629	77	0,008388

22	0.12801	1.1825	**0.08331**	0.01	**105**	0,011438
23	0.14738	0.64841	0.04885	0.01824	155	0,016885
24	0.36803	0.54977	0.01	0.030460.	104	0,011329
25	0.094905	0.29512	**0.1**	**0.1**	**194**	0,021133
26	0.56554	1.1304	0.01	0.01	286	0,031155
27	0.28238	0.78361	0.01	0.01	155	0,016885
28	0.28172	1.1083	0.01	0.01	156	0,016993
29	0.22355	1.7087	0.01	0.01	156	0,016993
30	0.31859	0.4012	0.01	**0.07664**	**116**	0,012636
31	0.17044	0.22352	0.02964	**0.1**	**129**	0,014052
32	0.13782	1.8924	**0.06515**	0.01	52	0,005664
33	0.4721	1.0765	0.01	0.01	168	0,018301
34	0.17068	2.1114	0.02943	0.01	143	0,015577
35	0.38325	0.5902	0.01	0.02353	195	0,021242
36	0.26731	0.7326	0.01	0.01058	168	0,018301
37	0.71626	2.0341	0.01	0.01	241	0,026253
38	0.24966	1.1243	0.01	0.01	71	0,007734
39	0.35322	1.3966	0.01	0.01	129	0,014052
40	0.13389	0.25878	**0.07242**	0.01	**156**	0,016993
41	0.25878	0.39697	0.01	**0.07846**	**52**	0,005664
42	0.3781	1.3743	0.01	0.01	246	0,026797
43	0.40556	0.46059	0.01	**0.05104**	**195**	0,021242
44	0.11792	2.2096	**0.1**	0.01	**181**	0,019717
45	0.27886	0.30261	0.01	**0.1**	**78**	0,008497
46	0.59647	0.90114	0.01	0.01	208	0,022658
47	0.60257	0.7807	0.01	0.01	155	0,016885
48	0.67389	2.3622	0.01	0.01	597	0,065033

49	0.11148	0.92138	**0.1**	0.01	**143**	0,015577
50	0.38888	0.82807	0.01	0.01	142	0,015468
51	0.16799	1.1055	0.03168	0.01	117	0,012745
52	0.42548	0.89982	0.01	0.01	91	0,009913
53	0.1658	0.50349	0.0335	0.04088	220	0,023965
54	0.35914	0.63035	0.01	0.01988	219	0,023856
55	0.19926	1.73318	0.01628	0.01	170	0,018519

10.16 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 120 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.56652	0.68882	0.01	0.01456	493	0,061633
2	0.11343	1.016	**0.1**	0.01	79	0,009876
3	0.11126	1.76623	**0.1**	**0.1**	**196**	0,024503
4	0.13064	0.52067	0.07844	0.03701	104	0,013002
5	0.047315	0.06014	**0.1**	**0.1**	**40**	0,005001
6	0.50073	0.0579	0.01	0.04036	196	0,024503
7	1.0469	1.0469	0.01	0.01	104	0,013002
8	0.26506	1.3548	0.01	0.01	171	0,021378
9	0.27421	1.0445	0.01	0.01	77	0,009626
10	0.17811	0.17555	0.02421	**0.1**	**249**	0,031129
11	0.10779	0.59794	**0.1**	0.02282	22	0,00275
12	0.24468	2.3693	0.01	0.01	209	0,026128
13	0.31728	0.84266	0.01	0.01	79	0,009876
14	0.18345	0.19196	0.0222	**0.1**	561	0,070134
15	0.1526	0.24874	0.0445	**0.1**	144	0,018002
16	0.51668	0.61939	0.01	0.02087	262	0,032754
17	0.11642	0.11642	**0.1**	**0.1**	**209**	0,026128
18	0.10845	0.96464	**0.1**	0.01	**196**	0,024503
19	0.16151	1.4736	0.03708	0.01	130	0,016252
20	0.33407	0.91176	0.01	0.01	197	0,024628
21	0.1434	0.24985	**0.05481**	**0.1**	**153**	0,019127

22	0.1234	1.0939	**0.09185**	0.01	**435**	0,054382
23	0.31661	2.1501	0.01	0.01	980	0,122515
24	0.87532	1.0021	0.01	0.01	340	0,042505
25	0.34328	0.59469	0.01	0.02312	287	0,035879
26	0.24392	2.1588	0.01	0.01	327	0,04088
27	0.42604	0.85346	0.01	0.01	261	0,032629
28	0.27935	1.2095	0.01	0.01	170	0,021253
29	0.34573	1.3378	0.01	0.01	200	0,025003
30	0.27364	2.106	0.01	0.01	127	0,015877
31	0.3573	1.0528	0.01	0.01	222	0,027753
32	0.52025	1.8801	0.01	0.01	209	0,026128
33	0.21345	1.4164	0.01096	0.01	92	0,011501
34	0.22217	2.3804	0.01	0.01	340	0,042505

