

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Juliano Colombo**

**ESTUDO BASE PARA O PLANEJAMENTO DE SEGURANÇA  
HÍDRICA PARA A CIDADE DE PORTO ALEGRE, RIO  
GRANDE DO SUL**

Porto Alegre  
julho 2017

**JULIANO COLOMBO**

**ESTUDO BASE PARA O PLANEJAMENTO DE SEGURANÇA  
HÍDRICA PARA A CIDADE DE PORTO ALEGRE, RIO  
GRANDE DO SUL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Fernando Mainardi Fan**

Porto Alegre  
julho 2017

**JULIANO COLOMBO**

**ESTUDO BASE PARA O PLANEJAMENTO DE SEGURANÇA  
HÍDRICA PARA A CIDADE DE PORTO ALEGRE, RIO  
GRANDE DO SUL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pelos Coordenadores da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, junho de 2017

Prof. Fernando Mainardi Fan  
Dr. pela UFRGS  
Orientador

Prof. João Ricardo Masuero  
Dr. pela UFRGS  
Coordenador

Profa. Luciani Somenzi Lorenzi  
Dra. pela UFRGS  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Msc Arthur da Fontoura Tschiedel (UFRGS)**  
Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Rodrigo Cauduro Dias de Paiva (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Ronaldo e Silvana,  
minha família, e minha namorada, Roberta.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Fernando Mainardi Fan, orientador deste trabalho, pelos ensinamentos, disponibilidade e apoio, fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Ronaldo e Silvana, pelo suporte incondicional durante toda a minha vida.

Agradeço à minha namorada, Roberta, pelo apoio, incentivo e amor, necessários para a finalização deste trabalho.

Agradeço aos meus irmãos, Cristiano, Jeronimo e Mauricio, por estarem sempre presentes nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus amigos e familiares pela compreensão e apoio.

## RESUMO

COLOMBO, J. Estudo básico para o planejamento de segurança hídrica para a cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2017. 109 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A garantia da Segurança Hídrica constitui um dos principais desafios relacionados ao acesso da população aos recursos hídricos. O conceito, relacionado não apenas ao acesso à água de qualidade, mas também em quantidade regular, assim como à prevenção de riscos de contaminação e extravasamentos, é assunto de estudos nas últimas décadas. Desde então, órgãos internacionais e brasileiros têm investido na sua compreensão e planejamento.

No Brasil, com a criação da Lei das Águas (n. 9.433) em 1997, buscaram-se alternativas e ações para a melhoria da gestão dos usos múltiplos das águas. Porém, apenas em 2014 foi criado o Plano Nacional de Segurança Hídrica, cujos objetivos incluem a garantia da oferta de água com qualidade e redução de riscos, por meio da identificação da necessidade e planejamento de obras estruturais. Planos e ações não estruturais, por outro lado, podem ser encontrados em outros planos relacionados aos recursos hídricos, como planos municipais de saneamento básico ou planos de contingência de contaminação.

Considerando-se as dificuldades enfrentadas pelos gestores em planejar a Segurança Hídrica e elaborar um Plano de Segurança Hídrica, buscou-se definir neste trabalho, de maneira simplificada, os principais itens que deveriam compor um Plano de Segurança Hídrica para a cidade de Porto Alegre, RS. Assim, verificaram-se quais são os principais aspectos críticos à Segurança Hídrica do município: o abastecimento por uma fonte principal de captação e a ausência de planejamento para eventos críticos. Sendo direcionadas a estes aspectos as ações a serem tomadas, para garantir o abastecimento da população da cidade. Espera-se que o documento aqui produzido sirva de referência na elaboração de um futuro plano de segurança hídrica para a cidade de Porto Alegre.

Palavras-chave: Planejamento. Segurança Hídrica. Riscos.  
Porto Alegre.

## **ABSTRACT**

COLOMBO, J. Baseline study for water security planning for the city of Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2017. 109 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

The guarantee of water security is one of the main challenges related to the population's access to water resources. The concept, related not only to access to quality water, but also in regular quantity, as well as to the prevention of risks of contamination and extravasation, has been a subject of studies in recent decades. Since then, international and brazilian organizations have invested in its understanding and planning.

In Brazil, with the creation of Lei das Águas (n. 9,433) in 1997, alternatives and actions were sought to improve the management of the multiple uses of water. However, only in 2014 the National Water Security Plan was created, whose objectives include guaranteeing the supply of quality water and reducing risks by identifying the need and planning of structural works. Non-structural plans and actions, on the other hand, can be found in other plans related to water resources, such as municipal sanitation plans or contingency plans for contamination.

Considering the difficulties faced by the managers in planning the Water Security and elaborating a Water Security Plan, the aim of this work was to define in a simplified way the main items that should compose a Water Safety Plan for the city of Porto Alegre, RS. Thus, the main critical aspects of the Water Security of this municipality were verified: supplying from a main source of water collection and the absence of planning for critical events. Being directed to these aspects the actions to be taken to guarantee the supply of the city population. It is expected that the document produced will serve as reference in the preparation of a future Water Security Plan for the city of Porto Alegre.

**Keywords:** Planning. Water Security. Risks.  
Porto Alegre.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo do uso da água .....	26
Figura 2 – Tipos de aquíferos .....	27
Figura 3 – Tipos de extravasamentos .....	29
Figura 4 – Exemplos de origem de poluente .....	30
Figura 5 – Antes e depois do acidente do rompimento da barragem em Mariana (MG) .....	32
Figura 6 – Etapas da pesquisa.....	39
Figura 7 – Mapa das Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul.....	41
Figura 8 – Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba .....	42
Figura 9 – IQA do Rio Gravataí .....	44
Figura 10 – IQA do Rio dos Sinos .....	46
Figura 11 – IQA do Rio Caí .....	48
Figura 12 – IQA do Rio Jacuí.....	50
Figura 13 – a) Sistema Moinhos de Vento; b) Local de Captação do Sistema Moinhos de Vento .....	51
Figura 14 – a) Sistema São João; b) Local de Captação do Sistema São João .....	54
Figura 15 – a) Sistema Menino Deus; b) Local de Captação do Sistema Menino Deus.....	56
Figura 16 – a) Sistema Belém Novo; b) Local de Captação do Sistema Belém Novo .....	58
Figura 17 – a) Sistema Ilha da Pintada; b) Local de Captação do Sistema Ilha da Pintada .....	59
Figura 18 – a) Sistema Tristeza; b) Local de Captação do Sistema Tristeza .....	61
Figura 19 – Produção e Consumo Medidos de Todos os Sistemas de 2012 .....	62
Figura 20 – Sistema de Proteção contra Cheias .....	65
Figura 21 – Mapa Arroio Dilúvio.....	69
Figura 22 – Mapa Conduto Álvaro Chaves .....	70
Figura 23 – Sistema de Proteção Contra Cheias e Casas de Bombas .....	71
Figura 24 – Mapa das Bacias Hidrográficas de Porto Alegre .....	72
Figura 25 – Principais diretrizes propostas.....	82
Figura 26 – Mapa hidrogeológico de Porto Alegre .....	88
Figura 27 – Bacia hidrográfica do rio Gravataí.....	91



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Qualidade requerida da água para uso geral.....	22
Quadro 2 – Faixas de Qualidade .....	23
Quadro 3 - Composições de grupos e regiões .....	36
Quadro 4 – Rede de Monitoramento do Rio Gravataí.....	43
Quadro 5 – Rede de Monitoramento do Rio dos Sinos .....	45
Quadro 6 – Rede de Monitoramento do Rio Caí.....	47
Quadro 7 – Rede de Monitoramento do Rio Jacuí .....	49
Quadro 8 – Obras e Datas Previstas .....	52
Quadro 9 - Lista das Casas de Bombas .....	67
Quadro 10 – Procedimentos Iniciais do Plano de Contingência .....	78
Quadro 11 – Nota e conceito para avaliação dos itens .....	84
Quadro 12 – Avaliação da segurança hídrica de Porto Alegre.....	85
Quadro 13 – Ações e planos da segurança hídrica de Porto Alegre.....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção e Consumo de Água Sistema Moinhos de Ventos .....	53
Tabela 2 - Valores Médios do Sistema Moinhos de Vento 2016.....	53
Tabela 3 – Produção e Consumo de Água São João .....	55
Tabela 4 – Produção e Consumo de Água Menino Deus.....	57
Tabela 5 – Produção e Consumo de Água Belém Novo .....	58
Tabela 6 – Produção e Consumo de Água Sistema Ilha da Pintada.....	60
Tabela 7 – Produção e Consumo de Água Sistema Tristeza.....	61
Tabela 8 – Comparativo de Cheias em Porto Alegre .....	66

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA – Agência Nacional das Águas

CB – Casa de Bombas

CEIC – Centro Integrado de Comando

COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento

DEP – Departamento de Esgotos Pluviais

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

DMA – Departamento De Meio Ambiente

DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento

EBA – Estação de Bombeamento de Água

EBAB – Estação de Bombeamento de Água Bruta

EBAT – Estação de Bombeamento de Água Tratada

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Estoto

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

IQA – Índice De Qualidade Das Águas

LTIG – Laboratório de Tratamento e Geoprocessamento de Geografia

PPDrU – Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre

PMSB – Plano Municipal De Saneamento Básico

PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica

PSA – Plano de Segurança das Águas

PSH – Plano de Segurança Hídrica

NSF – National Sanitation Foundation

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

## LISTA DE SÍMBOLOS

A1 - Produção anual de recursos próprios ( $m^3/\text{ano}$ );

A2 - Subsídio anual de água importado ( $m^3/\text{ano}$ );

A3 - Volume de entrada do sistema ( $m^3$ );

A19 - Perdas reais ( $m^3$ );

A22 - Água fornecida reutilizada ( $m^3$ );

BW-Abstraction<sub>(x,t)</sub>: Soma de outorgas para captação de água doce na bacia ( $L^3/T$ );

BW-Footprint<sub>(x,t)</sub> - Vazão de água consumida em atividades humanas em um local específico (sub-bacia) e tempo específico do ano (mês);

BW-Provision<sub>(i,x,t)</sub> - Vazão disponível para o abastecimento ( $L^3/T$ );

BW-Provision (P<sub>30</sub>)<sub>(i,x,t)</sub>: 30º percentil da vazão disponível para o abastecimento, considerando cada método para determinação da vazão ecológica (indexados por i) ( $L^3/T$ );

BW-Scarcity<sub>(i,x,t)</sub> - Indicador de escassez dos recursos hídricos;

BW-Vulnerability<sub>(i,x,t)</sub>: Indicador de vulnerabilidade dos recursos hídricos;

EFR<sub>(i,x,t)</sub> - Vazão ecológica ( $L^3/T$ );

H1 - Período avaliado (dia);

Median BW-Provision<sub>(i,x,t)</sub> - 50º percentil da vazão disponível para o abastecimento, considerando cada método para determinação da vazão ecológica (indexados por i) ( $L^3/T$ );

Q<sub>(x,t)</sub> - Vazão diária do caudal ( $L^3/T$ );

WR1 - Indicador de ineficiência do uso de recursos hídricos;

WR2 - Indicador de disponibilidade de recursos hídricos;

WR4 - Indicador de reuso de recursos hídricos.

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 DIRETRIZES DA PESQUISA .....	17
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	17
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	17
2.2.1 Objetivo Principal.....	17
2.2.2 Objetivos Secundários .....	17
2.3 PRESSUPOSTO.....	17
2.4 PREMISSAS .....	18
2.5 DELIMITAÇÕES.....	18
2.6 LIMITAÇÕES.....	18
2.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	20
3.1 QUALIDADE DA ÁGUA NAS FONTES DE ABASTECIMENTO.....	21
3.2 DESABASTECIMENTO DA POPULAÇÃO .....	25
3.3 EXTRAVASAMENTOS DO SISTEMA DE ÁGUA .....	28
3.4 RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR LANÇAMENTOS INESPERADOS DE PLUMAS DE CONTAMINAÇÃO.....	29
3.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E PLANOS.....	33
3.5.1 LEI DAS ÁGUAS .....	33
3.5.2 PLANO NACIONAL DE SEGURANÇA HÍDRICA.....	35
3.5.3 PLANO DE SEGURANÇA DAS ÁGUAS.....	37
3.6 PLANOS DE SANEAMENTO.....	37
4 METODOLOGIA E MATERIAL.....	39
4.1 REGIÃO HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA.....	41
4.1.1 RIO GRAVATAÍ .....	42
4.1.2 RIO DOS SINOS.....	44
4.1.3 RIO CAÍ.....	46
4.1.4 RIO JACUÍ.....	48
4.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA.....	50
4.2.1 SISTEMA MOINHOS DE VENTO.....	51
4.2.2 SISTEMA SÃO JOÃO.....	54
4.2.3 SISTEMA MENINO DEUS.....	55
4.2.4 SISTEMA BELÉM NOVO .....	57
4.2.5 SISTEMA ILHA DA PINTADA .....	59
4.2.6 SISTEMA TRISTEZA .....	61
4.2.7 TODOS OS SISTEMAS .....	62
4.3 SISTEMA DE PROTEÇÃO E ALERTA CONTRA EVENTOS CRÍTICOS .....	63
4.3.1 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INUNDAÇÕES.....	63
4.3.2 SISTEMA DRENAGEM URBANA.....	68
4.2.3 SISTEMA DE ALERTA E PROTEÇÃO CONTRA LANÇAMENTOS INESPERADOS DE POLUENTES .....	73

4.4 PLANOS E AÇÕES EXISTENTES EM PORTO ALEGRE .....	74
4.4.1 QUALIDADE DA ÁGUA .....	74
4.4.2 DESABASTECIMENTO DA POPULAÇÃO .....	75
4.4.3 EXTRAVASAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA	76
4.5 RESULTADOS DO DIAGNÓSTICO DE SEGURANÇA HÍDRICA DE PORTO ALEGRE .....	79
5 RESULTADOS .....	82
5.1 INDICADORES PLANO DE SEGURANÇA HÍDRICA.....	82
5.2 AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA DE PORTO ALEGRE.....	84
5.3 SUGESTÕES DE PLANOS E AÇÕES .....	86
5.3.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COMO FONTE DE ABASTECIMENTOS E RISCOS .....	87
5.3.2 NOVO CANAL DE CAPTAÇÃO NO RIO GRAVATAÍ.....	90
5.3.3 INSTALAR UM SISTEMA DE PREVISÃO DE VIAGEM DE PLUMAS DE CONTAMINAÇÃO	91
5.3.4 INSTALAR UM SISTEMA DE PREVISÃO DE CHEIAS .....	92
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....	94
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	96
APÊNDICE A – Indicadores.....	103
ANEXO A – Obras e Datas Previstas .....	108
ANEXO B – Quadro dos Valores Médios.....	114

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente a questão de Segurança Hídrica tem se destacado na área de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Devido à dificuldades da gestão da água e o desenvolvimento econômico, desastres naturais e problemas relacionados ao uso da água tornam-se cada vez mais recorrentes.

Segurança Hídrica representa, segundo a UN-Water (2013, p. 6), a garantia do:

“[...] acesso sustentável à água de qualidade, em quantidades adequadas à manutenção dos meios de vida, do bem-estar humano e do desenvolvimento socioeconômico; garantir proteção contra a poluição hídrica e desastres relacionados à água; preservar os ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política”.

No âmbito mundial, o termo segurança hídrica foi interpretado por Cook e Bakker (2012), através do crescente número de publicações sobre o assunto. Com a melhor distribuição e exemplificação do termo, órgãos mundiais e nacionais começaram a investir em planos de Segurança Hídrica.

Apenas nas últimas décadas, a Segurança Hídrica recebeu a atenção dos governos mundiais. O Conselho Mundial de Água (World Water Council) existe desde 1996 com o intuito de melhorar e entender os problemas relacionados à água. Em 1997, o Brasil criou a Lei nº 9.433 (conhecida como “Lei das Águas”), na tentativa de melhorar e buscar alternativas para o abastecimento e gestão da água. No entanto, o assunto começou a propriamente ser abordado recentemente, com a publicação do termo de referência do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) em 2014. O objetivo deste plano é garantir a oferta de água com qualidade e reduzir riscos quanto a eventos críticos, através da identificação da necessidade de obras estruturais como barragens, canais, eixos de integração e sistemas adutores, bem como o planejamento de ações para suas concretizações. Além disso, o PNSH faz parte do Programa de Desenvolvimento do Setor Água (INTERÁGUAS), que busca favorecer a coordenação de ações de melhoria da gestão do uso de água.

Contudo, os Planos de Segurança Hídrica (PSH) ainda são pouco difundidos na esfera de menores bacias hidrográficas, sub-bacias e municípios brasileiros. Em relação ao estado do Rio Grande do Sul, existe um plano em elaboração desenvolvido pela Companhia Riograndense de



Saneamento (CORSAN), que atenderá a 18 municípios. Porém na capital do Rio Grande do Sul, a cidade de Porto Alegre, não existe Plano de Segurança Hídrica. A cidade já sofreu episódio de contaminação da água potável distribuída e constantemente sofre com problemas de alagamentos.

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo a proposição de subsídios para a elaboração de um futuro Plano de Segurança Hídrica para a cidade de Porto Alegre, beneficiando o município e outros que possam buscar as mesmas informações para suas regiões. Além disso, com este trabalho, pretende-se contribuir para o aumento da bibliografia sobre o tema, que é escassa no Brasil.

As diretrizes e delimitações da pesquisa são apresentadas no capítulo a seguir.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

Considerando o Plano Nacional de Segurança Hídrica e diretrizes internacionais, quais as principais diretrizes que devem ser adotadas na elaboração do Plano de Segurança Hídrica de Porto Alegre?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é: propor diretrizes simplificadas para orientar a elaboração de um Plano de Segurança Hídrica e sugerir ações que possam contribuir para a Segurança Hídrica da cidade de Porto Alegre.

#### **2.2.2 Objetivos Secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são estudar e avaliar os riscos associados à água da cidade de Porto Alegre, tais como: oferta de água, poluição e controle de cheias nas áreas críticas, visando fornecer bases para um futuro Plano de Segurança Hídrica da cidade.

### **2.3 PRESSUPOSTO**

O trabalho tem por pressuposto que são válidos e suficientes os parâmetros, diretrizes e condições para o Plano de Segurança Hídrica estabelecidos por:

- a) Lei 9433/1997 (Lei das águas);

- b) Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), 2014;
- c) Conselho Mundial de Água (World Water Council), 1996;
- d) UN-Water, Water Security (Segurança Hídrica), 2013.

## 2.4 PREMISSAS

Porto Alegre não possui um Plano de Segurança Hídrica (PSH), ao contrário de alguns municípios do estado do Rio Grande do Sul que já tem um plano em elaboração. Este trabalho poderia auxiliar na elaboração de um futuro PSH para a cidade.

## 2.5 DELIMITAÇÕES

É delimitação do trabalho a análise exclusivamente da cidade de Porto Alegre, apesar de outras cidades serem atendidas pelos mesmos recursos hídricos na região.

## 2.6 LIMITAÇÕES

O estudo tem como limitação a elaboração de estudo base, respeitando as diretrizes apresentadas no Plano Nacional de Segurança Hídrica.

## 2.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A partir do presente capítulo, no terceiro capítulo, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o que é um Plano de Segurança Hídrica, com definições e características, divididas em itens que explicam cada aspecto relacionado ao plano, juntamente com uma revisão bibliográfica da legislação, onde se busca a contextualização do que se conhece sobre o assunto no âmbito nacional.

Por conseguinte, no quarto capítulo são apresentados os métodos adotados no desenvolvimento do trabalho assim como os materiais. Primeiramente, se realizou um levantamento indireto dos dados da cidade de Porto Alegre, observados os aspectos relacionados a um PSH, conforme apresentados na revisão bibliográfica. Com estas informações, foram elaborados diagnósticos e prognósticos da Segurança Hídrica do município. São apresentados o diagnóstico da região hidrográfica do Lago Guaíba, elaborado com base nas informações obtidas sobre os rios

Gravataí, Sinos, Caí, Jacuí e a legislação vigente, o diagnóstico do abastecimento de Porto Alegre, o diagnóstico do sistema de proteção contra inundações e alagamentos, e os planos e ações em Porto Alegre que podem ser caracterizados como de Segurança Hídrica. Por fim, é apresentado o resultado do diagnóstico.