10.17 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 120 dias e um comprimento de 7001dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7001
1	0.49103	1.6477	0.01	0.01	688	0,098272
2	0.23433	0.94099	0.01	0.01	97	0,013855
3	0.058847	0.24453	**0.1**	**0.1**	**84**	0,011998
4	0.59376	1.3063	0.01	0.01	195	0,027853
5	0.59376	1.3063	0.01	0.01	223	0,031853
6	0.24028	0.31683	0.01	**0.1**	**614**	0,087702
7	0.14789	0.54924	0.04843	0.03058	167	0,023854
8	0.30297	0.5664	0.01	0.0271	140	0,019997
9	0.2288	1.1676	0.01	0.01	209	0,029853
10	0.25461	0.26533	0.01	**0.1**	**195**	0,027853
11	0.21402	0.32587	0.01074	**0.1**	**85**	0,012141
12	0.64628	0.82709	0.01	0.01	432	0,061705
13	0.35177	1.1442	0.01	0.01	126	0,017997
14	0.26652	1.2134	0.01	0.01	196	0,027996
15	0.89566	1.7614	0.01	0.01	453	0,064705
16	0.12144	1.892	**0.09549**	0.01	132	0,018854
17	0.24791	0.29135	0.01	**0.1**	**56**	0,007999
18	0.27359	2.6341	0.01	0.01	237	0,033852
19	0.25617	0.75456	0.01	0.01	223	0,031853
20	0.2323	0.44118	0.01	**0.05941**	**98**	0,013998
21	0.64833	1.7828	0,01	0.01	373	0,053278

22	0.41338	1.5018	0.01	0.01	101	0,014427
23	0.42012	0.76111	0.01	0.01	125	0,017855
24	0.70695	0.80764	0.01	0.01	210	0,029996
25	0.10029	0.51628	**0.1**	0.038	**195**	0,027853
26	0.44923	0.7437	0.01	0.01	153	0,021854
27	0.3348	1.6798	0.01	0.01	377	0,053849
28	0.59172	0.60366	0.01	0.0223	209	0,029853
29	0.1187	1.788	**0.1**	0.01	**391**	0,055849
30	0.27235	0.79662	0.01	0.01	125	0,017855
31	0.20586	0.26236	0.0138	0.1	70	0,009999

10.18 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 120 dias e um comprimento de 9180 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.25666	1.3448	0.01	0.01	190	0,020697
2	0.32472	0.40629	0.01	0.07444	51	0,005556
3	0.34099	1.2343	0.01	0.01	234	0,02549
4	0.14966	1.1481	0.04695	0.01	285	0,031046
5	0.24295	1.4044	0.01	0.01	91	0,009913
6	0.099818	0.47731	**0.1**	0.04678	**65**	0,007081
7	0.16727	1.2123	0.03227	0.01	159	0,01732
8	0.27919	2.4702	0.01	0.01	178	0,01939
9	0.7571	0.91494	0.01	0.01	337	0,03671
10	0.22164	0.52438	0.01	0.03617	130	0,014161
11	0.49849	1.7512	0.01	0.01	182	0,019826
12	0.19018	0.4853	0.01968	0.04498	99	0,010784
13	0.08427	0.085918	**0.1**	**0.1**	**134**	0,014597
14	0.16659	0.67929	0.03284	0.01543	65	0,007081
15	0.25782	1.5911	0.01	0.01	91	0,009913
16	0.17534	0.61131	0.02555	0.02161	116	0,012636
17	0.61681	0.61668	0.01	0.02112	312	0,033987
18	0.40865	0.51363	0.01	0.0386	97	0,010566
19	0.32673	0.94152	0.01	0.01	185	0,020153
20	0.25037	0.24938	0.01	**0.1**	**107**	0,011656
21	0.67645	2.3469	0.01	0.01	207	0,022549

22	0.18549	0.31352	0.02144	**0.1**	**195**	0,021242
23	0.31136	1.967	0.01	0.01	159	0,01732
24	0.24705	1.0815	0.01	0.01	191	0,020806
25	0.41206	1.3507	0.01	0.01	208	0,022658
26	0.13356	1.0421	0.01	0.01	116	0,012636
27	0.11997	0.71622	0.09821	0.01207	39	0,004248
28	0.16412	1.1337	0.0349	0.01	91	0,009913
29	0.35776	0.50409	0.01	0.04074	143	0,015577
30	0.36257	0.66586	0.01	0.1665	142	0,015468
31	0.25558	0.25559	0.01	**0.1**	**91**	0,009913
32	0.25176	0.41878	0.01	**0.06906**	**143**	0,015577
33	0.13846	0.25738	**0.06396**	**0.1**	**65**	0,007081
34	0.30802	0.328	0.01	**0.1**	**103**	0,01122
35	0.33583	1.0762	0.01	0.01	52	0,005664
36	0.37772	0.93883	0.01	0.01	195	0,021242
37	0.15015	1.4063	0.04654	0.01	117	0,012745
38	0.46723	0.47475	0.01	0.04735	233	0,025381
39	0.20331	0.62609	0.01476	0.02026	104	0,011329
40	0.82249	0.92882	0.01	0.01	299	0,032571
41	0.24747	0.83985	0.01	0.01	64	0,006972
42	0.27419	1.1407	0.01	0.01	130	0,014161
43	0.16589	0.21832	0.03342	**0.1**	**181**	0,019717
44	0.26655	0.69958	0.01	0.01358	65	0,007081
45	0.58955	1.8725	0.01	0.01	195	0,021242
46	0.24345	0.84805	0.01	0.01	66	0,00719
47	0.18263	0.97373	0.02251	0.01	154	0,016776
48	0.15466	1.6374	0.04278	0.01	208	0,022658

49	0.26648	1.1641	0.01	0.01	78	0,008497
50	0.71436	0.71205	0.01	0.01245	207	0,022549
51	0.32586	1.0616	0.01	0.01	104	0,011329
52	0.57387	1.9473	0.01	0.01	596	0,064924
53	0.13515	0.63298	0.07008	0.01964	143	0,015577
54	0.25968	0.62594	0.01	0.02028	156	0,016993
55	0.42421	0.579	0.01	0.02455	207	0,022549
56	036798	1.4579	0.01	0.01	446	0,048584

10.19 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 60 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.38365	0.85051	0.01	0.01	397	0,049631
2	0.093471	1.3022	**0.1**	0.01	105	0,013127
3	0.11185	2.3936	**0.1**	0.01	274	0,034254
4	0.038069	0.067681	**0.1**	**0.1**	66	0,008251
5	0.50073	0.50579	0.01	0.040360	196	0,024503
6	0.26165	1.0469	0.01	0.01	104	0,013002
7	0.37589	1.4402	0.01	0.01	157	0,019627
8	0.081049	0.67074	**0.1**	0.01621	118	0,014752
9	0.14738	0.37858	0.04885	**0.086390**	235	0,029379
10	0.19553	0.36079	0.01767	**0.09406**	78	0,009751
11	0.13183	1.1527	**0.07624**	0.01	131	0,016377
12	0.24468	2.3693	0.01	0.01	209	0,026128
13	0.29454	0.81744	0.01	0.01	65	0,008126
14	0.086601	0.27976	**0.1**	**0.1**	602	0,075259
15	0.1246	0.78576	**0.08964**	0.01	101	0,012627
16	0.57976	0.57976	0.01	0.01	265	0,033129
17	0.25118	0.48827	0.01	0.04431	143	0,017877
18	0.52089	0.52569	0.01	0.03588	636	0,07951
19	0.52102	0.79485	0.01	0.01	449	0,056132
20	0.49029	1.6975	0.01	0.01	810	0,101263
21	0.68737	0.76545	0.01	0.01	628	0,07851

22	0.27501	1.61176	0.01	0.01	104	0,013002
23	0.16771	0.19545	0.03191	**0.1**	**128**	0,016002
24	0.18978	0.57979	0.01983	0.02447	42	0,005251
25	0.56159	0.67831	0.01	0.01552	795	0,099387
26	0.18648	1.8748	0.02107	0.01	163	0,020378
27	0.28666	1.8675	0.01	0.01	140	0,017502
28	0.28999	0.304333	0.01	**0.1**	**78**	0,009751
29	0.18026	1.6413	0.0234	0.01	118	0,014752
30	0.38188	1.6298	0.01	0.01	209	0,026128
31	0.89334	0.88876	0.01	0.01	431	0,053882

10.20 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 60 dias e um comprimento de 7001 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7001
1	1.6502	0.49177	0.01	0.01	667	0,0398514
2	0.23433	0.94099	0.01	0.01	97	0,0138552
3	0.23433	0.94099	0.01	0.01	237	0,0258534
4	0.11644	0.82929	**0.1**	0.01	28	0,0039994
5	0.2232	0.62153	0.01	0.02068	265	0,0237109
6	0,21396	0,74458	0,01076	0,01	84	0,0119983
7	0,20736	1,1021	0,01324	0,01	153	0,0179974
8	0,48932	1,495	0,01	0,01	98	0,0139980
9	0.61096	0.66476	0.01	0.01675	167	0,0124268
1**0**	0.25012	0.78374	0.01	0.01	98	0,0139980
1**1**	0.18766	0.33123	0.02063	**0.1**	167	0,0259963
12	0.23691	0.64914	0.01	0.01817	112	0,0159977
13	0.25278	1.5277	0.01	0.01	237	0,0178546
14	0.10358	0.12398	**0.1**	**0.1**	**293**	0,0418512
15	0.17987	2.2192	0.02355	0.01	363	0,0078560
16	0.27304	0.66474	0.01	0.01675	111	0,0158549
17	0.17632	0.19935	0.02488	**0.1**	**279**	0,0079989
18	0.19828	0.71335	0.01664	0.01234	140	0,0199971
19	0.52276	2.1293	0.01	0.01	181	0,0000000
20	0.48734	1.4487	0.01	0.01	294	0,0419940

21	0.35485	1.0119	0.01	0.01	166	0,0000000
22	0.55315	2.5094	0.01	0.01	265	0,0378517
23	0.31116	0.33658	0.01	0.01	126	0,0000000
24	0.64833	1.7828	0.01	0.01	373	0,0532781
25	0.41493	1.7616	0.01	0.01	87	0,0000000
26	0.27888	0.59211	0.01	0.02335	167	0,0238537
27	0.51025	1.2318	0.01	0.01	182	0,0000000
28	0.10029	0.51628	**0.1**	0.038	**195**	0,0278532
29	0.37765	0.37763	0.01	**0.0868**	125	0,0000000
30	0.33633	0.54965	0.01	0.03048	1033	0,1475503
31	0.20586	1.0012	0.0138	0.01	55	0,0000000
32	0.18836	0.45811	0.02037	**0.05211**	**70**	0,0099986
33	0.1211	0.81184	**0.09612**	0.01	56	0,0000000