No quinto capítulo é apresentado o prognóstico da Segurança Hídrica de Porto Alegre, com base nas informações reunidas nos capítulos de diagnóstico e na pesquisa bibliográfica realizada. Neste item, foram propostas diretrizes e uma classificação qualitativa dos itens que compõe a Segurança Hídrica, para fins de avaliação dos dados obtidos sobre a cidade de Porto Alegre. Além disso, foi sugerido o uso de indicadores quando da elaboração do futuro Plano de Segurança Hídrica do município, bem como ações que possam somar à Segurança Hídrica de Porto Alegre.

No capítulo de conclusão os resultados obtidos com o desenvolvimento do trabalho foram revisados e comentados. Finalmente, foi sugerido um estudo para dar continuidade à promoção da Segurança Hídrica no município.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo Segurança Hídrica é bem definido através de quatro aspectos principais segundo Cook e Bakker (2012): o primeiro considera a quantidade e disponibilidade de água para consumo; o segundo traz uma consideração quanto aos riscos e consequências das inundações; o terceiro visa ao condicionamento e tratamento da qualidade da água além dos riscos de contaminação; e por fim, o quarto enfoca a sustentabilidade.

Da mesma forma, um Plano de Segurança Hídrica é definido através de quatro diretrizes semelhantes (UN-WATER, [2016]):

- a) a população deve ter acesso à água segura, suficiente e acessível para atender as necessidades de saneamento básico e alimentação, para assegurar saúde e bem-estar cumprindo os direitos humanos básicos;
- b) suprimentos adequados de água devem ser disponibilizados para produção de alimentos e energia, indústria, turismo e transporte;
- c) ecossistemas devem ser preservados funcionando adequadamente, incluindo a provisão de água doce;
- d) as populações devem ser resilientes a perigos relacionados à água, incluindo inundações, secas e poluição.

A fim de garantir o direito à segurança hídrica, os governos devem adotar medidas e políticas públicas que garantam o acesso da população à água segura, em quantidade adequada e com reduzido risco ao ambiente. Para tanto, deve ser desenvolvido um plano, através do qual se estabelecem medidas voltadas à segurança da água. Assim, para definir um Plano de Segurança Hídrica, segundo a UN-Water ([2016]), deve-se:

- a) através de avaliações de condição da água, identificar problemas críticos relacionados com a água em área local, regional ou de importância global;
- b) aumentar a conscientização sobre questões dos problemas críticos relacionados com a água, englobando tanto as autoridades públicas como população em geral;
- c) reunir as partes interessadas e promover a implementação de medidas eficazes para solucionar os problemas relacionados à água;
- d) fornecer aconselhamento e informações relevantes para as instituições e órgãos responsáveis, sobre o desenvolvimento de estratégias e políticas para gestão de recursos hídricos sustentáveis, respeitando o meio-ambiente;

- e) contribuir para a resolução de questões relacionadas às águas transfronteiriças.

A seguir o capítulo foi dividido em quatro itens que têm como objetivo transparecer, mesmo que de maneira resumida, alguns dos aspectos e termos usados na elaboração de um Plano de Segurança Hídrica.

### 3.1 QUALIDADE DA ÁGUA NAS FONTES DE ABASTECIMENTO

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 1996):

- a) parâmetros físicos: cor, turbidez, temperatura, sabor e odor;
- b) parâmetros químicos: pH, alcalinidade, acidez, dureza, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes inorgânicos e orgânicos;
- c) parâmetros biológicos: organismos indicadores, algas e bactérias.

Segundo Von Sperling (2016), são definidos requisitos para a qualidade da água dependendo de seus usos previstos. O quadro 1 representa a associação entre os principais requisitos de qualidade e os correspondentes usos da água.

Quadro 1 – Qualidade requerida da água para uso geral

Uso Geral	Uso específico	Qualidade Requerida
Abastecimento de água doméstico		Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde  Isenta de organismos prejudiciais à saúde  Adequada para serviços domésticos  Baixa agressividade e dureza  Esteticamente agradável
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde
		Isenta de organismos prejudiciais à saúde  Esteticamente agradável
	Água entra em contato com o produto	Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto	Baixa agressividade e dureza

(fonte: adaptado de VON SPERLING, 2016, p. 41; BRASIL, 2005a)

Além dos requisitos de qualidade de água, existem também os padrões de qualidade definidos através de legislação e divididos em três tipos (VON SPERLING, 1996, p.42):

- a) padrões de lançamento no corpo receptor (Resolução CONAMA 357, 2005);
- b) padrões de qualidade do corpo receptor (Resolução CONAMA 357, 2005);
- c) padrões de qualidade para determinado uso imediato (Portaria nº 36/MS/GM, 1990; Resolução CONSEMA 128, 2006).

Diferentes formas de expressar a qualidade de um corpo d'água de maneira acessível foram propostas ao longo das últimas décadas. O primeiro índice número conhecido foi proposto por Horton (1965 apud GOPAUL et al, 2009) e foi baseado em indicadores de qualidade medidos conforme sua importância. A partir deste, foram desenvolvidos diversos métodos baseado em índices tal como o conhecido Índice de Qualidade das Águas (IQA) da National Sanitation Foundation (NSF), criado por Brown et al (1970 apud GOPAUL et al, 2009).

O IQA adotado pela FEPAM é uma adaptação do índice proposto pela NSF, adaptado com a eliminação do parâmetro referente à temperatura da água e a utilização do nitrogênio amoniacal

em lugar do nitrato. Assim, são considerados os parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, DBO, pH, nitrogênio amoniacal, fosfato total, turbidez e sólidos totais. A adaptação do IQA foi sugerida por técnicos da FEPAM, CORSAN e DMAE quando da criação da Rede Integrada do Rio dos Sinos, em 1990. O cálculo dos Índices de Qualidade foi obtido no período entre 1992 e 2011 com base nas médias anuais de cada parâmetro utilizado no cálculo do IQA (RIO GRANDE DO SUL, [2012]a).

Os resultados apresentados no próximo capítulo foram obtidos a partir dos dados históricos gerados pela Rede de Monitoramento da FEPAM (anteriores ao Pró-Guaíba) e dados gerados pela FEPAM para a Rede de Monitoramento Ambiental do Pró-Guaíba (RIO GRANDE DO SUL, [2012]a).

O IQA adotado utiliza as faixas de qualidade apresentadas no quadro 2.

Quadro 2 – Faixas de Qualidade

Nota	Conceito
0 a 25	Muito Ruim
26 a 50	Ruim
51 a 70	Regular
71 a 90	Boa
91 a 100	Excelente

(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]a)

A metodologia foi aplicada aos rios Gravataí, Sino, Caí e Jacuí (RIO GRANDE DO SUL, [2012]a). Assim, é possível se visualizar o comportamento das regiões do Lago Guaíba ao longo do tempo de forma simplificada, promovendo a rápida visualização do comportamento da qualidade das águas.

A legislação ambiental vigente, Resolução n. 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005a), define classes para a qualidade requerida conforme os usos das águas de um corpo hídrico. Conforme disposto no artigo 4º, a classificação das águas doce segue:

- a) classe especial;
- b) classe 1;
- c) classe 2;



- d) classe 3;
- e) classe 4.

Os padrões ambientais mais altos de qualidade da água são verificados nas primeiras classes de uso, destinadas ao consumo humano e preservação ambiental. Assim, segundo legislação, os usos preferenciais das águas doces de classe especial são (BRASIL, 2005a):

- a) abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- c) preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

A classe 1 de qualidade também permite o uso para abastecimento da população, porém é necessária a realização de tratamento simplificado prévio ao consumo. Assim, os usos preferenciais das águas doces de classe 1 são (BRASIL, 2005a):

- a) abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) proteção das comunidades aquáticas;
- c) recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Com alguns usos semelhantes à classe anterior, as águas de classe 2 também podem ser utilizadas no abastecimento público, porém mediante tratamento convencional. As águas doces de classe 2 são utilizadas para (BRASIL, 2005a):

- a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) proteção das comunidades aquáticas;
- c) recreação de contato primário, (Balneabilidade);
- d) irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, parques e jardins;
- e) aquicultura e pesca.

As águas doce de classe 3 possuem usos mais restritos, embora possam ser utilizadas para o abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado, quando necessário. Segundo a resolução n. 357, as águas doces classe 3 têm o uso voltado para (BRASIL, 2005a):

- a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) pesca amadora;
- d) recreação de contato secundário;
- e) dessedentação de animais.

A última classe de classificação das águas doces não pode ser utilizada no abastecimento humano, na pecuária ou na agricultura. Assim, as águas doces de classe 4 são utilizadas em (BRASIL, 2005a):

- a) navegação;
- b) harmonia paisagística.

### 3.2 DESABASTECIMENTO DA POPULAÇÃO

Um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é definido pelo conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável da população para usos de consumo doméstico, consumo industrial, serviços públicos, entre outros.

O sistema convencional é projetado para atender uma sequência de etapas (COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS, 2009):

- a) captação: água bruta captada de mananciais superficiais ou subterrâneos;
- b) adução: água dos mananciais é bombeada até as estações de tratamento de água (ETA);
- c) tratamento: através de processos físicos e químicos, a água é tornada potável;
- d) reservação: a água é bombeada para que fique disponível para as redes de distribuição;
- e) distribuição: parte final do processo, onde a água é efetivamente entregue ao consumidor.

O problema habitual relacionado ao abastecimento da maioria dos municípios brasileiros na sua etapa inicial é a seca ou estiagem. A água disponível não se encontra em seus parâmetros habituais, podendo eventualmente reduzir o abastecimento de água. O principal fator para a ocorrência de seca é a falta de precipitação pluviométrica, causando uma diferença entre a oferta de água natural e a procura.

Durante o ciclo de uso da água (figura 1), que engloba as etapas do SAA mencionadas anteriormente e se estende até a devolução da água ao meio, a sua qualidade é alterada em cada fase do processo. Após a distribuição, completando o ciclo de uso da água, ocorrem mais três etapas (VON SPERLING, 1996):

- geração de esgoto bruto: a qualidade da água é modificada após sua utilização;
- tratamento de esgoto: os despejos são conduzidos até as estações de tratamento de esgoto (ETE) onde sofrem nova alteração da qualidade e por fim são lançados ao corpo receptor;
- emissão de efluentes: o esgoto tratado retorna a fonte de captação, onde sofre mais modificações na qualidade da água através de diluição e autodepuração.

Figura 1 – Ciclo do uso da água



(fonte: ROMEU, 2014)

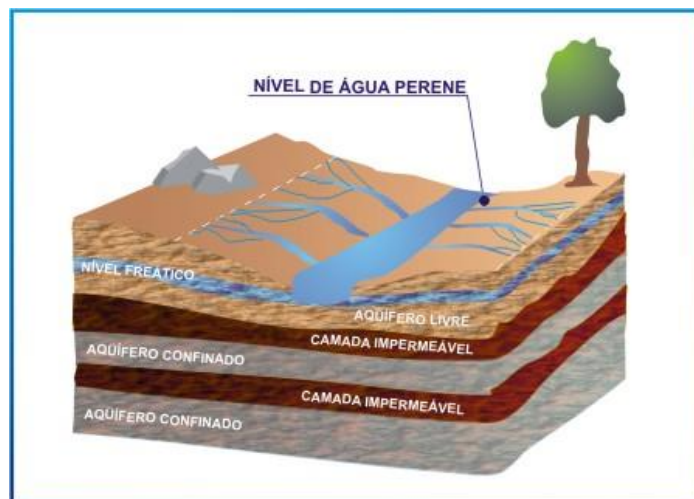
O abastecimento de uma cidade também pode ser feito tendo como fonte a água subterrânea. A água que está presente abaixo da superfície, preenchendo poros ou vazios intergranulares de rochas sedimentares, ou fraturas, falhas e fissuras de rochas compactas, é denominada como água subterrânea e desempenha um papel essencial do fluxo dos rios e lagos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, [2017]). O recurso hídrico constitui uma fonte alternativa de abastecimento em relação às águas superficiais e é explorado através da construção de poços.

Assim, a formação geológica capaz de servir de depositório e de transmissor da água subterrânea, é definido como aquífero. Este é constituído por uma reserva permanente de água e uma reserva reguladora ou ativa que é renovada pela infiltração pluvial e outras fontes subterrâneas. Além disso, a reservação subterrânea é menos sujeita a perdas pela evaporação, característica importante para regiões propensas a secas e estiagens (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, [2017]).

Existem três tipos de aquíferos, classificados quanto à porosidade: poroso ou sedimentar, fraturado ou fissural, e cárstico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, [2017]). Além disso, segundo a pressão da água (figura 2), os aquíferos são divididos em:

- a) aquífero livre ou freático: constituído por uma formação geológica permeável e superficial, sendo os mais comuns e mais explorados porém apresentam maiores problemas de contaminação;
- b) aquífero confinado ou artesiano: constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis.

Figura 2 – Tipos de aquíferos



(fonte: BORGHETTI et al, 2004, p. 107)

As águas subterrâneas apresentam função estratégica para a Segurança Hídrica, uma vez que representam uma reserva alternativa para períodos de baixa pluviosidade ou situações de emergência. Buscando o gerenciamento integrado das águas superficiais e subterrâneas, além da utilização dos volumes para abastecimento, os aquíferos podem adotar a função de reservatórios. Técnicas como a recarga artificial de aquíferos com a parcela excedente dos

efluentes tratados, promovem a acumulação de grandes volumes hídricos, com aumento da disponibilidade de água e proteção do nível dos aquíferos em períodos de alta demanda (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, [2017]; HESPANHOL, 2006).

### 3.3 EXTRAVASAMENTOS DO SISTEMA DE ÁGUA

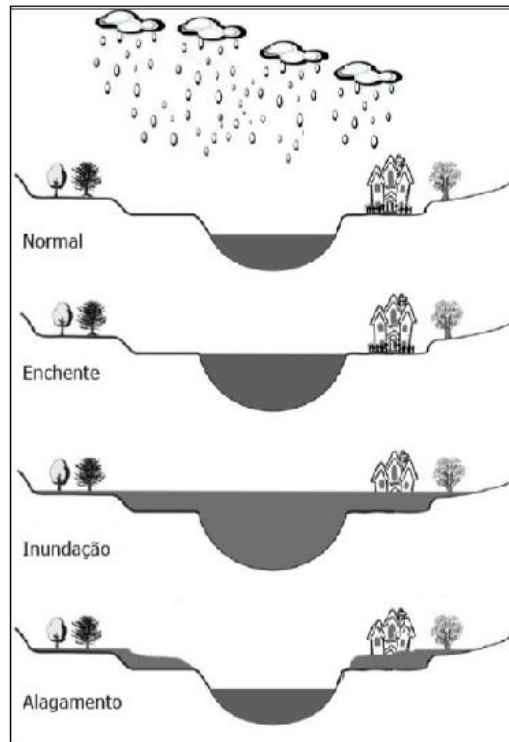
Ao contrário do problema com abastecimento, existe o perigo de catástrofes decorrentes do excesso de precipitação. Esse fenômeno originado pelas cheias pode causar inundações, enxurradas ou alagamentos conforme a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (BRASIL, 2012).

Enchentes ou cheias é o aumento do nível da água natural de um rio, lago, córrego ou outro corpo d'água até sua cota máxima, sem ocorrência de extravasamento da calha principal. São eventos naturais com acontecimento temporário e frequência variável. Porém as inundações definem-se pela submersão de áreas fora dos limites normais de um curso d'água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície (BRASIL, 2012). Na figura 3, são apresentados os tipos de enchentes e inundações de um corpo d'água em comparação ao escoamento com nível normal da água.

As enxurradas são caracterizadas pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial, através do escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocadas por chuvas intensas e concentradas, normalmente em bacias de relevo acidentado (BRASIL, 2012). Os níveis de água atingidos nos eventos de enxurradas são semelhantes aos de inundações, que podem ser observados na figura 3.

Alagamentos são causados pela extrapolação da capacidade de escoamento do sistema de drenagem urbano e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (BRASIL, 2012). A figura 3 apresenta diferentes tipos de extravasamentos.

Figura 3 – Tipos de extravasamentos



(fonte: SÃO PAULO, 2010)

As inundações e alagamento urbanos estão relacionados a prejuízos econômicos, da saúde e da segurança da população. Embora os extravasamentos sejam fenômenos naturais, a redução da cobertura vegetal e aumento da superfície impermeabilizada, sem consideração do impacto causado, contribuem para o aumento da frequência e magnitude dos eventos (CRUZ e TUCCI, 2008). Segundo Cruz e Tucci (2008, p. 59), “A mudança deste cenário exige alterar o padrão estratégico do planejamento integrado da cidade que envolve: planejamento urbano e uso do solo; esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana.”. Em conjunto com elementos do planejamento urbano, as soluções adotadas para mitigação dos extravasamentos urbanos devem buscar a Segurança Hídrica da cidade. Outro risco de inundação é o rompimento de barragens próximas ao perímetro urbano.

### 3.4 RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR LANÇAMENTOS INESPERADOS DE PLUMAS DE CONTAMINAÇÃO

Quanto à Segurança Hídrica, um fator importante a ser analisado é a identificação da quantidade de poluentes presentes na água. Este fator define se a água, mesmo que poluída, está ou não

contaminada, ou seja, apresenta substâncias ou seres patogênicos em concentração nociva ao ser humano (FAN, 2016).

Dessa forma os poluentes podem ser classificados segundo a origem (figura 4) (ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY VICTORIA, 2012):

- a) fonte pontual: facilmente identificável, como lançamento de poluentes por uma indústria diretamente na água, acidente por algum meio de transporte carregando poluentes ou lançamento de esgoto e lixo diretamente nos córregos;
- b) fonte difusa: dificilmente identificável, por não ser proveniente de uma fonte individual, como infiltração de agrotóxicos no solo, lixo no solo e carga orgânica gerada pela agropecuária.

Figura 4 – Exemplos de origem de poluente



(fonte: QUADROS, 2011)

Conforme Von Sperling (1996), poluição das águas é “a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d’água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos”. Ainda segundo o autor (VON SPERLING, 1996):

- a) poluição sedimentar: Ocorre pelo acúmulo de partículas em suspensão, interferindo no processo de fotossíntese das algas e bloqueando os raios solares, prejudicando a capacidade dos animais de encontrarem alimento. Constituem a maior massa de poluentes no corpo d’água, provenientes de produtos químicos insolúveis;
- b) poluição biológica: Ocorre pela introdução de detritos orgânicos originados principalmente pelo esgoto doméstico e industrial, que são lançados diretamente na água ou infiltram-se nos solos, atingindo os lençóis freáticos.

Esses detritos possuem micro-organismos patogênicos que podem transmitir doenças para animais e pessoas, assim como na decomposição desses detritos, o oxigênio é consumido, causando morte na fauna aquática;

- c) poluição térmica: Ocorre quando a temperatura de um recurso hídrico é aumentada drasticamente através do lançamento de água proveniente de usinas de energia, desmatamento, erosão do solo ou causas naturais. Esta poluição pode causar impacto na reprodução dos animais aquáticos ou morte, diminuir os níveis de oxigênio na água, aumentar as doenças presentes, aumentar a taxa de metabolismo desequilibrando a estabilidade da cadeia alimentar;
- d) poluição química: Ocorre por produtos químicos nocivos e indesejáveis. É a mais crítica das poluições por às vezes demorar muito tempo até serem percebidos. Metais pesados, plástico, petróleo, fertilizantes agrícolas, agrotóxicos, são os poluentes mais comuns, sendo o maior problema a difícil tarefa de descontaminação.

Uma vez identificados o tipo e fonte de poluição de uma região, é necessário observar a forma de transporte e diluição do poluente, conhecido como pluma de contaminação, para a avaliação do impacto ambiental causado por este. A avaliação deste aspecto é complexo e a medição do contaminante pode acarretar custos elevados. Dessa forma, uma alternativa utilizada é a simulação da pluma de contaminação através de modelos computacionais. Existem diversos modelos para simulação da contaminação de corpos d'água como os modelos SisBahia e SIAQUA-IPH, desenvolvidos no Brasil. Além da redução de custos, as simulações computacionais contribuem com a redução do tempo de obtenção de resultados, assim, contribuindo para a avaliação dos impactos (TELLES et al, 2012).