10.21 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 60 dias e um comprimento de 9180 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.13683	1.3108	**0.06698**	0.01	**257**	0,027996
2	0.4282	1.1329	0.01	0.01	205	0,022331
3	0.19799	0.41317	0.016675	**0.07148**	233	0,025381
4	0.26645	0.55437	0.01	0.02942	130	0,014161
5	0.21592	0.5699	0.01	**0.71**	39	0,004248
6	1.0938	1.1008	0.01	0.01	376	0,040959
7	0.12863	1.2178	**0.08218**	0.01	52	0,005664
8	0.52509	0.94572	0.01	0.01	285	0,031046
9	0.28331	0.65009	0.01	0.01808	156	0,016993
10	0.18859	0.29425	0.02028	**0.1**	117	0,012745
11	0.11485	0.99313	**0.1**	0.01	246	0,026797
12	0.0779009	0.72448	**0.1**	0.01132	104	0,011329
13	0.09358	2.2838	**0.1**	0.01	143	0,015577
14	0.22544	0.27084	0.01	**0.1**	**51**	0,005556
15	0.5762	0.89809	0.01	0.01	364	0,039651
16	0.1757	1.2991	0.02525	0.01	77	0,008388
17	0.25068	1.68842	0.01	0.01	234	0,02549
18	0.22168	1.5734	0.01	0.01	78	0,008497
19	031613	1.84404	0.01	0.01	286	0,031155
20	0.51864	0.53015	0.01	0.003488	168	0,018301
21	0.41167	0.4494	0.01	**0.05586**	**480**	0,052288

22	0.46956	058457	0.01	0.02404	207	0,022549
23	0.31734	0.71482	0.01	0.0122	169	0,01841
24	0.34478	0.3596	0.01	**0.09457**	**116**	0,012636
25	0.23043	0.40703	0.01	**0.07412**	**117**	0,012745
26	0.35448	0.37807	0.01	**0.08661**	**117**	0,012745
27	0.12937	0.47832	**0.0808**	0.04655	39	0,004248
28	0.12252	2.1658	**0.09347**	0.01	233	0,025381
29	0.19705	0.18795	0.01711	**0.1**	**156**	0,016993
30	0.22959	1.3623	0.01	0.01	130	0,014161
31	0.47276	2.3333	0.01	0.01	934	0,101743
32	0.17317	1.3239	0.02736	0.01	77	0,008388
33	0.47164	0.58949	0.01	0.02359	234	0,02549
34	0.37031	0.37015	0.01	**0.09002**	**181**	0,019717
35	0.21104	2.3624	0.01186	0.01	247	0,026906
36	0.26313	0.30037	0.01	**0.1**	**65**	0,007081
37	0.56168	0.91479	0.01	0.01	207	0,022549
38	0.62735	0.9839	0.01	0.01	182	0,019826
39	0.3514	0.47069	0.01	0.04827	509	0,055447
40	0.072898	1.7993	**0.1**	0.01	221	0,024074
41	0.66077	2.001	0.01	0.01	165	0,017974
42	0.32461	0.34549	0.01	**0.1**	**168**	0,018301
43	0.19739	0.61864	0.01	0.02094	247	0,026906
44	0.17813	1.3633	0.0242	0.01	285	0,031046

7.22 Fragmentos do segmento 1 da série temporal no período de 30 dias e um comprimento de 7999 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7999
1	0.20108	1.4771	0.01559	0.01	253	0,031629
2	0.16207	1.2227	0.03661	0.01	157	0,019627
3	0.29026	0.44352	0.01	**0.05839**	91	0,011376
4	0.24816	1.5707	0.01	0.01	131	0,016377
5	0.31646	0.98717	0.01	0.01	78	0,009751
6	0.1805	0.90236	0.02331	0.01	92	0,011501
7	0.1248	0.75561	**0.08925**	0.01	107	0,013377
8	0.23603	0.25512	0.01	**0.1**	37	0,004626
9	0.26165	1.0469	0.01	0.01	104	0,013002
10	0.196	1.0954	0.0175	0.01	203	0,025378
11	0.13342	1.0751	**0.07329**	0.01	72	0,009001
12	0.14738	0.37858	0.04885	**0.08639**	235	0,029379
13	0.19553	0.36079	0.01767	**0.09406**	78	0,009751
14	0.16415	0.21404	0.03488	**0.1**	66	0,008251
15	0.27756	0.97603	0.01	0.01	46	0,005751
16	0.13866	0.73783	**0.06359**	0.01011	267	0,033379
17	0.24098	0.3526	0.01	**0.09715**	53	0,006626
18	0.091258	0.24365	**0.1**	**0.1**	575	0,071884
19	**0.19642**	**0.67099**	**0.01734**	**0.01618**	**78**	0,009751

20	0.58577	0.60098	0.01	0.02255	327	0,04088
21	0.24646	0.57048	0.01	0.02579	280	0,035004
22	0.37255	0.93317	0.01	0.01	314	0,039255
23	0.18401	1.8807	0.022	0.01	144	0,018002
24	0.24913	1.2373	0.01	0.01	183	0,022878
25	0.15521	0.25362	0.04233	**0.1**	140	0,017502
26	0.12853	0.5828	**0.08236**	0.0242	317	0,03963
27	0.95839	0.95839	0.01	0.01	157	0,019627
28	0.57389	0.55285	0.01	0.02976	526	0,065758
29	0.39037	1.64	0.01	0.01	153	0,019127
30	0.70216	1.0109	0.01	0.01	602	0,075259
31	0.21605	1.6339	0.01	0.01	78	0,009751
32	0.035349	0.38792	0.01	**0.08236**	209	0,026128
33	0.40866	0.49415	0.01	0.04298	366	0,045756
34	0.074279	0.54229	**0.1**	0.03214	105	0,013127
35	0.17951	0.63723	0.02368	0.01925	104	0,013002
36	0.16967	1.2733	0.03027	0.01	209	0,026128
37	0.79852	0.95567	0.01	0.01	318	0,039755
38	0.32133	0.55224	0.01	0.0299	166	0,020753
39	0.40153	1.3922	0.01	0.01	222	0,027753
40	0.191	0.66309	0.01938	0.0169	105	0,013127
41	0.26979	1.4602	0.01	0.01	300	0,037505