Embora a importância da avaliação da poluição seja indiscutível, outros riscos devem ser observados. Dessa forma, o rompimento de barragens vem despertando a atenção tanto à temática do dano ambiental quanto a responsabilização e reparação, pelo fato da população estar mais ciente do ocorrido.

No dia 5 de novembro de 2015, ocorreu o rompimento de barragem da sociedade anônima Samarco Mineração no município de Mariana em Minas Gerais, causando um grande desastre ambiental (figura 5). Os impactos ambientais foram de tamanha grandeza que podem ser considerados até irreversíveis. O rompimento afetou o rio Gualaxo, que é afluente do rio Carmo, o qual deságua no Rio Doce, rio que abastece uma grande quantidade de cidades (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS RENOVÁVEIS, 2015).



Figura 5 – Antes e depois do acidente do rompimento da barragem em Mariana (MG)



(fonte: GOOGLE EARTH, 2015)

Outro exemplo, no acidente do rompimento da barragem de rejeitos na cidade de Cataguases (zona da mata de Minas Gerais), em março de 2003, como cita Fan (2013), há um grande problema relacionado com o diverso número de pontos de lançamento de poluentes e identificação dos mesmos. Os impactos que podem vir a ocorrer, muitas vezes acontecem a uma grande distância do ponto de lançamento do poluente, como no exemplo citado, a poluição chegou a atingir o Rio Paraíba do Sul, no Rio de Janeiro, contaminando-o e seguindo curso até o mar.

Através de modelos numéricos, pode-se definir qual seria o impacto do rompimento de uma barragem, convergindo com os objetivos de um Plano de Segurança Hídrica que inclui o de precaver e/ou prevenir ocorrência de desastres que possam contaminar a água.

### 3.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E PLANOS

Segurança Hídrica é um tema pouco difundido no âmbito nacional. A principal lei sobre o assunto (Lei Federal nº 9.433 – Política Nacional dos Recursos Hídricos), conhecida como Lei das Águas, foi instituída em 1997 com o propósito de integrar e proteger os recursos hídricos ao meio ambiente. Como consequência dos avanços na área de segurança hídrica em âmbito mundial, e através da própria Lei das Águas, é criado em 2014 o termo de referência do Plano Nacional de Segurança Hídrica, com o objetivo de integrar e coordenar os setores envolvidos com a utilização da água.

Dessa forma, este item apresenta a Lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997 e o Plano Nacional de Segurança Hídrica, principais diretrizes nacionais disponíveis sobre o tema apresentado, além da minuta elaborada pela CORSAN no âmbito regional.

#### 3.5.1 Lei das Águas

Segundo a Lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), as principais diretrizes com o propósito de orientar de maneira simplificada o desenvolvimento de um Plano de Segurança Hídrica são:

Art. 32. Fica criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os seguintes objetivos:

I - coordenar a gestão integrada das águas;

II - arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;

III - implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;

IV - planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;

A lei estipula a criação de uma política pública, a fim de beneficiar a população com o gerenciamento da Segurança Hídrica brasileira. Definido pelo artigo 32 inciso III da Lei nº

9433, a Política Nacional de Recursos Hídricos apresenta fundamentos, objetivos, gestão e instrumentos (BRASIL, 1997):

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

[...]

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

[...]

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

[...]

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;

II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;

[...]

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - os Planos de Recursos Hídricos;

Finalmente, segundo artigo 7 da Lei nº 9433, medidas que devem ser tomadas quanto a implantação de Planos de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) são:

Art. 7º Os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo:

I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;

[...]

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;

No entanto, a lei não propõe a elaboração de um Plano de Segurança Hídrica, indicando a falta de legislação no País em relação a esse assunto.

### 3.5.2 Plano Nacional de Segurança Hídrica

O PNSH se encontra em fase de desenvolvimento pela Agência Nacional das Águas (ANA) em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente e com o Ministério da Integração. Em 2014, a agência apresentou o termo de referência do plano. O documento tem como principal aplicação a elaboração do *Plano Nacional de Segurança Hídrica – Critérios, Seleção e Detalhamento de Intervenções Estratégicas*. Segundo a ANA (BRASIL, 2014, p. 2):

[...] o Ministério da Integração Nacional, por intermédio da Secretaria de Infraestrutura Hídrica – SIH, e a Agência Nacional de Águas – ANA estabeleceram parceria para a coordenação e elaboração de um Plano Nacional de Segurança Hídrica – [...]. O estudo está voltado ao estabelecimento de diretrizes e critérios para identificação de intervenções estruturantes de caráter estratégico em todo o território nacional, [...] **propiciando a garantia da oferta de água para o abastecimento humano e o atendimento de demandas do setor produtivo, bem como a redução dos riscos associados a eventos críticos (secas e cheias).**

A iniciativa demonstra o compromisso do País com a garantia da água para o uso da população e de setor produtivo, incluindo a previsão de obras de infraestrutura que devem contribuir para a universalização do acesso à água com qualidade. De acordo com o termo de referência do PNSH (BRASIL, 2014, p.4):

“[...] as relações mais desfavoráveis entre oferta e demanda de água concentram-se no Semiárido (Região Nordeste e norte do Estado de Minas Gerais), no sul do País (Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina) e na área de abrangência dos principais centros urbanos [...]”.

Assim, o plano tem como objetivo principal garantir a oferta de água para o abastecimento humano e reduzir os riscos associados a eventos críticos (secas e cheias). Em regiões de maior incidência e gravidade de eventos críticos, a proposição de soluções e ações mitigatórias deve receber maior atenção. No estudo, o território brasileiro foi dividido em 7 (sete) grupos de

Estados (I a VII), e classificados em 3 níveis de prioridade de execução dos trabalhos (A a C) [...], conforme quadro 3:

Quadro 3 - Composições de grupos e regiões

Região	Prioridade	Unidades da Federação	Áreas Críticas		
			Grupo	Oferta de Água	Cheia
Nordeste	A	MA, PI	I	Leste PI	Itapecuru, Mearim e Parnaíba
Sudeste		ES, MG, RJ, SP	II	Alto Tietê, Baixada Santista, Litoral Norte SP, PCJ, Tietê/Sorocaba	Alto Tietê, Das Velhas, Doce, Itapemirim, Itabapoana, Litoral RJ/SP, Paraíba do Sul, PCJ, Sapucaí, Tietê/Sorocaba e Ribeira
Sul		PR, RS, SC	III	RS/Oeste SC	Alto Uruguai, Guaíba, Iguazu, Itajaí, Cubatão Norte, Tijucas, Tubarão e Araranguá
Nordeste	B	AL, CE, PB, PE, RN	IV	Nordeste Setentrional	Acaraú, Jaguaribe, Piranhas-açu, Paraíba, Capibaribe, Mundaú, Uma e Baixo São Francisco
		BA, MG, SE	V	Leste BA/SE e Semiárido Mineiro	Contas, Mucuri e Japarutuba
Norte	C	AM, AC, AP, PA, RO, RR, TO	VI	-	-
Centro-Oeste		DF, GO, MS, MT	VII	-	-

(fonte: BRASIL, 2014)

Dessa forma, cada grupo é analisado através de três etapas e cada etapa inclui a elaboração de relatórios parciais (RP), assim sendo: RP01 para a primeira etapa, RP02 para a segunda etapa e RP03, RP04, RP05 e RP06 para a etapa final (BRASIL, 2014). A primeira etapa define-se pela análise e inventário de estudos, planos, projetos e obras (EPPO). Em seguida a segunda etapa abrange apenas os grupos I, II, III, IV e V, e caracteriza-se pelo estudo integrado dos problemas

de água e controle de cheias em áreas críticas. Por último, a terceira etapa corresponde ao detalhamento das propostas de intervenção que compõe o PNSH, incluindo as existentes, as novas alternativas, os estudos específicos e as ações de gestão.

### 3.5.3 Plano de Segurança das Águas

A Companhia Riograndese de Saneamento (CORSAN), em 2016, divulgou uma minuta com as diretrizes para elaboração do Plano de Segurança das Águas (PSA) com o objetivo de garantir a qualidade de água para consumo, identificando e prevenindo os riscos que possam surgir em um Sistema de Abastecimento de Água. Como objetivos gerais do PSA estão: “minimizar as fontes de contaminação pontual e difusa [...], e prevenir a (re)contaminação durante o armazenamento e no sistema de distribuição (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2016, p. 2).”

O documento preliminar engloba 18 municípios do Rio Grande do Sul divididos em três grupos, onde cada grupo terá seu PSA desenvolvido durante o período de um ano, sendo eles:

- a) grupo 1: Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Esteio, Gravataí, Sapucaia do Sul, Viamão;
- b) grupo 2: Bento Gonçalves, Eldorado do Sul, Guaíba, Passo Fundo, Rio Grande, Santa Maria;
- c) grupo 3: Alegrete, Ijuí, Rosário do Sul, Santa Cruz do Sul, Torres.

Finalmente, o desenvolvimento da minuta segue sequência de quatro etapas: constituição da equipe, avaliação do sistema, monitoramento operacional, e por último, os planos de gestão.

Cabe ressaltar que existe uma diferença significativa entre o Plano de Segurança das Águas e um Plano de Segurança Hídrica. Considerando que o PSA é direcionado excepcionalmente às condicionais para um consumo de água adequado, é diferente de um PSH que prevê os problemas e riscos mais importantes relacionados à água.

## 3.6 PLANOS DE SANEAMENTO

A Segurança Hídrica de um município está fortemente relacionada ao saneamento básico. Este pode contribuir com a quantidade e qualidade da água de um município, uma vez que o acesso da população à água tratada e posterior coleta e tratamento dos esgotos gerados, permite que o

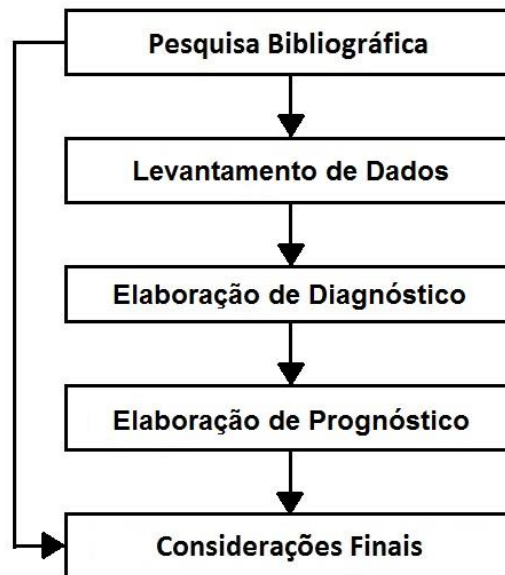
efluente seja disposto nos corpos d'água com menor potencial poluente, além da possibilidade de coleta e reuso do recurso hídrico. Quando não há tratamento dos esgotos, o lançamento direto dos efluentes em corpos d'água pode constituir uma das principais fontes de poluição dos mesmos, prejudicando os usos da água e pontos de captação a jusante dos lançamentos. Em rios urbanos, como o arroio Dilúvio de Porto Alegre, o lançamento não planejado ou clandestino de efluentes podem contaminar o corpo hídrico de tal forma que inviabiliza usos tanto para fins de abastecimento como recreativos (CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2005).

Em Porto Alegre, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) é um instrumento fundamental para o planejamento estratégico e gestão do saneamento ambiental do município, que proporciona melhorias nas condições de saneamento e reflete positivamente na promoção da qualidade de vida da população e na Segurança Hídrica da cidade. Além disso, as ações de saneamento ambiental que incluem abastecimento de água tratada, esgotamento sanitário, drenagem urbana, coleta de resíduos sólidos e limpeza urbana são notadamente relacionadas à prevenção de doenças e manutenção da saúde pública, bem como podem minimizar a poluição ambiental e a ocorrência de alagamentos e inundações urbanas (PORTO ALEGRE, 2013). Além disso, Porto Alegre possui o Projeto Integrado Socioambiental (PISA) que visa ampliar a capacidade de tratamento de esgotos da cidade e deve contribuir com a retomada da balneabilidade das águas do Guaíba (PORTO ALEGRE, 2017).

## 4 METODOLOGIA E MATERIAL

O presente trabalho, que pretendeu montar um plano base de segurança hídrica de Porto Alegre, foi desenvolvido conforme as etapas apresentadas na figura 6.

Figura 6 – Etapas da pesquisa



(Fonte: elaborado pelo autor)

Primeiramente, a pesquisa bibliográfica reuniu as informações necessárias à compreensão do termo Segurança Hídrica e à definição dos itens que compõem um Plano de Segurança Hídrica. Além disso, como produto do estudo da legislação brasileira e dos planos relacionados ao uso dos recursos hídricos, foi elaborada uma revisão sobre os principais aspectos da Lei n. 9.433 (Lei das Águas), do termo de referência para a elaboração do Plano Nacional de Segurança Hídrica e da minuta do Plano de Segurança das Águas do Rio Grande do Sul.

A segunda etapa consistiu no levantamento indireto de dados da cidade de Porto Alegre, com o intuito de reunir as informações necessárias para a avaliação da Segurança Hídrica do município. As informações foram obtidas a partir de documentos técnicos e material disponibilizado pelo município, órgãos e instituições públicas, como o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) e Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS).



Uma vez que as informações disponíveis foram agrupadas, foi elaborado o diagnóstico da Segurança Hídrica de Porto Alegre, na terceira etapa deste trabalho. O diagnóstico foi dividido em temas principais para facilitar a exposição das informações avaliadas, sob os títulos:

- a) Região Hidrográfica do Lago Guaíba: qualidade da água nas fontes de abastecimento;
- b) Sistemas de Abastecimento e Qualidade da Água: desabastecimento da população;
- c) Sistema de Proteção Contra Eventos Críticos: extravasamentos do sistema de água e riscos de contaminação da água.

O diagnóstico da região do Lago Guaíba avaliou os Rios Gravataí, Sinos, Caí e Jacuí, que compõe o corpo d'água, observando questões relacionadas à qualidade das águas e algumas informações particulares de cada local para a caracterização do uso das águas. A avaliação da qualidade do recurso hídrico foi apresentada em função do índice IQA adotado pela FEPAM.

O diagnóstico do sistema de abastecimento de água de Porto Alegre incluiu informações sobre as seis unidades combinadas de EBAS e ETAS do município: Moinhos de Vento, São João, Menino Deus, Belém Novo, Ilhada Pintada e Tristeza. Foram observadas características físicas e do tratamento de água, a capacidade de tratamento e a previsão de obras de melhoria ou expansão. Por fim, os sistemas foram comparados em relação à produção de água tratada e a demanda da região.

No diagnóstico do Sistema de Proteção Contra Inundações e Alagamentos, foram abordados os riscos em relação à água, tanto na questão de cheias frente ao manancial da cidade quanto em alagamentos desprovidos de um sistema de drenagem completo.

A quarta etapa do trabalho consistiu na avaliação dos planos e ações obtidos na etapa de levantamento de dados e na proposição de ações necessárias para Segurança Hídrica de Porto Alegre.

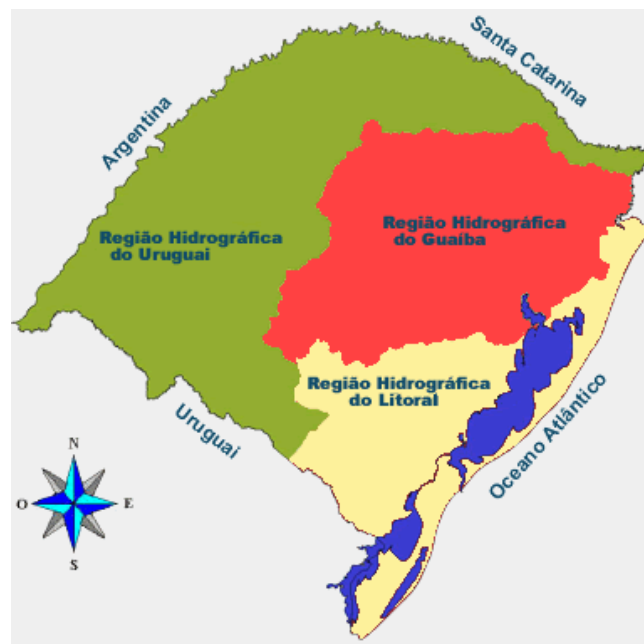
Finalmente, a quinta etapa foi a revisão crítica do trabalho desenvolvido, com a apresentação das conclusões finais obtidas e sugestões para o planejamento da segurança hídrica em Porto Alegre.

#### 4.1 REGIÃO HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA

A região hidrográfica do Guaíba é situada na região Nordeste do Rio Grande do Sul e contempla uma área de 84.763,54 km<sup>2</sup>, equivalente a 30% da área total do Estado (figura 7). A área é formada pela soma do território parcial ou total de 251 municípios, com uma população de 5.869.265 habitantes, correspondente a cerca de 61% da população do Estado (RIO GRANDE DO SUL, c2017a).

O eixo mais urbanizado da bacia é localizado na região metropolitana de Porto Alegre e uma faixa de municípios em direção à Caxias do Sul. A região abrange o Planalto da Bacia do Paraná, ao Norte do Estado, onde se localizam as cotas altimétricas mais elevadas do estado, bem como a Depressão Periférica, com as menores altitudes e, ao Sul, o Planalto Sul-Rio-Grandense (Escudo Sul-Rio-Grandense). A vegetação originalmente encontrada no local é composta por Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), Floresta Estacional e Savanas (Campos). Grande parte destas formações foi suprimida ou alterada, embora possam ser observadas áreas remanescentes nas encostas íngremes dos vales, especialmente dos rios Taquari-Antas e Jacuí (RIO GRANDE DO SUL, c2017a).

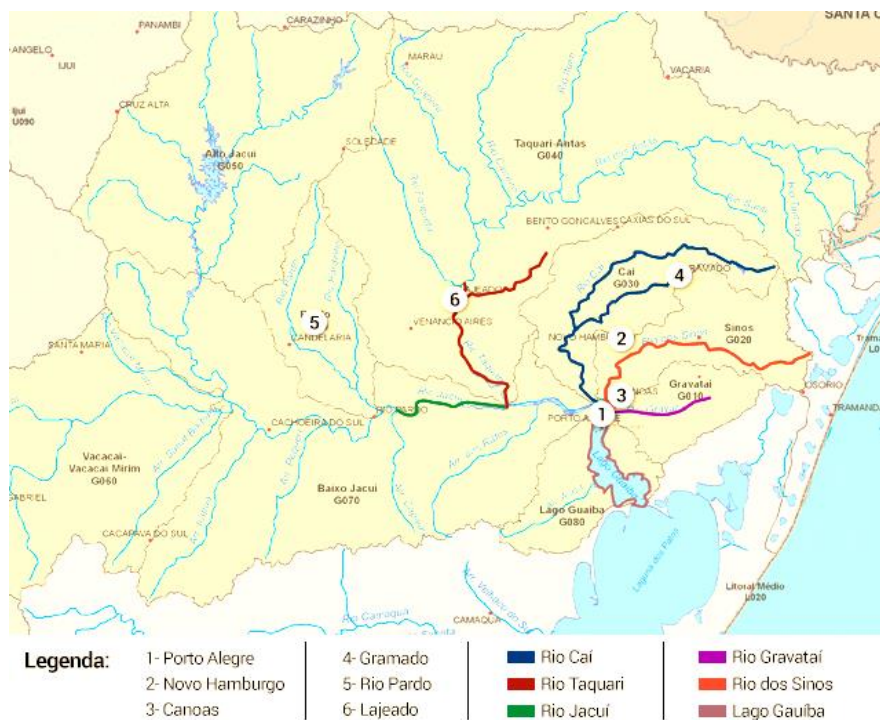
Figura 7 – Mapa das Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul



(fonte: RIO GRANDE DO SUL, c2017b)

O Lago Guaíba é composto pelas águas dos Rios Gravataí, Sinos, Cai e Jacuí que desembocam no Delta do Jacuí e banham os municípios de Porto Alegre, Eldorado do Sul, Guaíba, Barra do Ribeiro e Viamão (figura 8). Os principais impactos ambientais observados são relacionados à poluição devido à grande concentração populacional e industrial de algumas regiões. Destes, destacam-se os lançamentos de esgotos de Porto Alegre e as águas poluídas dos rios Gravataí e Sinos. As principais indústrias pertencem aos ramos de metalurgia, celulose e produtos alimentares (RIO GRANDE DO SUL, c2017a).