10.23 Fragmentos do segmento 2 da série temporal no período de 30 dias e um comprimento de 7001 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/7001
1	0.49177	1.6502	0.01	0.01	667	0,095272
2	0.16136	1.1025	0.03720	0.01	12	0,001714
3	0.56989	1.8438	0.01	0.01	209	0,029853
4	0.51077	0.51378	0.01	0.03856	307	0,043851
5	0.18056	1.0823	0.02329	0.01	126	0,017997
6	0.33324	1.0464	0.01	0.01	84	0,011998
7	0.3167	0.45281	0.01	**0.05439**	125	0,017855
8	0.14819	0.4641	0.04817	0.04975	195	0,027853
9	0.35592	0.47871	0.01	0.04646	84	0,011998
10	0.32703	1.2414	0.01	0.01	279	0,039851
11	0.10557	0.10447	**0.1**	**0.1**	265	0,037852
12	0.30129	1.006	0.01	0.01	405	0,057849
13	0.10753	0.10729	**0.1**	**0.1**	55	0,007856
14	0.30512	0.52736	0.01	0.0355	335	0,04785
15	0.23293	0.59096	0.01	0.02346	98	0,013998
16	1.0609	2.1056	0.01	0.01	502	0,071704
17	0.1605	0.28665	0.03792	**0.1**	153	0,021854
18	0.22369	0.81187	0.01	0.01	98	0,013998
19	0.19024	0.26539	0.01	**0.1**	195	0,027853
20	0.27803	0.28299	0.01	**0.1**	112	0,015998
21	0.64833	1.7828	0.01	0.01	373	0,053278

22	0.41493	1.7616	0.01	0.01	87	0,012427
23	0.27888	0.559211	0.01	0.02335	167	0,023854
24	0.51025	1.2318	0.01	0.01	182	0,025996
25	0.12488	0.55697	**0.08911**	0.02884	181	0,025853
26	0.42836	051566	0.01	0.03814	139	0,019854
27	0.41972	0.55094	0.01	0.03019	1007	0,143837
28	0.30463	0.38285	0.01	**0.08455**	67	0,00957
29	0.28686	0.29312	0.01	**0.1**	84	0,011998
30	0.19669	0.82177	0.01724	0.01	70	0,009999

10.24 Fragmentos do segmento 3 da série temporal no período de 30 dias e um comprimento de 9180 dias

Fragmentos	Valor do teste KPSS para tendência	Valor do teste KPSS para nível	Valor de probabilidade do teste KPSS para tendência	Valor de probabilidade do teste KPSS para nível	Comprimento em dias do fragmento	Proporção em dias dias/9180
1	0.42477	2.4464	0.01	0.01	684	0,07451
2	0.23922	0.96937	0.01	0.01	151	0,016449
3	0.10153	0.80623	**0.1**	0.01	33	0,003595
4	0.95094	1.111	0.01	0.01	344	0,037473
5	0.24914	0.89249	0.01	0.01	51	0,005556
6	0.65604	0.66747	0.01	0.0165	324	0,035294
7	0.24068	0.79549	0.01	0.01	150	0,01634
8	0.41561	1.9325	0.01	0.01	175	0,019063
9	0.061052	0.10059	**0.1**	**0.1**	150	0,01634
10	0.069009	0.1699	**0.1**	**0.1**	58	0,006318
11	0.23716	0.24294	0.01	**01**	59	0,006427
12	0.2149	2.6817	0.01041	0.01	161	0,017538
13	031945	0.84048	0.01	0.01	93	0,010131
14	0.35935	0.36977	0.01	**0.0901**	324	0,035294
15	0.35935	0.36977	0.01	**0.09018**	324	0,035294
16	0.1958	1.3973	0.01757	0.01	92	0,010022
17	0.10674	1.3691	**0.1**	0.01	243	0,026471
18	0.4533	0.86853	0.01	0.01	266	0,028976
19	0.30977	0.37361	0.01	**0.08853**	58	0,006318
20	036381	0.42149	0.01	**0.06789**	81	0,008824
21	0.12265	1.4588	**0.09324**	0.01	116	0,012636

22	0.33754	0.5619	0.01	0.02772	521	0,056754
23	0.19598	0.37311	0.01751	**0.08874**	46	0,005011
24	0.4544	2.1994	0.01	0.01	278	0,030283
25	0.27919	0.31152	0.01	**0.1**	104	0,011329
26	0.15571	0.84276	0.04191	0.01	81	0,008824
27	0.11198	0.48703	0.1	0.04459	46	0,005011
28	0.12854	0.22401	**0.08234**	**0.1**	35	0,003813
29	0.28023	0.36015	0.01	**0.09433**	46	0,005011
30	0.22946	1.7728	0.01	0.01	104	0,011329
31	0.19765	0.53939	0.01688	0.03279	151	0,016449
32	0.33309	0.3497	0.01	**0.09884**	197	0,02146
33	0.33975	0.80742	0.01	0.01	81	0,008824
34	0.52526	2.8267	0.01	0.01	1076	0,117211
35	0.26731	1.281	0.01	0.01	181	0,019717
36	0.14489	0.59216	**0.05206**	0.02335	27	0,002941
37	0.34527	0.5173	0.01	0.03777	197	0,02146
38	0.31374	0.93531	0.01	0.01	81	0,008824
39	0.33256	0.7564	0.01	0.01	266	0,028976
40	0.70406	0.93302	0.01	0.01	186	0,020261
41	0.4361	1.7945	0.01	0.01	238	0,025926
42	0.42424	0.41531	0.01	**0.07055**	447	0,048693
43	0.074765	1.1585	**0.1**	0.01	194	0,021133
44	0.42219	2.463	0.01	0.01	231	0,025163
45	0.12307	0.77282	**0.09246**	0.01	58	0,006318
46	0.87695	3.01	0.01	0.01	324	0,035294
47	0.35301	0.56638	0.01	0.02672	58	0,006318
48	0.23878	0.87091	0.01	0.01	231	0,025163

11 APÊNDICE D – TABELAS DE FREQUÊNCIAS DE EXCEDÊNCIAS DA SÉRIE TEMPORAL DA ESTAÇÃO 87440000- PASSO DAS CANOAS, COM PREENCHIMENTO DE FALHAS PARA A CONSTRUÇÃO DA CURVA DE PERMANÊNCIA

11.1 Período 30 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência.

Período 30 – Curva de Permanência - Tendência			**Período 30 – Curva de Permanência – Nível**		
Ordem	∑ dias Segmentos estacionários	Freq. Excedência	Ordem	∑ dias Segmentos estacionários	Freq. Excedência
1	286	3,846153846	**1**	604	3,225806452
2	224	7,692307692	**2**	554	6,451612903
3	224	11,53846154	**3**	224	9,677419355
4	223	15,38461538	**4**	224	12,90322581
5	199	19,23076923	**5**	199	16,12903226
6	161	23,07692308	**6**	186	19,35483871
7	160	26,92307692	**7**	171	22,58064516
8	150	30,76923077	**8**	149	25,80645161
9	149	34,61538462	**9**	140	29,03225806
10	149	38,46153846	**10**	139	32,25806452
11	148	42,30769231	**11**	137	35,48387097
12	148	46,15384615	**12**	137	38,70967742
13	146	50	**13**	128	41,93548387
14	139	53,84615385	**14**	117	45,16129032
15	137	57,69230769	**15**	113	48,38709677
16	129	61,53846154	**16**	113	51,61290323
17	100	65,38461538	**17**	99	54,83870968
18	99	69,23076923	**18**	99	58,06451613
19	87	73,07692308	**19**	98	61,29032258
20	86	76,92307692	**20**	96	64,51612903
21	75	80,76923077	**21**	87	67,74193548
22	75	84,61538462	**22**	87	70,96774194
23	71	88,46153846	**23**	75	74,19354839
24	64	92,30769231	**24**	74	77,41935484
25	38	96,15384615	**25**	65	80,64516129
26	26	100	**26**	63	83,87096774
			27	62	87,09677419
			28	54	90,32258065
			29	46	93,5483871
			30	44	96,77419355
			31	25	100

Fonte: Autora.

11.2 Período 60 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência.

Período 60 – Curva de Permanência - Tendência			Período 60 – Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	272	4	**1**	384	2,857142857
2	245	8	**2**	312	5,714285714
3	237	12	**3**	309	8,571428571
4	201	16	**4**	304	11,42857143
5	194	20	**5**	288	14,28571429
6	192	24	**6**	270	17,14285714
7	181	28	**7**	237	20
8	169	32	**8**	219	22,85714286
9	162	36	**9**	201	25,71428571
10	162	40	**10**	193	28,57142857
11	159	44	**11**	180	31,42857143
12	144	48	**12**	180	34,28571429
13	137	52	**13**	163	37,14285714
14	129	56	**14**	162	40
15	117	60	**15**	159	42,85714286
16	115	64	**16**	129	45,71428571
17	88	68	**17**	117	48,57142857
18	78	72	**18**	117	51,42857143
19	68	76	**19**	116	54,28571429
20	65	80	**20**	116	57,14285714
21	65	84	**21**	113	60
22	57	88	**22**	108	62,85714286
23	49	92	**23**	106	65,71428571
24	39	96	**24**	104	68,57142857
25	32	100	**25**	97	71,42857143
			26	96	74,28571429
			27	91	77,14285714
			28	90	80
			29	82	82,85714286
			30	78	85,71428571
			31	75	88,57142857
			32	68	91,42857143
			33	61	94,28571429
			34	57	97,14285714
			35	55	100

Fonte: Autora.

11.3 Período 120 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência.

Período 120 – Curva de Permanência - Tendência			Período 120 – Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	291	6,25	**1**	593	3,333333
2	218	12,5	**2**	393	6,666667
3	171	18,75	**3**	256	10
4	167	25	**4**	256	13,33333
5	159	31,25	**5**	239	16,66667
6	158	37,5	**6**	221	20
7	154	43,75	**7**	218	23,33333
8	145	50	**8**	178	26,66667
9	129	56,25	**9**	177	30
10	120	62,5	**10**	171	33,33333
11	110	68,75	**11**	163	36,66667
12	103	75	**12**	154	40
13	98	81,25	**13**	154	43,33333
14	85	87,5	**14**	134	46,66667
15	75	93,75	**15**	112	50
16	64	100	**16**	110	53,33333
			17	104	56,66667
			18	100	60
			19	98	63,33333
			20	96	66,66667
			21	96	70
			22	76	73,33333
			23	75	76,66667
			24	74	80
			25	74	83,33333
			26	64	86,66667
			27	51	90
			28	29	93,33333
			29	19	96,66667
			30	12	100

Fonte: Autora.