Figura 8 – Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba



(fonte: RIO GRANDE DO SUL, 2010)

#### 4.1.1 Rio Gravataí

A bacia hidrográfica do rio Gravataí possui área de 1.977,39 km<sup>2</sup> e banha nove municípios: Porto Alegre, Canoas, Alvorada, Viamão, Cachoeirinha, Gravataí, Glorinha, Taquara e Santo Antônio da Patrulha. O rio é considerado o mais sensível da região do Lago Guaíba, uma vez que é incapaz de realizar a regulação natural de sua vazão. O Banhado Grande, que funciona absorvendo e armazenando água nos períodos de chuva, foi bastante impactado pela criação de lavouras de arroz irrigado, reduzindo a capacidade de acumulação de água. As principais

indústrias encontradas na região são automobilística, mecânica, de produtos alimentares e bebidas (RIO GRANDE DO SUL [2017] e c2017a).

O monitoramento do rio Gravataí é realizado desde 1980, através da Rede Básica de Monitoramento, operada pelo laboratório do antigo Departamento de Meio Ambiente (DMA), atual FEPAM. O programa foi suspenso no período de 1989 e 1992. A partir de maio de 1998 o monitoramento do rio Gravataí foi incluído no Pró-Guaíba, programa estadual que visa ao desenvolvimento socioambiental da região hidrográfica do Guaíba. Neste programa, o projeto de Monitoramento dos Recursos Hídricos é realizado pela FEPAM, CORSAN e DMAE, onde cada entidade é encarregada da coleta e análise do ponto de amostragem sob sua responsabilidade (RIO GRANDE DO SUL, [2012]d).

O monitoramento do rio Gravataí tem frequência bimestral desde 2005, e passou a incluir mais dois locais: GR 028 (Passo das Canoas) e GR 001 (foz do Gravataí). O quadro 4 apresenta os pontos de monitoramento da rede.

Quadro 4 – Rede de Monitoramento do Rio Gravataí

RIO GRAVATAÍ		
CÓDIGO	COORDENADAS	LOCALIZAÇÃO
GR 001	S 29° 58' 06" W 51° 11' 42"	Foz do Gravataí, Porto Alegre.
GR 006	S 29° 57' 37" W 51° 08' 34"	Jusante da foz do arroio Areia, zona norte de POA.
GR 008	S 29° 57' 16" W 51° 07' 36"	Cachoeirinha, antiga captação, jusante da foz do arroio Brigadeiro.
GR 028	S 29° 57' 22" W 51° 00' 59"	Passo das Canoas, Gravataí.
GR 034	S 29° 57' 55" W 50° 56' 52"	Passos dos Negros, Gravataí
GR 055	S 29° 59' 21" W 50° 45' 37"	Saída do Banhado Grande, Glorinha.
GR 072 CL 000	S 29° 56' 10" W 50° 36' 05"	Arroio Chico Lomã , Sto. Antonio da Patrulha

(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]d)

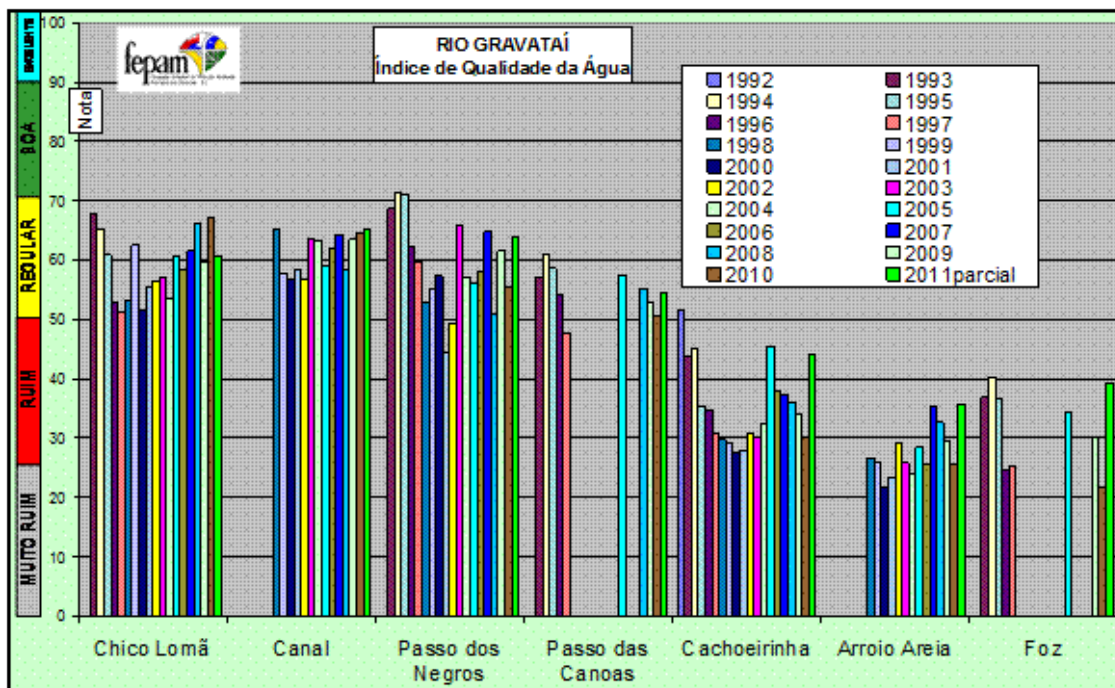
Os dados coletados no rio Gravataí demonstram que a qualidade das águas deteriorava ao longo do corpo d'água. Além disso, a entrada das cargas geradas nos centros urbanos é evidente, oriundas principalmente de Cachoeirinha, Gravataí, Alvorada, da zona norte de Porto Alegre e

da zona sul de Canoas. Da mesma forma, o trecho compreendido entre o arroio da Areia e a foz do Gravataí apresenta concentrações críticas de oxigênio dissolvido e é conhecido pela grande ocorrência de mortandade de peixes por asfixia (RIO GRANDE DO SUL, [2012]d).

No entanto, foram observadas melhorias na qualidade das águas no ponto de amostragem de Cachoeirinha, devido à operação de duas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) implantadas pela CORSAN em Gravataí (Parque dos Anjos) e em Cachoeirinha (ao lado da Freeway) (RIO GRANDE DO SUL, [2012]d).

A figura 9 indica o IQA de sete pontos de monitoramento do rio Gravataí, referente a dados coletados entre os anos 1992 e 2011. Primeiramente, observa-se que nenhum ponto de amostragem indica boa qualidade das águas. Ademais, o trecho final do rio apresenta diminuição da qualidade do corpo d'água atribuída pelo índice.

Figura 9 – IQA do Rio Gravataí



(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]d)

#### 4.1.2 Rio dos Sinos

O Rio dos Sinos é considerado um dos mais poluídos do Estado. A região inclui um importante parque industrial, onde se destacam os ramos coureiro-calçadista, petroquímico e metalúrgico.

Ademais, o rio dos Sinos levou à criação do primeiro comitê de gerenciamento de bacia hidrográfica do Brasil, e rios de domínio estadual (RIO GRANDE DO SUL, c2017a).

Os dados de monitoramento do rio dos Sinos encontrados neste trabalho compreendem o período de 1990 a 2011 e foram coletados pela Rede de Monitoramento da FEPAM, CORSAN e DMAE, que participaram da Rede Integrada de Monitoramento do Rio dos Sinos de 1990 a 1996. Em 2000, foi criada a Rede Integrada do Pró-Guaíba, também com a participação da FEPAM, CORSAN E DMAE (RIO GRANDE DO SUL, [2012]c).

A frequência de amostragem no rio dos Sinos é bimestral, desde 2005, e os pontos de monitoramento são apresentados no quadro 5.

Quadro 5 – Rede de Monitoramento do Rio dos Sinos

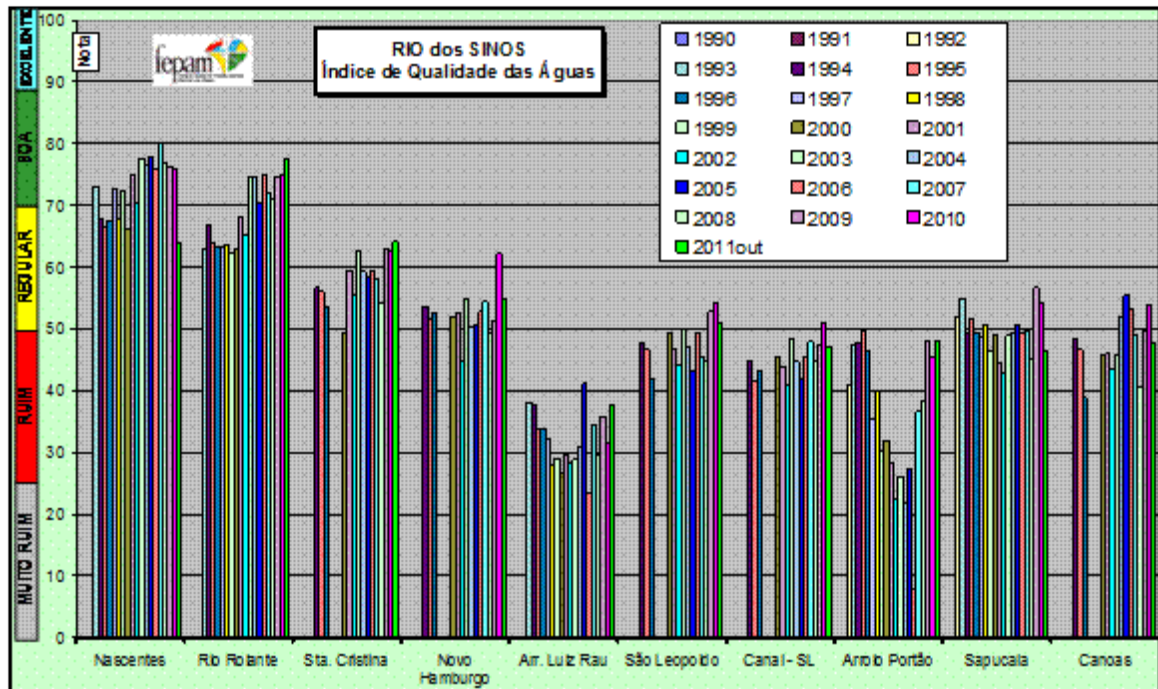
RIO DOS SINOS		
CÓDIGO	COORDENADAS	LOCALIZAÇÃO
SI 008	S 29° 52' 36" W 51° 14' 34"	Ponte Tabaí-Canoas, Canoas.
SI 028	S 29° 47' 53" W 51° 11' 24"	Balsa do Passo da Carioca, Sapucaia do Sul.
SI 036 PO 000	S 29° 46' 34" W 51° 11' 39"	Foz do arroio Portão, Portão
SI 038	S 29° 45' 50" W 51° 10' 36"	Canal João Corrêa, São Leopoldo
SI 044	S 29° 45' 24" W 51° 08' 16"	Captação do SEMAE - São Leopoldo.
SI 048 LR 000	S 29° 44' 21" W 51° 07' 22"	Arroio Luis Rau (Arroio Preto), NH
SI 056	S 29° 43' 50" W 51° 05' 00"	Captação da COMUSA, estrada da Lomba Grande, NH.
SI 096	S 29° 41' 05" W 50° 50' 52"	Santa Cristina, Parobé.
SI 121 RO 040	S 29° 34' 53" W 50° 28' 03"	Nascentes do Rio Rolante, Rolante
SI 188	S 29° 43' 26" W 50° 16' 46"	Nascente do Rio dos Sinos, Quebrada, em Caraá

(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]c)

O trecho superior do rio dos Sinos, compreendido entre as nascentes em Caraá e o município Campo Bom, apresenta boa oxigenação. A região possui baixa concentração populacional e atividade agrícola reduzida. No entanto, o trecho próximo à Região Metropolitana de Porto Alegre apresenta redução do oxigênio dissolvido. No local, são atingidos níveis críticos de

mortandade de peixes junto à foz do arroio Luiz Rau, em Novo Hamburgo, e na foz do arroio Portão, em Estância Velha e Portão. O trecho final do rio, entre Sapucaia e a foz dos Sinos, apresentam qualidade que varia entre Ruim e Regular, conforme a figura 10 (RIO GRANDE DO SUL, [2012]).

Figura 10 – IQA do Rio dos Sinos



(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]c)

### 4.1.3 Rio Caí

A principal fonte poluidora da bacia hidrográfica do rio Caí é o elevado volume de esgotos domésticos da região de Caxias do Sul. A diluição dos resíduos é dificultada devido ao relevo acidentado da região, que não é favorável ao acúmulo das águas pluviais. Dessa forma, a disponibilidade de água para as atividades agrícolas da região é prejudicada. Além dos efluentes domésticos e do Polo Petroquímico, o rio recebe a contribuição dos agrotóxicos utilizados na cultura do morango, no município de Feliz (RIO GRANDE DO SUL, c2017a).

Os dados de qualidade das águas utilizados foram coletados pela Rede de Monitoramento da FEPAM, em operação trimestral, e compreendem o período de 1992 a 2011. A partir de 2000, o monitoramento incluiu a participação de CORSAN e DMAE, através do programa Rede Integrada do Pró-Guaíba (RIO GRANDE DO SUL, [2012]b).

Os pontos de monitoramento da bacia hidrográfica do rio Caí são apresentados no quadro 6.

Quadro 6 – Rede de Monitoramento do Rio Caí

R I O C A Í		
CÓDIGO	COORDENADAS	LOCALIZAÇÃO
CA 018 BJ 000	S 29° 50' 06" W 51° 21' 58,8"	Foz do arroio Bom Jardim.
CA 070	S 29° 37' 48,6" W 51° 22' 45,5"	Foz do arroio Cadeia
CA 092	S 29° 30' 18,8" W 51° 21' 36,4"	Jusante da ponte da RS-122. Bom Princípio.
CA 136	S 29° 19' 31" W 51° 10' 50"	Foz do arroio Pinhal.
CA 210	S 29° 16' 29" W 50° 44' 17,7"	Passo do Inferno, Canela.
CA 245	S 29° 21' 46,5" W 50° 31' 16,8"	Rio Santa Cruz, montante das barragens, estrada para Bom Jesus

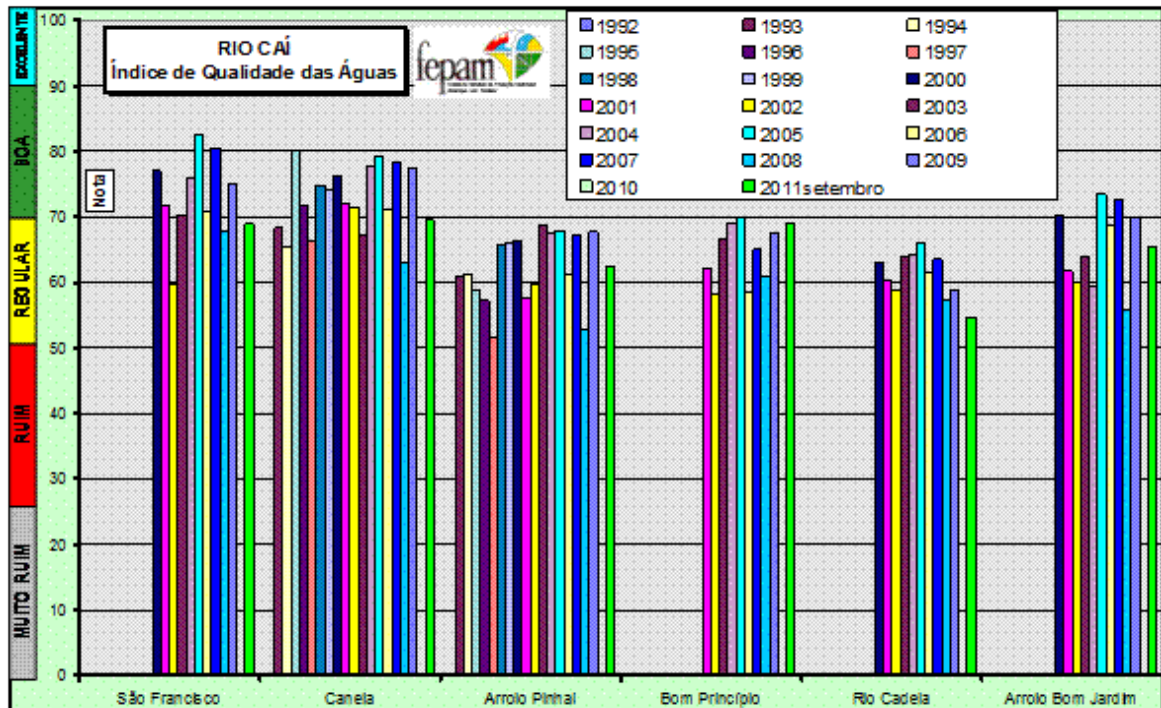
(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]b)

O trecho superior do rio Caí, entre os municípios São Francisco de Paula e Canela, apresenta boa qualidade das águas, conforme a classificação IQA adotada pela FEPAM. Os trechos seguintes apresentam qualidade razoável, conforme apresentado na figura 11.

O rio Caí apresenta boa qualidade das águas nos pontos de medição, porém alguns arroios drenam áreas poluídas causando reflexos negativos na foz destes arroios. Pode-se citar o arroio Feitoria que drena alguns curtumes dos municípios de Ivoti e Linolfo Collor, além do arroio Pinhal que drena a área sul de Caxias do Sul. Apesar das dificuldades impostas pela topografia da bacia, outras características como a ausência de grandes municípios próximos de suas margens, presença de corredeiras e baixas temperaturas, contribuem para a melhoria da qualidade das águas (RIO GRANDE DO SUL, [2012]b).



Figura 11 – IQA do Rio Caí



(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]b)

#### 4.1.4 Rio Jacuí

A bacia hidrográfica do rio Jacuí contribui com 85 % das águas do Lago Guaíba e é represado pelas barragens de Passo Real, Ernestina e Itaúba. Nas estiagens, que ocorrem verão, são verificados problemas de navegação e abastecimento, além disso alguns trechos possuem a vazão regulada pelas hidrelétricas. A economia da região é caracterizada pelo uso intensivo do solo para agricultura e pecuária (RIO GRANDE DO SUL, c2017a).

O monitoramento do rio Jacuí teve início em 2002, a partir o projeto Rede Integrada do Pró-Guaíba, com a participação da FEPAM, CORSAN e DMAE. As coletas e análises são realizadas pelo Departamento de Laboratório da FEPAM, após os dados são armazenados e interpretados pelo Departamento de Qualidade da FEPAM (RIO GRANDE DO SUL, [2012]e).

O monitoramento da bacia hidrográfica do rio Jacuí tem frequência trimestral e os pontos de amostragem são apresentados no quadro 7.