11.4 Período 180 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 180 – Curva de Permanência - Tendência			Período 180 – Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	317	5,263157895	**1**	393	3,846153846
2	260	10,52631579	**2**	260	7,692307692
3	244	15,78947368	**3**	234	11,53846154
4	240	21,05263158	**4**	215	15,38461538
5	234	26,31578947	**5**	215	19,23076923
6	197	31,57894737	**6**	197	23,07692308
7	185	36,84210526	**7**	190	26,92307692

8	164	42,10526316	**8**	190	30,76923077
9	161	47,36842105	**9**	188	34,61538462
10	151	52,63157895	**10**	173	38,46153846
11	131	57,89473684	**11**	165	42,30769231
12	127	63,15789474	**12**	149	46,15384615
13	124	68,42105263	**13**	141	50
14	123	73,68421053	**14**	136	53,84615385
15	112	78,94736842	**15**	127	57,69230769
16	111	84,21052632	**16**	127	61,53846154
17	63	89,47368421	**17**	124	65,38461538
18	46	94,73684211	**18**	123	69,23076923
19	9	100	**19**	114	73,07692308
			20	101	76,92307692
			21	86	80,76923077
			22	80	84,61538462
			23	63	88,46153846
			24	62	92,30769231
			25	50	96,15384615
			26	9	100

Fonte: Autora.

11.5 Período 365 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 365 – Curva de Permanência - Tendência			**Período 365 – Curva de Permanência – Nível**		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	394	5,555555556	**1**	810	4,166666667
2	327	11,11111111	**2**	652	8,333333333
3	308	16,66666667	**3**	494	12,5
4	289	22,22222222	**4**	439	16,66666667
5	266	27,77777778	**5**	394	20,83333333
6	221	33,33333333	**6**	370	25
7	186	38,88888889	**7**	359	29,16666667
8	169	44,44444444	**8**	283	33,33333333
9	168	50	**9**	266	37,5
10	159	55,55555556	**10**	205	41,66666667
11	135	61,11111111	**11**	196	45,83333333
12	124	66,66666667	**12**	186	50
13	102	72,22222222	**13**	184	54,16666667
14	93	77,77777778	**14**	159	58,33333333
15	87	83,33333333	**15**	131	62,5
16	82	88,88888889	**16**	124	66,66666667
17	69	94,44444444	**17**	121	70,83333333
18	34	100	**18**	104	75
			19	93	79,16666667
			20	81	83,33333333
			21	70	87,5
			22	69	91,66666667
			23	43	95,83333333
			24	34	100

Fonte: Autora.

11.6 Período 480 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 480 – Curva de Permanência - Tendência			Período 480– Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	**753**	14,28571429	1	**1482**	11,11111111
2	**423**	28,57142857	2	**1098**	22,22222222
3	**287**	42,85714286	3	**1095**	33,33333333
4	**225**	57,14285714	4	**1082**	44,44444444
5	**219**	71,42857143	5	**753**	55,55555556
6	**136**	85,71428571	6	**650**	66,66666667
7	**134**	100	7	**496**	77,77777778
			8	**423**	88,88888889
			9	**340**	100

Fonte: Autora.

11.7 Período 730 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 730 – Curva de Permanência - Tendência			Período 730– Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	**3399**	16,66666667	1	**1138**	11,11111111
2	**397**	33,33333333	2	**1115**	22,22222222
3	**205**	50	3	**397**	33,33333333
4	**125**	66,66666667	4	**370**	44,44444444
5	**124**	83,33333333	5	**333**	55,55555556
6	**113**	100	6	**248**	66,66666667
			7	**205**	77,77777778
			8	**191**	88,88888889
			9	**124**	100

Fonte: Autora.

11.8 Período 1095 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência.

Período 1095 – Curva de Permanência - Tendência			Período 1095– Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	**0**		1	**1708**	25
2	**0**		2	**476**	50
3	**0**		3	**4664**	75
4	**0**		4	**46**	100

Fonte: Autora.

12 APÊNDICE E – TABELAS DE FREQUÊNCIAS DE EXCEDÊNCIAS DA SÉRIE TEMPORAL DA ESTAÇÃO 87440000- PASSO DAS CANOAS, SEM PREENCHIMENTO DE FALHAS PARA A CONSTRUÇÃO DA CURVA DE PERMANÊNCIA

12.1 Período 30 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 30 – Curva de Permanência - Tendência			Período 30 – Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	55	11,11111	**1**	37	5,882353
2	72	22,22222	**2**	53	11,76471
3	105	33,33333	**3**	55	17,64706
4	107	44,44444	**4**	66	23,52941
5	181	55,55556	**5**	67	29,41176
6	265	66,66667	**6**	78	35,29412
7	267	77,77778	**7**	84	41,17647
8	317	88,88889	**8**	91	47,05882
9	575	100	**9**	112	52,94118
			10	125	58,82353
			11	140	64,70588
			12	153	70,58824
			13	195	76,47059
			14	209	82,35294
			15	235	88,23529
			16	265	94,11765
			17	575	100

Fonte: Autora.