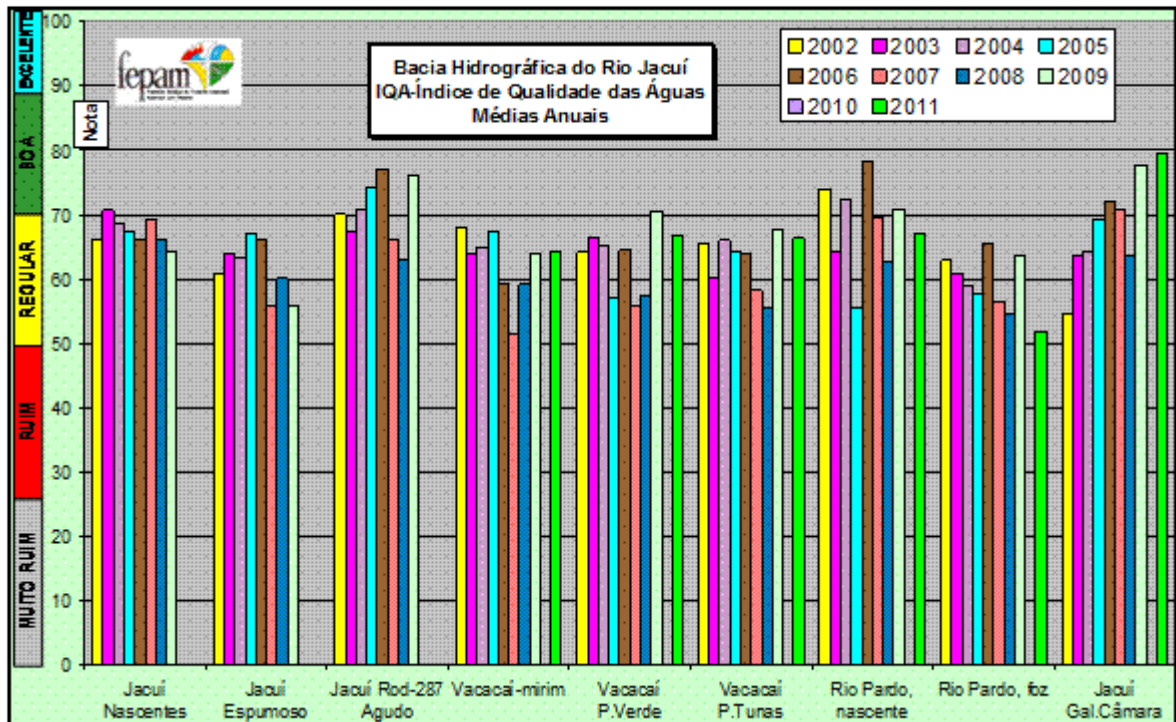
Quadro 7 – Rede de Monitoramento do Rio Jacuí

RIO JACUÍ		
CÓDIGO	COORDENADAS	LOCALIZAÇÃO
JA 061	S 29° 57' 14,0" W 51° 45' 48,3"	Montante da foz do rio Taquari
JA 144 PD 001	S 29° 59' 29,6" W 52° 23' 04,5"	Foz do rio Pardo.
JA144 PD117	S 29° 32' 34,3" W 52° 48' 56,4"	Trecho superior do rio Pardo, montante de Candelária
JA 277 VM 034	S 29° 48' 01,5" W 53° 22' 06,4"	Rio Vacacaí-mirim, Restinga Seca
JA 271 VC 049	S 29° 55' 25,9" W 53° 25' 06,3"	Foz do Vacacaí, no Passo das Tunas
JA 271 VC 091	S 29° 56' 12,8" W 53° 42' 40,5"	Rio Vacacaí, em Passo Verde
JA 333	S 29° 42' 25,5" W 53° 17' 05,6"	Rodovia RST-287
JA 557	S 28° 43' 12,6" W 52° 50' 58,6"	Espumoso
JA 703	S 28° 18' 42,9" W 52° 18' 25,1"	Nascentes, RS-324

(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]e)

A nascente do rio Jacuí não apresenta características típicas devido ao uso intenso do solo. Próximo ao local, há uso agrícola intensivo e uma rodovia federal com tráfego intenso de caminhões. No entanto, os pontos de amostragem nos rios Jacuí, Vacacaí, Vacacaí-mirim e Pardo apresentam qualidade de águas regular. Os trechos de Agudo e rio Pardo apresentam boa qualidade das águas (figura 12) (RIO GRANDE DO SUL, [2012]e).

Figura 12 – IQA do Rio Jacuí



(fonte: RIO GRANDE DO SUL, [2012]e)

## 4.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA

Porto Alegre possui atualmente seis estações de bombeamento de água bruta (EBAB) em conjunto com seis estações de tratamento de água (ETA), são elas:

- a) Moinhos de Vento;
- b) São João;
- c) Menino Deus;
- d) Belém Novo (Arado Velho);
- e) Ilha da Pintada;
- f) Tristeza.

Além disso, segundo o DMAE, o município conta com 87 estações de bombeamento de água tratada (EBAT) e 3 operadas em ETA's. A água tratada é armazenada em 10 tanques e distribuída por meio de 101 reservatórios por uma rede de água com aproximadamente 4.095 km de extensão. A distribuição da água tratada é feita por gravidade ou pelos sistemas de bombeamento das EBAT, que podem ser operadas manualmente, de forma automática ou por telemetria (PORTO ALEGRE, [2016]).

Através do Plano Municipal de Saneamento Básico (nov, 2013) - modalidade Abastecimento de Água e do Plano Diretor de Água (4ª edição, 2010), foram coletados dados referentes à distribuição, atendimento e quantidade da água para uso do município de Porto Alegre. Apesar de essas informações serem de fácil acesso, notícias relacionadas ao andamento das obras não são disponibilizadas com a mesma facilidade.

Em relação à qualidade da água, utilizaram-se dados do Departamento Municipal de Águas e Esgotos, que apresenta um amplo acervo de informações.

#### 4.2.1 Sistema Moinhos de Vento

O Sistema Moinhos de Vento (figura 13) não apresenta problemas em termos de produção de água tratada, necessitando apenas de obras de manutenção e melhorias, considerando que são instalações muito antigas. O atendimento está garantido para demandas atuais e futuras, levando em consideração também, o fato de ser o único sistema a apresentar taxas decrescentes de população. Apesar de o sistema possuir reservação adequada, os subsistemas Bordini e Bela Vista apresentam deficiência, necessitando ambos de melhorias (PORTO ALEGRE, 2013).

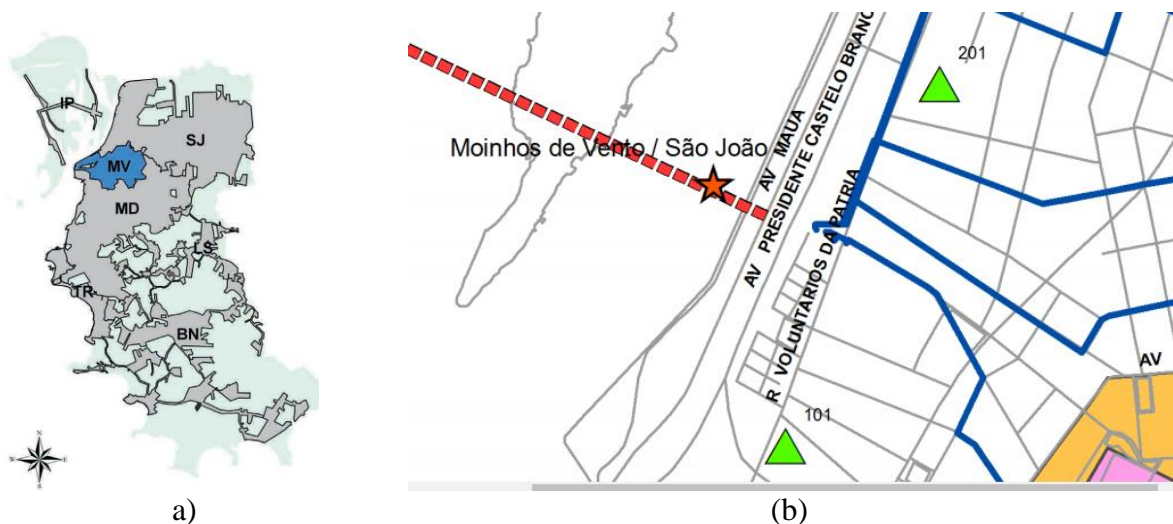


Figura 13 – a) Sistema Moinhos de Vento; b) Local de Captação do Sistema Moinhos de Vento (fonte: PORTO ALEGRE, 2010). O atual ponto de captação está exposto a uma série de riscos ambientais gerados pela expansão urbana no sentido Norte da cidade, através de inúmeros despejos lançados próximos à foz do Rio Gravataí, um dos mais contaminados do País. Dentre as principais medidas adotadas, está a instalação de um novo local para captação, porém dificilmente a obra terá início antes de 2018, devido à necessidade de estudos e licitação ainda

a serem aprovadas. Há uma estimativa de conclusão para o segundo semestre de 2020 (PORTO ALEGRE, 2013).

De acordo com o DMAE, em uma notícia vinculada ao jornal Zero-Hora, a obra do novo canal de captação, não deve ser finalizado em curto prazo. Visto que, devido a estudos e licitação, dificilmente a obra terá início antes de 2018, e estima-se a sua conclusão no segundo semestre de 2020 (VARGAS, 2016). Assim, o quadro 8 apresenta a relação de obras de melhorias e expansão previstas no sistema, com datas previstas para a conclusão das intervenções.

Quadro 8 – Obras e Datas Previstas

	<b>Obra Prevista</b>	<b>Data Prevista</b>
<b>Captação de Água Bruta</b>	- Novo canal de captação.	- 2016 até 2018.
<b>Estação de Tratamento de Água</b>	- Câmara de mistura na saída da ETA;	- 2020 até 2021;
	- Melhorias na interligação da água decantada com os filtros;	- 2014;
	- Sistema de destinação dos lodos para fins de tratamento;	- 2015 até 2016;
	- Reforma do reservatório de lavagem dos filtros.	- 2015.
<b>Subsistema e Extensão de Rede</b>	- Substituição de redes no Bairro Centro Histórico (1ª etapa e 2ª etapa);	- 2014 até 2016;
<b>Estudos</b>	- Estudos e avaliações para a correta delimitação dos sistemas Moinhos de Vento/São João/Menino Deus, propondo obras, se for necessário;	- Sem data.
	- Levantamento de áreas para aumento da reservação dos subsistemas Bordini e Bela Vista.	

(fonte: adaptado de PORTO ALEGRE, 2013)

De acordo com o Plano Diretor de Água (PORTO ALEGRE, 2010), o Sistema Moinhos de Vento oferece 100% de atendimento à população com abastecimento regular. Elaborou-se um resumo das principais características de produção e consumo de água do sistema, comparando-se os valores referentes aos anos de 2007 (PORTO ALEGRE, 2010) e 2012 (PORTO ALEGRE, 2013), conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Produção e Consumo de Água Sistema Moinhos de Ventos

ITEM	VALOR
LOCAL DE CAPTAÇÃO	Lago Guaíba
DADOS (2007)	
PRODUÇÃO (L/s)	1255
CONSUMO (L/s)	765
PERDAS (%)	39,04
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	666
DADOS (2012)	
PRODUÇÃO (L/s)	1237
CONSUMO (L/s)	683
PERDAS (%)	44,75
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	625

(fonte: elaborado pelo autor)

Em relação à qualidade da água, o decreto n.5.440, de 4 de maio de 2005 (BRASIL, 2005c), estabeleceu a necessidade de um relatório mensal para cada sistema de abastecimento. Esse relatório é facilmente encontrado na página eletrônica do DMAE.

No período de maio a agosto de 2016, onde houve reclamações em relação ao gosto e odor na água tratada de Porto Alegre. A análise dos parâmetros físicos e químicos de qualidade da água indicou alterações no período, principalmente quanto ao cloro residual livre e recombinação (tabela 2). Um diagnóstico foi disponibilizado pelo próprio DMAE explicando o ocorrido (PORTO ALEGRE, 2016).

Tabela 2 - Valores Médios do Sistema Moinhos de Vento 2016

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jun	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Limites	Unidades
Coliformes Totais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausência em 100mL	-
Cloro Res. Livre	0,9	0,7	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,5	0,8	1,0	0,8	0,8	Mín. 0,2	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Cloro Res. Combinado	0,6	0,9	0,7	0,6	0,8	2,0	2,2	1,3	0,9	1,0	0,8	0,7	Mín. 2,0	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Turbidez	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	Máx. 5,0	UT
pH	6,2	6,1	6,3	6,2	6,2	6,3	6,3	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3	De 6,0 a 9,5	-
Cor Aparente	1	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	Máx. 15	Mg Pt-Co/L

(fonte: PORTO ALEGRE, 2016)

#### 4.2.2 Sistema São João

Considerando que a captação de água bruta do Sistema São João (figura 14) é feita em conjunto com o Sistema Moinhos de Vento, as considerações apresentadas anteriormente em relação ao novo canal de captação também se aplicam. O sistema não apresenta problemas em termos de capacidade de água tratada. No entanto, alguns subsistemas apresentam deficiências e são necessárias melhorias, estações de bombeamento necessitam de ampliação e a implantação de adutoras de reforço, assim como, um novo reservatório em Pedreira e Ary Tarragô (PORTO ALEGRE, 2013).

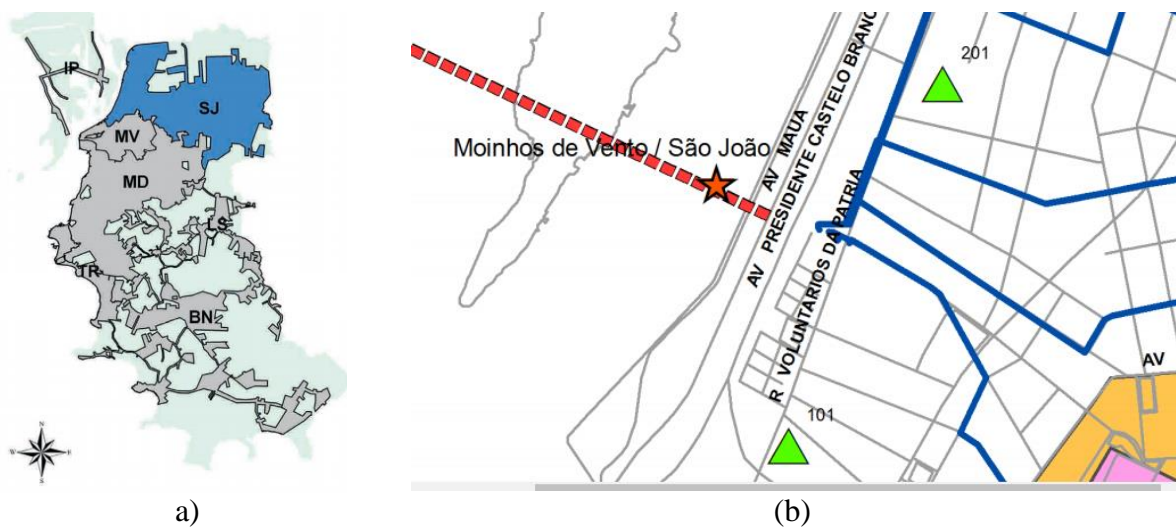


Figura 14 – a) Sistema São João; b) Local de Captação do Sistema São João (fonte: PORTO ALEGRE, 2010). A maior exigência de obras é em relação à distribuição de água do sistema, com o objetivo de melhorar as condições de abastecimento e possibilitar a separação entre os sistemas São João e Moinhos de Vento (anexo A), debilitado devido ao crescimento de um elevado número de comunidades de baixa renda e novos empreendimentos. Além disso, o sistema apresenta comunidades em área de preservação e de ocupação irregular, que são abastecidas por caminhões-pipa (PORTO ALEGRE, 2013).

A Vila Laranjeiras e a Vila Nova Tijuca, atualmente, são abastecidas por caminhões-pipa. Estas comunidades ocupam áreas de preservação. Caso seja autorizado, pelo órgão ambiental, o abastecimento destas comunidades poderá ser fornecido pela rede, a partir de obras de infraestrutura (PORTO ALEGRE, 2013).

A Vila Santo André recebe água através de três reservatórios que são abastecidos por caminhões-pipa. Trata-se de uma ocupação irregular que será atendida através do Programa

Consumo Responsável. Um resumo das principais características de produção e consumo de água do sistema, comparando-se os valores referentes aos anos de 2007 (PORTO ALEGRE, 2010) e 2012 (PORTO ALEGRE, 2013), é apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Produção e Consumo de Água São João

ITEM	VALOR
LOCAL DE CAPTAÇÃO	Lago Guaíba
DADOS (2007)	
PRODUÇÃO (L/s)	1602
CONSUMO (L/s)	1132
PERDAS (%)	29,34
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	295
DADOS (2012)	
PRODUÇÃO (L/s)	1732
CONSUMO (L/s)	1210
PERDAS (%)	30,13
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	326

(fonte: elaborado pelo autor)

Em relação à qualidade da água, assim como no sistema Moinhos de Vento, houve reclamações em relação ao gosto e odor na água tratada no período de maio a agosto de 2016 (anexo B), sendo problema percebido primeiramente no Sistema São João (PORTO ALEGRE, 2016).

### 4.2.3 Sistema Menino Deus

Serão realizados estudos pelo DMAE para verificação e quantificação das ampliações necessárias a todo o Sistema Menino Deus (figura 15). Algumas obras referentes a ampliações nas unidades de tratamento existentes, tais como filtros e decantadores, já foram programadas, assim como a análise das unidades de captação e condução de água bruta (PORTO ALEGRE, 2013).



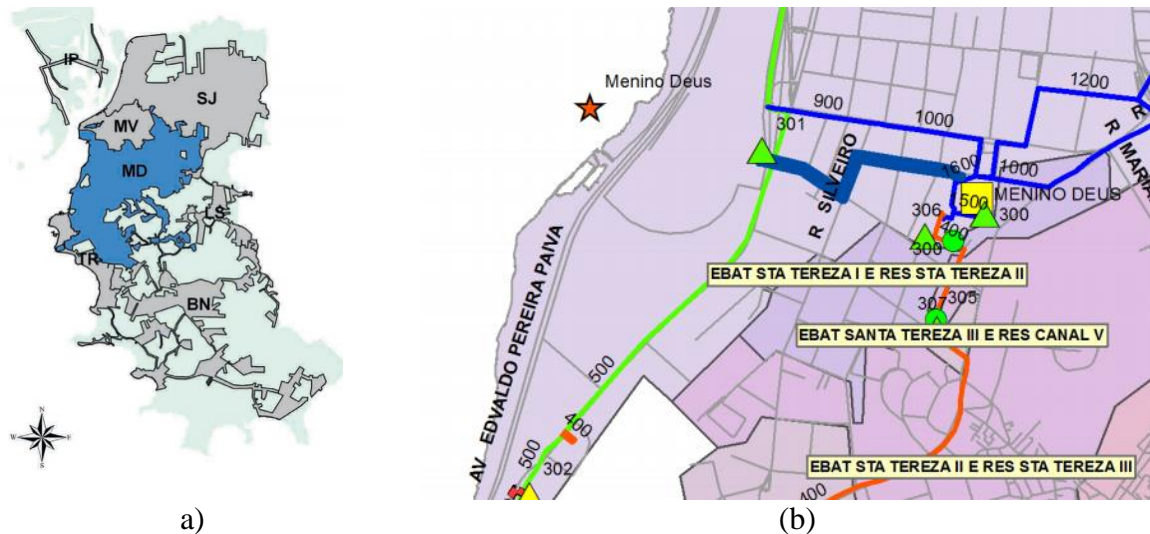


Figura 15 – a) Sistema Menino Deus; b) Local de Captação do Sistema Menino Deus (fonte: PORTO ALEGRE, 2010). O volume de reservação existente, na sua totalidade, está adequado às demandas atuais e futuras. Individualmente alguns subsistemas apresentam déficit, e desta forma foram sugeridas novas unidades de reservação (anexo A).

Algumas unidades de bombeamento também deverão ser ampliadas, que requer obras para atendimento das regiões que estão se desenvolvendo nas áreas do entorno do Barra Shopping Sul, de forma a definir o limite entre os sistemas Menino Deus e Tristeza (PORTO ALEGRE, 2013).

Além disso, estão previstas obras de ampliação do conjunto de subsistemas Belém Velho, responsável pelo abastecimento de áreas com forte potencial de ocupação urbana e crescimento demográfico (PORTO ALEGRE, 2013).

O Sistema Menino Deus dispõe de poucas áreas sem abastecimento regular. Atualmente, na Av. Amir Domingues, próximo à Estrada da Embratel, há cerca de 33 economias em áreas de risco, que são abastecidas por caminhões-pipa. Para atendimento desta comunidade são necessárias obras de infraestrutura (implantação de bombeamento) (PORTO ALEGRE, 2013).

Também, parte das vilas Altos da Boa Vista e Altos da Colina do Prado ocupam áreas irregulares e estão acima das cotas hoje abastecidas. Os moradores utilizam-se de bombeamentos clandestinos a partir da rede regular existente para fornecimento de água. No caso de regularização destas áreas, haverá necessidade de implantação de bombeamento. Existem no total 575 economias atendidas pelo Programa Consumo Responsável (PORTO ALEGRE, 2013).

Um resumo das principais características de produção e consumo de água do sistema, comparando-se os valores referentes aos anos de 2007 (PORTO ALEGRE, 2010) e 2012 (PORTO ALEGRE, 2013), é apresentado na tabela 4.

Tabela 4 – Produção e Consumo de Água Menino Deus

ITEM	VALOR
LOCAL DE CAPTAÇÃO	Lago Guaíba
DADOS (2007)	
PRODUÇÃO (L/s)	2012
CONSUMO (L/s)	1320
PERDAS (%)	34,00
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	307
DADOS (2012)	
PRODUÇÃO (L/s)	2224
CONSUMO (L/s)	1326
PERDAS (%)	40,37
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	357

(fonte: elaborado pelo autor)

Em relação à qualidade da água, assim como no sistema Moinhos de Vento e no sistema São João, houve reclamações no sistema Menino Deus em relação ao gosto e odor na água tratada no período de maio a agosto de 2016 (anexo B) (PORTO ALEGRE, 2016).