12.2 Período 60 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 60 – Curva de Permanência - Tendência			Período 60 – Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	28	5,263158	**1**	39	4,347826
2	39	10,52632	**2**	51	8,695652
3	52	15,78947	**3**	65	13,04348
4	56	21,05263	**4**	66	17,3913
5	66	26,31579	**5**	70	21,73913
6	101	31,57895	**6**	78	26,08696
7	104	36,84211	**7**	78	30,43478
8	105	42,10526	**8**	116	34,78261
9	118	47,36842	**9**	117	39,13043
10	131	52,63158	**10**	117	43,47826
11	143	57,89474	**11**	117	47,82609
12	195	63,15789	**12**	125	52,17391
13	221	68,42105	**13**	128	56,52174
14	233	73,68421	**14**	156	60,86957
15	246	78,94737	**15**	167	65,21739
16	257	84,21053	**16**	168	69,56522
17	274	89,47368	**17**	181	73,91304
18	293	94,73684	**18**	233	78,26087

19	602	100	**19**	235	82,6087
			20	279	86,95652
			21	293	91,30435
			22	480	95,65217
			23	602	100

Fonte: Autora.

12.3 Período 120 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 120 – Curva de Permanência - Tendência			**Período 120 – Curva de Permanência – Nível**		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	22	6,25	1	40	4,54545
2	40	12,5	2	56	9,09091
3	65	18,75	3	65	13,6364
4	65	25	4	70	18,1818
5	79	31,25	5	84	22,7273
6	84	37,5	6	85	27,2727
7	132	43,75	7	91	31,8182
8	134	50	8	98	36,3636
9	143	56,25	9	103	40,9091
10	153	62,5	10	107	45,4545
11	195	68,75	11	134	50
12	196	75	12	143	54,5455
13	196	81,25	13	144	59,0909
14	209	87,5	14	153	63,6364
15	391	93,75	15	181	68,1818
16	435	100	16	195	72,7273
			17	195	77,2727
			18	196	81,8182
			19	209	86,3636
			20	249	90,9091
			21	561	95,4545
			22	614	100

Fonte: Autora.

12.4 Período 180 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 180 – Curva de Permanência - Tendência			**Período 180 – Curva de Permanência – Nível**		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	28	6,25	**1**	51	3,225806
2	52	12,5	**2**	52	6,451613
3	71	18,75	**3**	65	9,677419
4	91	25	**4**	72	12,90323
5	104	31,25	**5**	78	16,12903
6	105	37,5	**6**	78	19,35484
7	139	43,75	**7**	86	22,58065
8	142	50	**8**	91	25,80645
9	142	56,25	**9**	91	29,03226

10	143	62,5	**10**	98	32,25806
11	156	68,75	**11**	98	35,48387
12	167	75	**12**	102	38,70968
13	181	81,25	**13**	107	41,93548
14	194	87,5	**14**	116	45,16129
15	209	93,75	**15**	116	48,3871
16	400	100	**16**	129	51,6129
			17	134	54,83871
			18	139	58,06452
			19	139	61,29032
			20	143	64,51613
			21	144	67,74194
			22	152	70,96774
			23	154	74,19355
			24	167	77,41935
			25	181	80,64516
			26	194	83,87097
			27	195	87,09677
			28	195	90,32258
			29	400	93,54839
			30	443	96,77419
			31	628	100

Fonte: Autora.

12.5 Período 365 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 365 – Curva de Permanência - Tendência			**Período 365 – Curva de Permanência – Nível**		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	13	5,55555556	**1**	13	5,555556
2	28	11,1111111	**2**	28	11,11111
3	63	16,6666667	**3**	65	16,66667
4	100	22,2222222	**4**	86	22,22222
5	101	27,7777778	**5**	91	27,77778
6	128	33,3333333	**6**	100	33,33333
7	130	38,8888889	**7**	125	38,88889
8	131	44,4444444	**8**	128	44,44444
9	140	50	**9**	130	50
10	155	55,5555556	**10**	130	55,55556
11	170	61,1111111	**11**	143	61,11111
12	195	66,6666667	**12**	182	66,66667
13	196	72,2222222	**13**	211	72,22222
14	209	77,7777778	**14**	298	77,77778
15	265	83,3333333	**15**	327	83,33333
16	298	88,8888889	**16**	562	88,88889
17	562	94,4444444	**17**	667	94,44444
18	667	100	**18**	843	100

Fonte Autora.

12.6 Período 480 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência.

Período 480 – Curva de Permanência - Tendência			Período 480– Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	104	16,66667	**1**	78	10
2	126	33,33333	**2**	98	20
3	154	50	**3**	**126**	30
4	169	66,66667	**4**	139	40
5	251	83,33333	**5**	810	50
6	810	100	**6**	850	60
			7	1032	70
			8	1090	80
			9	1450	90
			10	1582	100

Fonte: Autora.

12.7 Período 730 da curva de permanência da estacionariedade de nível e tendência

Período 730 – Curva de Permanência - Tendência			Período 730– Curva de Permanência – Nível		
Ordem	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**	**Ordem**	**∑ dias Segmentos estacionários**	**Freq. Excedência**
1	56	33,33333	**1**	104	16,66667
2	321	66,66667	**2**	126	33,33333
3	3307	100	**3**	154	50
4			**4**	169	66,66667
5			**5**	251	83,33333
6			**6**	810	100

Fonte: Autora.