#### 4.2.4 Sistema Belém Novo

O conjunto de obras mais importantes inclui a criação de um novo sistema de abastecimento, com a implantação de uma nova ETA no Loteamento Arado Velho em Belém Novo, que juntamente com o Sistema Belém Novo (figura 16) existente deverá comportar o aumento de demanda da região. Além disso, o Sistema Belém Novo foi recentemente atualizado com a interligação do sistema abastecido anteriormente pelo Sistema Lomba do Sabão (PORTO ALEGRE, 2015).

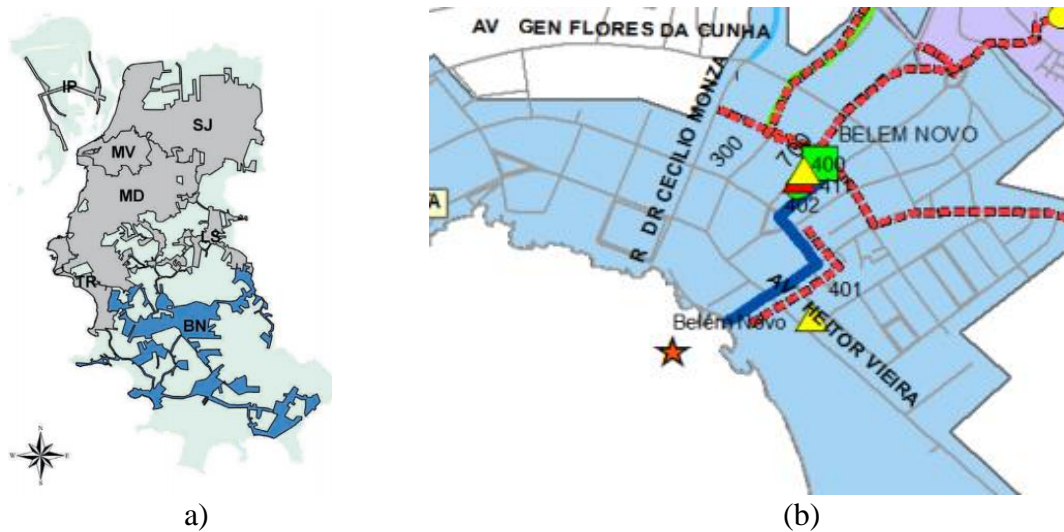


Figura 16 – a) Sistema Belém Novo; b) Local de Captação do Sistema Belém Novo (fonte: PORTO ALEGRE, 2010).

Segundo apresentado no PMSB de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 2013, p.163):

"[...] Dos seis sistemas de abastecimento, o Sistema Belém Novo é o que requer maiores investimentos em infraestrutura. Sua área de abrangência vem aumentando nos últimos anos, acompanhando o crescimento da cidade no sentido da Zona Sul do Município, onde os estudos populacionais apontam elevados índices de crescimento em conjunto com o elevado número de novos empreendimentos em implantação nestas áreas. Alia-se a este fato, a incorporação do antigo Sistema Lomba do Sabão, também em franco crescimento".

Além do conjunto de obras para implantação do novo sistema Ponta do Arado, estão previstas algumas obras de melhorias e ampliação do sistema existente e atualmente em operação (anexo A) (PORTO ALEGRE, 2013).

No Sistema Belém Novo existem ainda locais sem rede de abastecimento de água, inseridos em áreas de ocupação com características rurais. Caracterizado pela crescente implantação de novos loteamentos e condomínios, é a área com maior previsão de crescimento da cidade de Porto Alegre. Em torno de 1500 economias são atendidas pelo Programa Consumo Responsável (PORTO ALEGRE, 2013).

Um resumo das principais características de produção e consumo de água do sistema, comparando-se os valores referentes aos anos de 2007 (PORTO ALEGRE, 2010) e 2012 (PORTO ALEGRE, 2013), é apresentado na tabela 5.

Tabela 5 – Produção e Consumo de Água Belém Novo

ITEM	VALOR
LOCAL DE CAPTAÇÃO	Lago Guaíba
DADOS (2007)	
PRODUÇÃO (L/s)	429
CONSUMO (L/s)	216
PERDAS * (%)	49,65
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	263
DADOS (2012)	
PRODUÇÃO (L/s)	549
CONSUMO (L/s)	306
PERDAS * (%)	44,25
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	309

(fonte: elaborado pelo autor)

De acordo com o DMAE, diariamente são realizadas cerca de quatro mil análises, a partir de 500 amostras de água coletadas desde a captação até as ligações domiciliares, com o objetivo de garantir a qualidade da água distribuída em Porto Alegre. No ano de 2016, não foram encontrados quaisquer problemas relacionados à qualidade da água no Sistema Belém Novo (anexo B) (PORTO ALEGRE, 2016).

#### 4.2.5 Sistema Ilha da Pintada

Considerando-se que o Sistema Ilha da Pintada (figura 17) está inserido em área de preservação, espera-se que o crescimento nestas áreas seja controlado pelos órgãos que administram o Parque Delta do Jacuí.

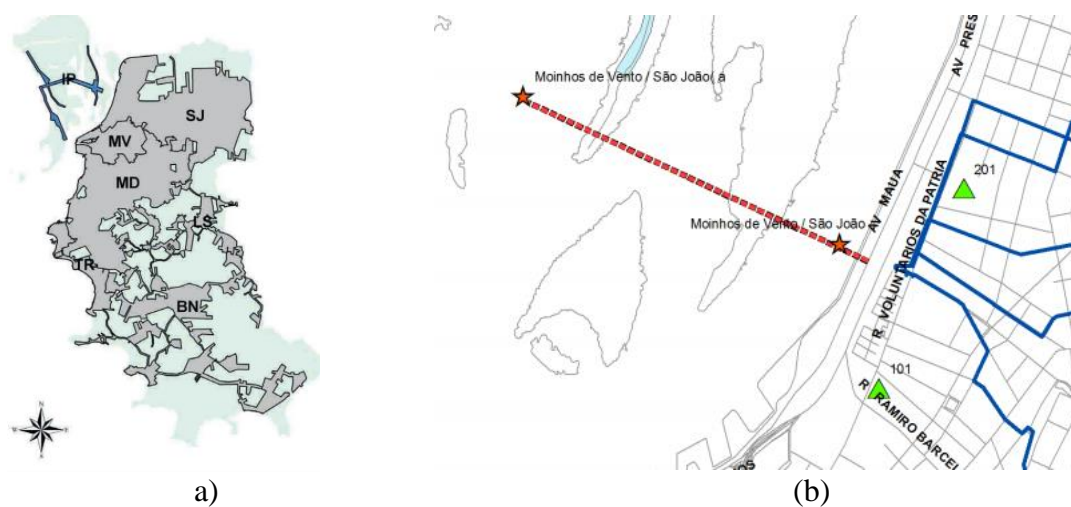


Figura 17 – a) Sistema Ilha da Pintada; b) Local de Captação do Sistema Ilha da Pintada (fonte: PORTO ALEGRE, 2010).

Apesar da conclusão de algumas obras para ampliação da estação de tratamento em 2009, novas intervenções e obras na ETA serão necessárias, para adequar e qualificar o tratamento. Como investimentos importantes no Sistema, estão obras na Estação de Tratamento e um novo reservatório (anexo A) (PORTO ALEGRE, 2013). Todas as economias que foram autorizadas através do licenciamento ambiental estão sendo abastecidas, porém existem algumas casas que ocupam irregularmente áreas de parque e por esta razão o órgão ambiental não autorizou a implantação de redes neste trecho (PORTO ALEGRE, 2013). Segundo é informado no PMSB de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 2013, p.130):

"[...] as casas que estão ocupando a área de domínio da BR 116/290 estão sendo abastecidas através do Programa Consumo Responsável, pois a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que administra a rodovia, não autorizou o abastecimento de forma definitiva. Estas economias deverão ser reassentadas".

A capacidade instalada no sistema tem condições de atender este acréscimo de demanda caso haja autorização para o abastecimento destas comunidades (PORTO ALEGRE, 2013).

Um resumo das principais características de produção e consumo de água do sistema, comparando-se os valores referentes aos anos de 2007 (PORTO ALEGRE, 2010) e 2012 (PORTO ALEGRE, 2013), é apresentado na tabela 6.

Tabela 6 – Produção e Consumo de Água Sistema Ilha da Pintada

ITEM	VALOR
LOCAL DE CAPTAÇÃO	Lago Guaíba
DADOS (2007)	
PRODUÇÃO (L/s)	30
CONSUMO (L/s)	21
PERDAS * (%)	30,00
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	321
DADOS (2012)	
PRODUÇÃO (L/s)	41
CONSUMO (L/s)	26
PERDAS * (%)	37,22
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	420

(fonte: elaborado pelo autor)

Não foi relatado problema relacionado à qualidade da água no ano de 2016 (anexo B) (PORTO ALEGRE, 2016).

#### 4.2.6 Sistema Tristeza

A Estação de Tratamento Tristeza do Sistema Tristeza (figura 18) tem condições de atender as demandas futuras, apesar de alguns subsistemas apresentarem deficiência de reservação.

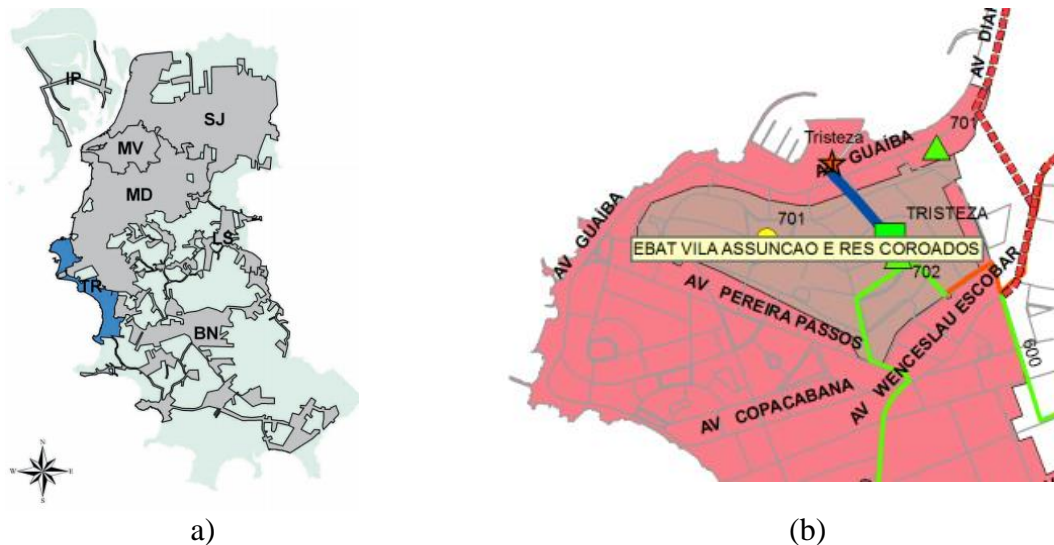


Figura 18 – a) Sistema Tristeza; b) Local de Captação do Sistema Tristeza (fonte: PORTO ALEGRE, 2010). Como obras importantes destacam-se a substituição da adutora de sucção da EBAT Balneários e a ampliação do Reservatório Moema (anexo A) (PORTO ALEGRE, 2013). O Sistema Tristeza não dispõe de áreas desabastecidas (PORTO ALEGRE, 2013). Um resumo das principais características de produção e consumo de água do sistema, comparando-se os valores referentes aos anos de 2007 (PORTO ALEGRE, 2010) e 2012 (PORTO ALEGRE, 2013), é apresentado na tabela 7.

Tabela 7 – Produção e Consumo de Água Sistema Tristeza

ITEM	VALOR
LOCAL DE CAPTAÇÃO	Lago Guaíba
DADOS (2007)	
PRODUÇÃO (L/s)	222
CONSUMO (L/s)	135
PERDAS * (%)	39,19
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	427
DADOS (2012)	
PRODUÇÃO (L/s)	270
CONSUMO (L/s)	130
PERDAS * (%)	51,65
PERCAPITA (L/hab.dia c/perdas)	520

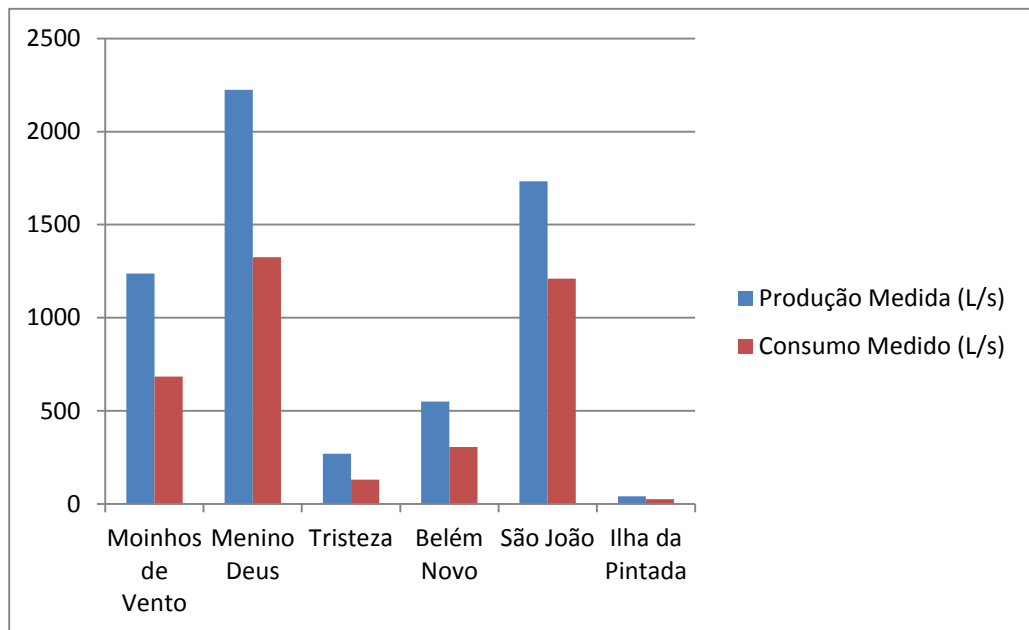
(fonte: elaborado pelo autor)

Não verificou problema relacionado à qualidade da água no ano de 2016 (Anexo B) (PORTO ALEGRE, 2016).

#### 4.2.7 Todos os Sistemas

Considerou-se que o serviço de abastecimento de água da cidade de Porto Alegre está universalizado, na medida em que toda a comunidade é atendida, seja através das redes distribuidoras existentes (em quase 100% da cidade), seja através do Programa Consumo Responsável, ou ainda, através de caminhões-pipas. Por outro lado, as perdas no processo todo de distribuição da água constituem o maior problema enfrentado no abastecimento pelo município (PORTO ALEGRE, 2013). A figura 19 apresenta a comparação entre os seis sistemas de abastecimento de Porto Alegre, em relação à produção e ao consumo de cada região.

Figura 19 – Produção e Consumo Medidos de Todos os Sistemas de 2012



(fonte: elaborado pelo autor)

### 4.3 SISTEMA DE PROTEÇÃO E ALERTA CONTRA EVENTOS CRÍTICOS

Segundo Rauber (1992), após a inundação de 1941 em Porto Alegre, foram sugeridas e avaliadas algumas hipóteses para evitar a repetição do ocorrido.

Diversas soluções foram propostas, entre elas: o aumento da seção de vazão do Lago Guaíba, a contenção das ondas de cheia através de reservatórios e a construção de um canal de 80 km conectando Porto Alegre ao Oceano Atlântico. No entanto, a solução adotada foi mais simples e menos onerosa com a construção de diques e um muro circundando a região alagável (RAUBER, 1992).

Assim como o problema de inundações, os riscos da Segurança Hídrica de uma região incluem problemas de alagamento, bem como problemas de lançamentos inesperados de poluentes. Em Porto Alegre, o Plano Diretor de Drenagem Urbana busca solucionar a problemática relacionada à drenagem urbana do município, porém não foi encontrado um sistema de alerta e proteção contra contaminação do Lago Guaíba.

Dessa forma, neste capítulo, foi apresentado o diagnóstico do sistema de proteção contra inundações e alagamentos de Porto Alegre.

#### 4.3.1 Sistema de Proteção contra Inundações

Com o objetivo de proteger as regiões urbanizadas e com previsão de urbanização sujeitas à inundação, o sistema consiste em impedir a entrada das águas do Rio Gravataí, na região Norte de Porto Alegre e do Lago Guaíba, nas regiões centro e Sul de Porto Alegre.

A proteção das regiões inundáveis é feita através da formação de pôlderes (terrenos planos e alagáveis), protegidos por diques (barragem para conter invasão de água de rio), comportas e Casas de Bombas. O projeto, de responsabilidade do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), tomou a enchente em Porto Alegre de 1941 como referência (RAUBER, 1992).

O projeto proposto por Rauber (1992) incluiu a extensão do sistema ao longo das margens dos principais arroios, através de diques internos. O conjunto de diques totaliza uma extensão de 68km.



O Sistema de Proteção Contra Inundações de Porto Alegre inclui diques internos dispostos ao longo das margens dos principais arroios, para impedir a entrada das águas excedentes, que são:

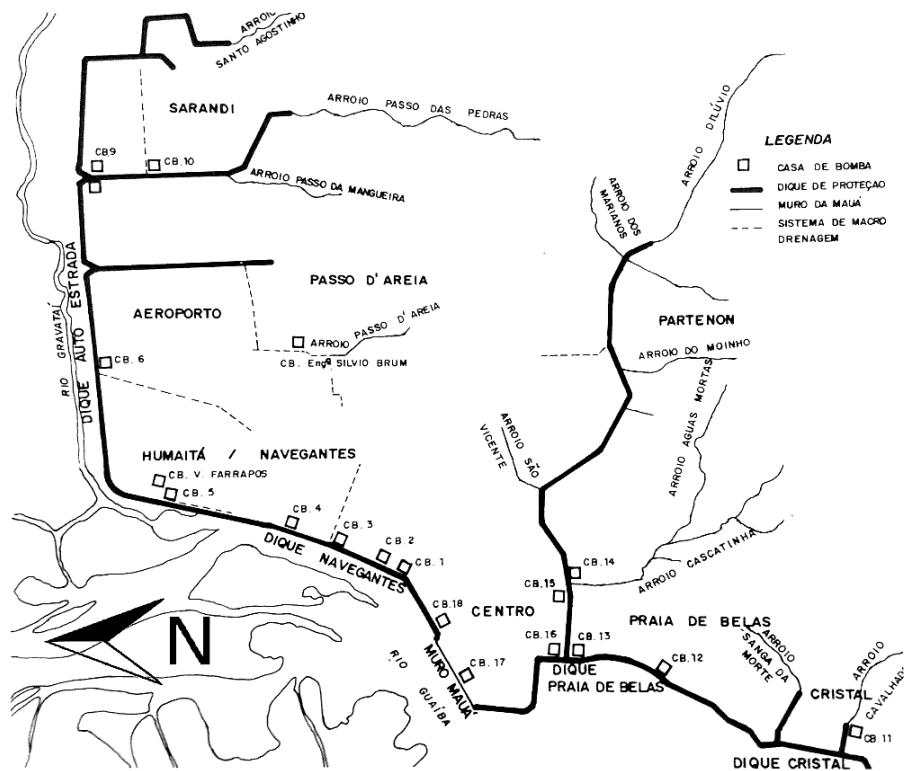
- a) Dique Santo Agostinho/Assis Brasil;
- b) Dique Sarandi;
- c) Dique Montante;
- d) Dique Arroio Dilúvio;
- e) Dique Sanga da Morte;
- f) Dique Cavahada.

Assim como os diques externos são apresentados (figura 20) no sentido norte-sul, iniciando na confluência da Av. Assis Brasil com a Freeway, estendendo-se até o Morro da Assunção e são:

- a) Dique Freeway;
- b) Dique Navegantes;
- c) Dique Praia de Belas;
- d) Dique Cristal.

Considerando a continuidade do circuito de proteção (diques externos), existe uma lacuna entre os diques Navegantes e Praia de Belas (figura 20). Nesta região, é encontrada a maior densidade de ocupação do solo, com intensas atividades públicas, comerciais, de lazer e moradias. No local, também ocorre o maior estreitamento do Lago Guaíba. Assim, o sistema de proteção contra cheias é completo por uma "Cortina de Proteção", conhecida como Muro da Mauá (RAUBER, 1992).

Figura 20 – Sistema de Proteção contra Cheias



(fonte: adaptado de RAUBER, 1992)

Segundo Tucci (1999), o controle de inundação é um processo que sempre visa a minimizar seus impactos e que geralmente a ocupação inadequada do espaço é a principal causa deste problema.

No período de 1968 a 1998 não ocorreram enchentes importantes, apenas uma com tempo de retorno de 10 anos. Desta forma, gerou na população uma sensação de segurança, o que resultou no questionamento da existência do Muro da Mauá. A sua integração com a cidade é um problema não solucionado, o que levou a parte considerável da população a solicitar a sua derrubada (TUCCI, 1999).

Tucci (1999) procurou demonstrar que os riscos existentes em 1941 continuam os mesmos. Segundo o autor, a ocorrência de níveis menores é um fator climático, ou seja, ocorreram anos seguidos com menor precipitação e, portanto, com cheias menores. No entanto, em qualquer ano poderão ocorrer enchentes superiores aos dos últimos anos e mesmo um evento semelhante ao de 1941 ou maior, embora sua probabilidade seja pequena. O tempo de recorrência estimado para a cheia de 1941 de Porto Alegre foi de 370 anos, conforme apresentado na tabela 8.

Tabela 8 – Comparativo de Cheias em Porto Alegre

Ano da enchente	Cota (altura das águas em relação ao nível do mar)	Tempo de Recorrência
1824	Cota desconhecida	Sem registro
1833	Cota desconhecida	Sem registro
1873	Cota de 3,50 metros	38 anos
1914	Cota de 2,60 metros	5,5 anos
1928	Cota de 3,20 metros	19 anos
1936	Cota de 3,22 metros	20 anos
1941	Cota de 4,75 metros	370 anos
1967	Cota de 3,13 metros	18 anos
1973	Forte chuvas causam preocupação	Sem registro
1983	Alerta e monitoramento, cota de 2,32 metros	3,8 anos
2001	Alerta e monitoramento, cota de 2,40 metros	4,5 anos
2015	Cota de 2,83 metros	Sem registro

(fonte: adaptado de PORTO ALEGRE, [2017]a)

Enfim, para que as águas pluviais e os esgotos passem pelo sistema de proteção contra inundações e consigam adentrar os rios, especialmente quando o nível destes está elevado, é necessário um sistema de bombeamento. O sistema de Porto Alegre é composto por 19 Casas de Bombas, cujas localizações são apresentadas no mapa da figura 20, sendo que duas - CB Farrapos e CB Sílvio Brum – possuem funções exclusivas de drenagem urbana (PORTO ALEGRE, [2017]b).

Segundo o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) (PORTO ALEGRE, [2017]b, não paginado):

[..] As Casas de Bombas somam um total de 83 bombas capazes de movimentar 159 mil litros por segundo. Este sistema possibilita que a água da chuva vinda de redes de esgotos e canais seja drenada para o rio. Todo este complexo evita o retorno das águas para as redes e, conseqüentemente, o transbordamento de canais, bocas-de-lobo e poços-de-visita, espalhados pelas vias e passeios da cidade. Todos os anos, as Casas de Bombas que apresentam necessidade passam por reformas, a fim de que a sua operação seja eficaz, especialmente em dias de chuvas intensas.

Desde início de 2006, a prefeitura municipal de Porto Alegre investiu na recuperação e reforma das diversas casas de bombas, cujos endereços e áreas de proteção são apresentados no quadro 9:

Quadro 9 - Lista das Casas de Bombas

Casas de Bombas	Endereço	Área Protegida	Seção Responsável Operação
1	Av. Castelo Branco (próximo à Rodoviária)	Rua da Conceição até Av. Ramiro Barcelos	Centro
2	Av. Castelo Branco (prolongamento Cândia Gomes)	Rua Hoffmann até Av. São Pedro	Centro
3	Av. Castelo Branco (junto à Av. São Pedro)	Av. São Pedro até a Av. Brasil	Norte
4	Av. Castelo Branco (junto à ponte, acesso da Av. Sertório)	Av. Brasil até a Av. Sertório	Norte
5	Auto-estrada -BR 101 (junto à Vila Farrapos)	Parque Humaitá, Vila Farrapos	Norte
6	BR 116 (embaixo do viaduto da Free-way)	Bairro Anchieta, incluindo o Aeroporto	Norte
9	BR 101 (próximo à Av. Assis Brasil, junto ao Dique Sarandi)	Várzea do Sarandi	Norte
10	Margem direita do Arroio Sarandi (junto ao dique) - Vila Nova Brasília	Vilas Elizabeth, União e Nova Brasília	Norte
11	Av. Icaraí (junto à margem esquerda do Arroio Cavalhada)	Hipódromo e Vila Hípica	Sul
12	Av. Baira-Rio (fundos ao Estádio Beira-Rio)	Av. Padre Cacique	Leste
13	Av. Baira-Rio (junto ao Parque Marinha do Braisl)	Menino Deus	Leste
14	Av. Ipiranga (esquina com a Rua Zero Hora)	Azenha	Leste
15	Av. Ipiranga (próximo ao Centro Municipal de Cultura)	Av. Ipiranga, entre a Getúlio Vargas e Érico Veríssimo	Centro
16	Av. Beira-Rio (fundos do Foro, próximo ao Parque da Harmonia)	Cidade Baixa	Centro
17	Av. Siqueira Campos esquina com Rua Bento Martins	Centro, entre Gasômetro e Rua Uruguai	Centro
18	Av. Mauá esquina Carlos Chagas	Centro, entre a Av. Borges de Medeiros e Rua da conceição	Centro
CB Vila Farrapos	Rua Frederico Mentz esquina Rua L	Vila Farrapos	Norte
CB Eng.Sílvio Brum	Av. Sertório, 3424 esquina Av. Rio São Gonçalo	Santa Maria Goretti e Vila Sesi	Norte
CB Santa Terezinha	Av. Ipiranga esquina rua Jacinto Gomes	Santana	Leste

(fonte: PORTO ALEGRE, [2017]a)

A partir do levantamento indireto de dados realizado neste trabalho, verificou-se que Porto Alegre possui um programa de alerta de cheias desenvolvido pelo Centro Integrado de Comando da Cidade de Porto Alegre (CEIC). O sistema, conhecido como Metroclima, realiza o monitoramento contínuo das condições meteorológicas da cidade, bem como dos níveis do Lago Guaíba, e busca auxiliar a Prefeitura Municipal na tomada de decisões relacionadas a eventos críticos.

Recentemente, verificou-se atividade do sistema quando identificou a situação de alerta da cheia que atingiu o Lago Guaíba no dia 1 de junho de 2017, que atingiu a cota de 2,10 m no Cais Mauá. No entanto, a cidade não conta com um sistema de previsão de cheias capaz de identificar eventos críticos com maior antecedência (WEBER, 2017).

Embora um sistema de alerta possa contribuir para a segurança da população nas áreas atingidas por grandes eventos, é necessária a implantação de um sistema de previsão de cheias. A previsão de eventos críticos com certa antecedência (curto, médio ou longo prazo) pode contribuir com o tempo necessário à tomada de decisões por parte das autoridades responsáveis pelas ações de segurança durante as cheias, como a remoção da população em áreas com risco de inundação. Segundo Meller (2012), os sistemas de previsão e alertas antecipados são alguns dos principais componentes na prevenção dos impactos causados pelas cheias. Dessa forma, é importante que os sistemas de alerta e de previsão atuem em conjunto de forma a contribuir para a Segurança Hídrica em eventos críticos.

### **4.3.2 Sistema Drenagem Urbana**

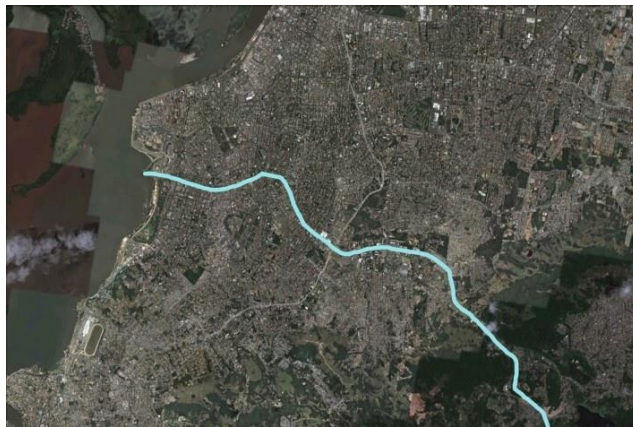
Em junho de 2009, a prefeitura promoveu o início dos estudos do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre (PDDrU), que fornece diretrizes técnicas e ambientais para a solução dos problemas de drenagem, estudando as 27 bacias hidrográficas do município. Hoje apenas cinco destas bacias são descritas e avaliadas em conceitos técnicos (PORTO ALEGRE, 2015).

O desenvolvimento urbano pode aumentar as vazões naturais em até sete vezes, devido à impermeabilização do solo e à canalização do escoamento superficial. Dessa forma, a frequência das inundações aumenta, acarretando prejuízos às populações. Além da quantidade de alagamentos, o desenvolvimento urbano tem impacto sobre a qualidade da água dos corpos hídricos, pois gera resíduos sólidos (sedimento e lixo) e poluentes resultantes da lavagem das superfícies de telhados, passeios e vias públicas, levados com a chuva para as redes de drenagem (PORTO ALEGRE, 2015a).

Dessa forma, os estudos para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre visam apontar soluções de planejamento da drenagem urbana que evitem e/ou minimizem o aumento das enchentes e os impactos sobre a qualidade da água. O Plano Diretor de Drenagem Urbana vai beneficiar toda a população de Porto Alegre e teria o prazo de dois anos para conclusão, porém ainda não está concluído (PORTO ALEGRE, 2015a).

A microbacia do Dilúvio tem cerca de 80 km<sup>2</sup>, 81% pertencentes à cidade de Porto Alegre. A extensão canalizada do Arroio Dilúvio é de aproximadamente 12 km e existem atualmente 17 pontes e cinco travessias para pedestres (figura 21). Devido à grande quantidade de materiais despejados por seus afluentes, o Dilúvio necessita ser dragado com maior periodicidade do que os demais arroios. Por este motivo a dragagem do Arroio Dilúvio é um programa independente.

Figura 21 – Mapa Arroio Dilúvio

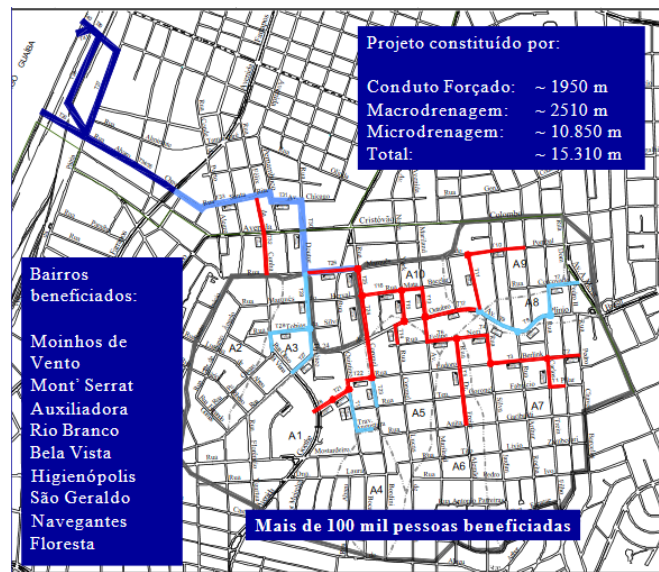


(fonte: MAHFUZ, 2011)

No município vizinho, Viamão, existe a barragem Lomba do Sabão que apresenta risco de inundação à cidade de Porto Alegre em caso de rompimento.

Com o objetivo de controlar alagamentos em pontos críticos de nove bairros do município e na Avenida Goethe, a maior obra de drenagem urbana de Porto Alegre, o conduto Álvaro Chaves, foi construída em 3 anos e entregue à cidade em 18 de março de 2008. Foram implantados 15 mil metros de redes pluviais em 35 ruas de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, [2017]d) conforme o mapa apresentado na figura 22.

Figura 22 – Mapa Conduto Álvaro Chaves



(fonte: PORTO ALEGRE, [2017]e)

Segundo Rauber (1992), as ruas pavimentadas devem possuir uma rede pluvial para a retirada das águas da chuva, enquanto ruas não pavimentadas devem preservar as suas sarjetas em bom estado. O escoamento sobre ruas pavimentadas é coletado através das bocas-de-lobo ou grelhas, que são aberturas junto ao meio-fio, e também através de grades e poço-de-visita colocados horizontalmente sobre passeios e pistas.

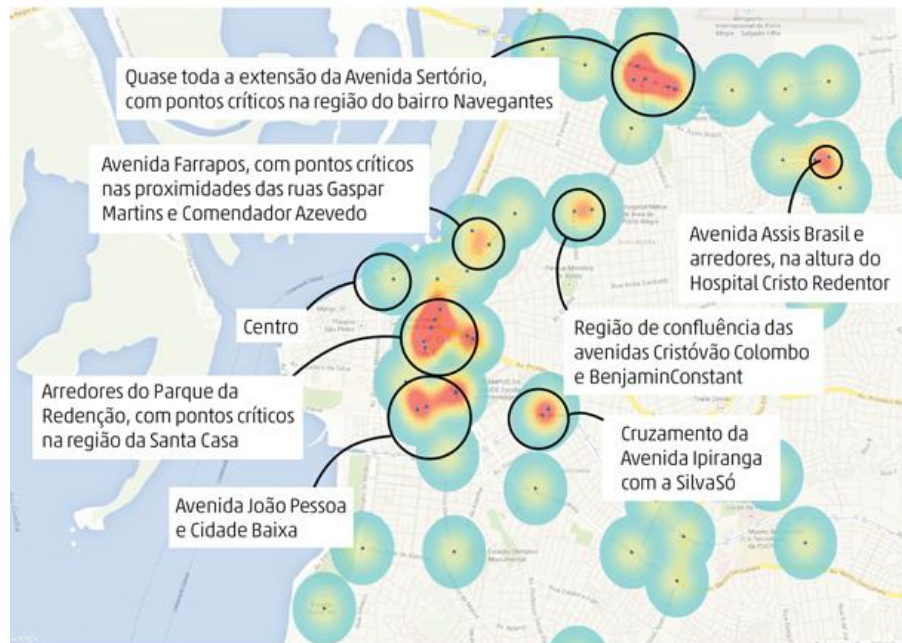
Uma vez coletadas, as águas da chuva são escoada através de uma rede pluvial, sempre para pontos mais baixos, através de tubulações com capacidade de escoar a vazão local somada à vazão de montante. Após, ramificações da rede descarregam suas águas num coletor geral ou num canal aberto, que leva as águas até um arroio, casa de bombas ou conduto forçado (RAUBER, 1992).

Nas situações em que a vazão supera a capacidade do sistema, podem haver alagamentos. Os pontos críticos de alagamento devem ser conhecidos e requerem obras de recuperação e/ou complementação do sistema. Em muitos locais há necessidade de reconstrução das redes, e cada caso merece uma avaliação técnica adequada.

Em 2014, o Laboratório de Tratamento e Geoprocessamento de Geografia da PUCRS (LTIG) simulou áreas mais suscetíveis a alagamentos no município de Porto Alegre. Os cálculos foram relacionados com matérias publicadas nos veículos de comunicação, e se confirmou a coincidência de pontos críticos (PEREIRA, 2014). O método proposto pode ter utilidade no

planejamento de um sistema único de Segurança Hídrica. A figura 23 apresenta um esquemático do sistema de proteção contra cheias, disponibilizado pelo LTIG:

Figura 23 – Áreas mais suscetíveis a alagamentos (em vermelho, pontos críticos)



(fonte: PEREIRA, 2014)

Usando como base os estudos técnicos realizados no âmbito do Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade, o Plano Municipal de Saneamento Básico - Volume 2: Prognóstico, Objetivos e Metas (PORTO ALEGRE, 2015a) – buscou, como objetivo principal, definir diretrizes para a ampliação do sistema de macrodrenagem urbana no município de Porto Alegre.

Conforme apresentado no PMSB, foi elaborado um plano de ações, visando minimizar ou eliminar os pontos de alagamentos detectados pelo PDDrU de cada bacia hidrográfica (PORTO ALEGRE, 2015). De acordo com o mapa apresentado na figura 24, estudos e propostas foram apresentados para cada uma das 27 bacias hidrográficas de Porto Alegre no plano.



Figura 24 – Mapa das Bacias Hidrográficas de Porto Alegre



(fonte: PORTO ALEGRE, 2015a)

Um dos programas inserido no PMSB de Porto Alegre é chamado DrenaPoa, que visa à realização de etapas específicas de melhoria do sistema de drenagem do município. As propostas foram divididas em ampliação de casas de bombas, condutos de macrodrenagem e reservatórios de amortecimento, que estão melhor detalhados no Plano Municipal de Saneamento Básico, volume 2 (PORTO ALEGRE, 2015b).

Essas propostas foram divididas em cinco intervenções (PORTO ALEGRE, 2015b):

- a) Casas de Bombas: elaboração de projeto básico e executivo, e implantação das obras de reforma e ampliação das Casas de Bombas 5, 10, 12, 13, 15, 16 e Vila Farrapos;

- b) Arroio da Areia: elaboração de projeto básico e executivo, e implantação das obras de ampliação do sistema de macrodrenagem;
- c) Arroio Moinho: elaboração de projeto básico e executivo, e implantação das obras de ampliação do sistema de macrodrenagem;
- d) Arroio Guabiroba: elaboração de projeto básico e executivo para ampliação do sistema de macrodrenagem;
- e) Arroio Manecão: elaboração de projeto básico e executivo para ampliação do sistema de macrodrenagem.

Atualmente, foram concluídos os anteprojetos necessários, e encontra-se em fase de elaboração os editais para a contratação das intervenções nas Casas de Bombas, Arroio da Areia e Arroio Moinho. No caso das demais bacias hidrográficas (arrosios Manecão e Guabiroba), os projetos básicos e executivos da ampliação de seus sistemas de macrodrenagem já foram contratados.

#### **4.2.3 Sistema de Alerta e Proteção contra lançamentos inesperados de poluentes**

Com o crescimento e desenvolvimento das cidades, principalmente da indústria, uma maior quantidade de poluentes e substâncias químicas é produzida e, quando não disposta adequadamente, pode atingir águas, solos e atmosfera (MARKOVIC et al, 2009). Dessa forma, um sistema de alerta e monitoramento de lançamento nos corpos hídricos é indispensável para a manutenção da Segurança Hídrica de uma região. Diversas tecnologias podem ser empregadas no monitoramento de lançamentos nas águas, como o sistema de alerta proposto por Markovic et al (2009), que propõem a combinação de uma plataforma de dados Sistema de Informação Geográfica (SIG) com uma rede monitoramento de sensores.

No Brasil, estudos de planos de contingência em bacias, realizados pela ANA, buscam proporcionar maior segurança aos procedimentos a serem adotados em casos de emergências ambientais, como lançamentos de poluentes em corpos hídricos. A identificação e alerta de plumas de contaminação nas águas pode contribuir para a operação dos sistemas de abastecimento de uma cidade, por exemplo, fornecendo informações importantes para a decisão de interrupção da captação em eventos críticos (BRASIL, 2013).

A partir do levantamento indireto de dados realizado neste trabalho, não foi encontrado um sistema de proteção e alerta na cidade de Porto Alegre. Porém, o DMAE pode utilizar a

barragem da Lomba do Sabão como fonte alternativa de abastecimento para a cidade em caso de contaminação do manancial Guaíba, entretanto não foram encontradas maiores informações.

#### 4.4 PLANOS E AÇÕES EXISTENTES EM PORTO ALEGRE

Após o diagnóstico de cada aspecto da Segurança Hídrica de Porto Alegre, este capítulo tem como finalidade apresentar de forma simplificada quais foram os principais planos e ações já existentes encontrados sobre cada questão na cidade de Porto Alegre, que podem ser associados à segurança hídrica da cidade.

##### 4.4.1 Qualidade da Água

Considerando a qualidade da água para a Segurança Hídrica, Porto Alegre possui um sistema de abastecimento composto por captação, tratamento e distribuição da água, que visa à obtenção do padrão de qualidade e à prevenção e manutenção de qualquer adversidade que possa ocorrer durante a fase de distribuição da água para o consumidor. Em conjunto com esse sistema há um programa desenvolvido para promover o controle da qualidade da água distribuída à população.

O Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) consiste no conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para garantir à população o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade. A operacionalização do VIGIAGUA em Porto Alegre vem sendo realizada desde 2002, cujas principais ações são (PORTO ALEGRE, 2015b):

- a) cadastramento e inspeção periódica dos sistemas de abastecimento do DMAE e as soluções alternativas coletivas;
- b) avaliação e aprovação do Plano de Amostragem elaborado DMAE;
- c) análise dos Relatórios de Controle da Qualidade da Água produzidos pelo DMAE, quanto ao cumprimento do Plano de Amostragem e ao atendimento do padrão de potabilidade;
- d) elaboração de Plano de Amostragem para o monitoramento da água, realizado pela Vigilância, considerando os pontos de coleta, número e frequência das amostras;
- e) coleta e análise de amostras de água para realização das análises referentes ao monitoramento da qualidade da água para consumo humano;
- f) Avaliação permanente dos dados epidemiológicos das doenças de transmissão hídrica em conjunto com os dados de qualidade da água.

#### 4.4.2 Desabastecimento da população

Uma das principais questões referentes à Segurança Hídrica diz respeito à garantia da disponibilidade de água para o abastecimento público, a manutenção das atividades socioeconômicas e a produção de alimentos. A partir da análise dos dados levantados neste trabalho, verificou-se que é improvável que o município de Porto Alegre seja atingido pela escassez do recurso. Uma vez que a cidade é abastecida pelo lago Guaíba e considerados estudos e histórico do corpo d'água, acredita-se que o abastecimento da região é garantido.

Contudo, através do levantamento de dados verificou-se uma melhoria considerável do acesso da população à água tratada entre os anos de 2007 e 2012 em todos os sistemas de abastecimentos. Os sistemas estão em contínua evolução, tanto no objetivo de diminuir as perdas no processo de abastecimento como na manutenção e melhoria dos sistemas.

Uma vez que a ampliação do sistema não é o único objetivo, o PMSB possui um programa de gestão de perdas que, através de investimentos, visa otimizar a operação dos sistemas por meio de monitoramento e gerenciamento da infraestrutura existente. Dessa forma, um programa de gestão de perdas (PORTO ALEGRE, 2015a, p.61):

"[...] requer ações paralelamente implantadas de forma contínua e permanente, com destaque para as seguintes ações: monitoramento permanente de pressões, controle efetivo dos volumes de entrada de água nos setores de abastecimento, válvulas de controle/redutoras de pressão, bombas com inversores de frequência, investimentos em micromedição e macromedição, sistemas informatizados em tempo real (telemetria e telecomando), cadastro técnico real e geoprocessamento, setorização, controle/redução de pressões, ensaios de estanqueidade para recebimento de redes novas, pesquisa e detecção para eliminação de fugas, pesquisa de novas tecnologias etc".

O programa de gerenciamento de perdas foi criado em 2012 com o intuito de gerenciar o controle das perdas do sistema através das seguintes ações (PORTO ALEGRE, 2015b):

- a) substituição de redes;
- b) setorização;
- c) controle de perdas em vilas e áreas irregulares (programa consumo responsável);
- d) avaliação das perdas físicas visíveis;
- e) micromedição;
- f) macromedição;
- g) leitura certa;

h) pesquisa de fraudes.

Atualmente poucas áreas são atendidas por caminhões-pipa. São áreas com problemas de regularização fundiária, em etapa de regularização, áreas invadidas ou áreas de risco. (PORTO ALEGRE, 2013)

O Programa Consumo Responsável visa garantir o abastecimento para comunidades de baixa renda, em áreas que ainda não foram regularizadas, porém que já deram início ao processo de regularização e com infraestrutura já implantada no entorno. É um programa com baixo custo de implantação e que tem como objetivo melhorar as condições de saúde da população residente, eliminando ligações irregulares, minimizando desperdícios e conscientizando as comunidades através de ações educativas e de mobilização social. O consumo é medido e taxado através da tarifa social (PORTO ALEGRE, 2013).

#### **4.4.3 Extravasamento do Sistema de Água e Riscos de Contaminação da Água**

Porto Alegre possui um Sistema de Proteção Contra Inundações que é gradualmente atualizado. Enquanto em 2005 foi atualizada a última versão do Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade, foram encontrados diversos projetos e obras referentes ao sistema de drenagem da cidade de Porto Alegre, porém não existe um acervo de resultados esperados e obtidos, assim como algum documento que mostre de forma mais visual o impacto na área afetada.

Embora a escassez de água não seja considerada uma questão principal na avaliação da Segurança Hídrica de Porto Alegre, é necessária a avaliação dos riscos associados à fonte de abastecimento. Dessa maneira, o acesso assegurado de qualidade e quantidade da água como principal motivo para estabelecimento de um Plano de Segurança Hídrica, está comprometido pelo fato de Porto Alegre possuir o manancial como principal fonte de abastecimento. Contudo, em um evento crítico o DMAE poderia utilizar o reservatório da barragem da Lomba do Sabão como fonte alternativa de abastecimento da cidade.

O objetivo do Programa de Limpeza de Equipamentos de Drenagem é efetuar o monitoramento constante e a limpeza preventiva dos equipamentos de drenagem visando garantir o melhor desempenho do sistema de drenagem existente (PORTO ALEGRE, 2017).

Através da ocorrência de chuvas intensas na cidade de Porto Alegre, associadas ou não a cheias do Lago Guaíba e seus afluentes, esse programa contempla ações de (PORTO ALEGRE, 2015b):

- a) manutenção: revisão periódica do parque de Casas de Bombas, revisão e simulações de abertura e fechamento do conjunto de comportas do sistema de diques e monitoramento da estabilidade dos diques;
- b) operação: regramento da operação das casas de bombas e treinamento de seus operadores.

Além disso, desde 2007, Porto Alegre conta com o sistema Metroclima - Vigilância Meteorológica de Porto Alegre, desenvolvido pelo Centro Integrado de Comando (CEIC) para o acompanhamento meteorológico de diversos pontos da cidade, dos níveis do Lago Guaíba e alertas antecipados dos eventos extremos. O sistema realiza o acompanhamento contínuo das condições atmosféricas nas regiões monitoradas do município e conta com equipamentos de medição, modelos numéricos, acompanhamento por imagens, radiosondagens e estações automáticas (CENTRO INTEGRADO DE COMANDO, [2017]).

O plano de monitoramento e alerta contra cheias do lago guaíba, a partir da necessidade em monitorar-se as condições meteorológicas e hidrológicas, estabelece os procedimentos a serem adotados na resposta a emergências quando da ocorrência ou possibilidade de ocorrência de eventos de cheias do Lago Guaíba. De modo a permitir a emissão de alertas de atenção ou até mesmo deflagrar a evacuação de áreas externas ao sistema de proteção contra cheias da cidade e o fechamento das comportas/portões que o compõem, o Plano de Monitoramento e Alerta Contra Cheias do Lago Guaíba consiste em (PORTO ALEGRE, 2015b):

- a) monitoramento das variáveis de interesse;
- b) em caso de alerta, definição das ações de mobilização das equipes dos diversos órgãos setoriais da organização municipal, que deflagram operações de resposta aos eventos de cheias;
- c) reabilitação de cenários, a fim de reduzir os danos e prejuízos decorrentes.

A garantia da qualidade da água para consumo humano está cada vez mais associada à incorporação de metodologias de avaliação e gestão de riscos, bem como à prática de boa operação dos sistemas de abastecimento público de água. O Plano de Contingência para a proteção das captações, quanto a riscos ambientais no Lago Guaíba, segue os seguintes procedimentos iniciais (quadro 10) (PORTO ALEGRE, 2015b).

Quadro 10 – Procedimentos Iniciais do Plano de Contingência

Nível de Risco	- Tipo de ocorrência: óleo, produto químico, algas, etc;
	- Local de ocorrência;
	- Hora da ocorrência;
	- Responsável pela informação;
	- Órgão ambiental responsável pela fiscalização.
Caracterização da ocorrência	- Propriedade da substância;
	- Volume aproximado do derramamento;
	- Fonte do derramamento/vazamento;
	- Situação do derramamento (acompanhamento).

(fonte: elaborado pelo autor)

Após executado os procedimentos iniciais, o diagnóstico do risco ambiental é definido em três etapas. Primeiramente, seria avaliado por modelagem hidrodinâmica com base no levantamento de campo e simulações durante a ocorrência do evento, assim são obtidos resultados analíticos mais precisos que as informações iniciais. Em seguida, são estudadas as amostras coletadas antes, durante e depois do evento, até que alcancem os níveis normais de concentração das águas naturais do local impactado. Por fim, estabelece-se o nível de risco no qual a captação está exposta, definidos por (PORTO ALEGRE, 2015b):

- a) nível 0: não existe risco;
- b) nível I: existe pequena probabilidade de atingir a captação, mas não há risco à operação;
- c) nível II: existe probabilidade de atingir a captação e existe pequeno risco à operação;
- d) nível III: existe probabilidade de atingir a captação e existe risco à operação.

Finalmente, estabelecido o nível de risco, é identificado a necessidade ou não, de medidas compensatórias. O Plano de Contingência abrange uma série de procedimentos técnicos pré-estabelecidos apresentados abaixo (PORTO ALEGRE, 2015b):

- a) colocação de boias de contenção junto às captações;
- b) avaliação da necessidade de parada da(s) ETA(s);
- c) verificação da capacidade de reserva do sistema;

- d) comunicação aos diversos níveis gerenciais envolvidos;
- e) interligação de sistemas/subsistemas de abastecimento, quando possível;
- f) deslocamento de caminhões-pipa para suprir a demanda necessária no período de suspensão de abastecimento.

#### 4.5 RESULTADOS DO DIAGNÓSTICO DE SEGURANÇA HÍDRICA DE PORTO ALEGRE

A partir do levantamento indireto de dados realizado, as informações obtidas foram reunidas e apresentadas sob a forma de quatro capítulos de diagnóstico da Segurança Hídrica da cidade de Porto Alegre. Como parte do prognóstico elaborado, apresenta-se neste item os principais resultados verificados a partir do diagnóstico realizado. Dessa forma, buscou-se condensar as informações apresentadas no diagnóstico, composto por:

- a) Região Hidrográfica do Lago Guaíba;
- b) Sistemas de Abastecimento e Qualidade da Água;
- c) Sistema de Proteção e Alerta Contra Eventos Críticos;
- d) Planos e Ações Existentes em Porto Alegre.

O diagnóstico da região hidrográfica do Lago Guaíba corresponde à parte de um PSH referente à qualidade da água nas fontes de abastecimento. Dessa forma, avaliou-se a qualidade das águas dos Rios Gravataí, Sinos, Caí e Jacuí. Verificou-se que a qualidade das águas dos rios encontram-se na maioria dos casos em situação regular, conforme a avaliação da FEPAM que considera o índice IQA de qualidade. No entanto, a qualidade dos corpos hídricos decai conforme os rios se aproximam dos centros urbanos e da foz.

Segundo a classificação do IQA, as águas do Rio Gravataí atingem qualidade “muito ruim” em pontos de medição junto à foz. No Rio dos Sinos, verifica-se boa qualidade junto à nascente e deterioração da mesma para ruim a partir dos pontos de medição em Novo Hamburgo. As águas dos Rios Caí e Jacuí apresentam qualidade regular. Além disso, não foi encontrado um sistema de alerta e previsão de contaminantes.

O diagnóstico dos sistemas de abastecimento e qualidade da água corresponde à seção de um PSH referente ao desabastecimento da população. Primeiramente, as informações referentes ao capítulo foram obtidas devido ao esforço da municipalidade em avaliar gradualmente a situação



do sistema de abastecimento de Porto Alegre, atualizando o PMSB e o PDA com dados que contribuem positivamente para a realização de estudos que visem melhorar o gerenciamento dos usos das águas.

Assim, verificou-se que a maioria da população é abastecida e existe previsão de ampliação e manutenção dos sistemas existentes. Uma parcela reduzida da população é abastecida por meio de medidas não definitivas como caminhões-pipa porque ocupam áreas irregulares do município. As carências do sistema consistem nas perdas de água do sistema, para a qual são desenvolvidas ações visando sua redução, e na falta de um sistema de alerta de contaminantes próximos aos locais de captação, que seriam úteis em evitar eventos críticos como o caso de cheiro e gosto na água de Porto Alegre em 2016.

O diagnóstico do sistema de proteção e alerta contra eventos críticos corresponde às seções de um PSH referentes aos extravasamentos do sistema de água e riscos de contaminação da água por lançamentos inesperados de plumas de contaminação. A cidade possui um sistema de proteção contra cheias composto pelo muro da Mauá, comportas, diques e casas de bombas. Além disso, possui um sistema de alerta contra cheias. No entanto, não foi encontrado um sistema de previsão de cheias.

O município possui um sistema de drenagem urbana, porém não foram encontradas informações documentadas suficientes sobre a avaliação da eficácia do sistema ou a necessidade de melhorias e ampliação. Porém, em eventos de variada magnitude, são percebidos diversos pontos de alagamento ao longo da cidade.

O diagnóstico de planos e ações existentes em Porto Alegre que podem ser incluídos em um PSH revelou uma série de ações que poderiam compor um futuro plano de Porto Alegre. Quanto à qualidade das águas, destacou-se o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) que busca manter a potabilidade da água para o abastecimento. Quanto ao desabastecimento da população, verificaram-se planos para a gestão das perdas e programas sociais em áreas sem abastecimento regular.

Quanto aos extravasamentos do sistema de água, existem planos para melhoria da drenagem urbana e dos sistemas de alerta e proteção contra cheias. Quanto aos riscos de contaminação da água por lançamentos inesperados de plumas de contaminação, verificou-se o Plano de Contingência que busca identificar e classificar o nível de risco do contaminante e propõe ações

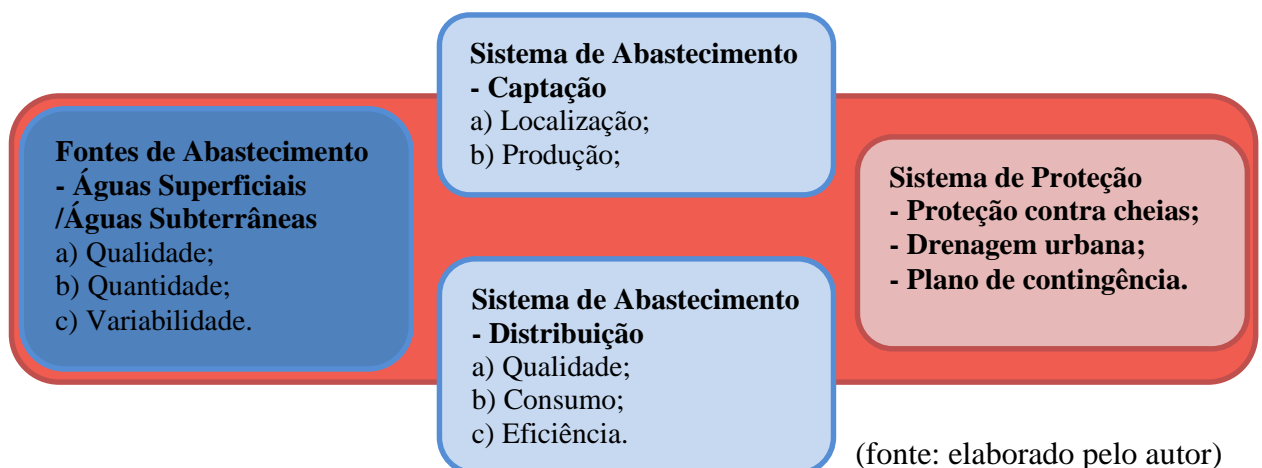
mitigatórias. No entanto, o plano não foi suficiente para evitar que águas contaminadas adentrassem o sistema de abastecimento de Porto Alegre no evento crítico de 2016, quando a água do abastecimento apresentou cheiro e gosto devido à presença de um contaminante.

## 5 RESULTADOS

Com este capítulo, buscou-se elucidar quais são os principais aspectos que deveriam compor o Plano de Segurança Hídrica de Porto Alegre. Além disso, considerado o diagnóstico apresentado, foram propostas ações que contribuiriam para a Segurança Hídrica da cidade de Porto Alegre de forma simplificada e poderiam ser acrescentadas a um futuro Plano de Segurança Hídrica do município.

Assim, a figura 25 apresenta as principais diretrizes propostas neste trabalho para a elaboração de um Plano de Segurança Hídrica para um município. Considerando-se que o objetivo do trabalho foi apresentar um estudo base para elaboração de um Plano de Segurança Hídrica, especificidades e detalhamento de cada tópico sugerido não foram analisados.

Figura 25 – Principais diretrizes propostas



A seguir são apresentadas avaliações e propostas baseadas nas diretrizes sugeridas (figura 25) para o estudo da situação da Segurança Hídrica da cidade de Porto Alegre e indicadores que poderiam ser utilizados na elaboração de um Plano de Segurança Hídrica.

### 5.1 INDICADORES DO PLANO DE SEGURANÇA HÍDRICA

Uma vez que a avaliação de Segurança Hídrica pode incorporar vários conceitos relacionados à água, é evidente a importância de indicadores para a medição da segurança hídrica. Considerando o estudo desenvolvido por Rodrigues (2014), que propôs esquemas metodológicos com base determinística e estocástica para avaliação da Segurança Hídrica de

bacias hidrográficas, os indicadores utilizados agregariam melhorias consideráveis na implementação de um Plano de Segurança Hídrica.

Segundo Rodrigues (2014), são definidos dois indicadores para avaliar a Segurança Hídrica do local estudado: indicador de escassez e indicador de vulnerabilidade. O indicador de escassez avalia o impacto do uso da água em condições médias de disponibilidade, enquanto o indicador de vulnerabilidade considera a baixa disponibilidade de água na captação em situações críticas.

Utilizando-se dados da International Water Association (ALEGRE et al, 2013), são estabelecidos três indicadores na avaliação da Segurança Hídrica. Primeiro, um indicador da ineficiência do uso de recursos hídricos que corresponde ao percentual de água no sistema de abastecimento que é perdido através de vazamento ou transbordamento até o acesso do consumidor. Em seguida, um indicador de disponibilidade de recursos hídricos, ou seja, percentagem de água acessível que entra no sistema de abastecimento. E por último, um indicador de reuso de recursos hídricos, definido pelo percentual de água de um sistema de abastecimento que é reutilizado.

Assim, os indicadores de Segurança Hídrica sugeridos para serem utilizados durante a elaboração e implementação de um Plano de Segurança Hídrica da cidade de Porto Alegre são (apêndice A):

- a) indicador de escassez de recursos hídricos (%), que quantifica vazão de consumo de água em relação à vazão média disponível de água (RODRIGUES, 2014);
- b) indicador de vulnerabilidade de recursos hídricos (%), que quantifica a vazão de captação de água em relação à vazão disponível de água com 70% de probabilidade de ser igualada ou superada (RODRIGUES, 2014);
- c) indicador de ineficiência de uso de recursos hídricos (%), que quantifica as perdas de água em relação aos volumes que adentram o sistema (ALEGRE et al, 2013);
- d) indicador de disponibilidade de recursos hídricos (%), que quantifica os volumes de água acessíveis em relação aos volumes totais que adentram o sistema (ALEGRE et al, 2013);
- e) indicador de reuso de recursos hídricos (%), que quantifica a porção de águas do sistema que é reutilizada (ALEGRE et al, 2013).

Uma vez que o objetivo deste trabalho foi elaborar um estudo base para a elaboração de um futuro Plano de Segurança Hídrica de Porto Alegre, que corresponde a uma avaliação preliminar

dos aspectos de Segurança Hídrica do município, não foram atribuídos valores para os indicadores mencionados anteriormente. No entanto, foi proposta uma forma simplificada da avaliação das informações reunidas, baseada em notas de 0 a 3.

## 5.2 AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA DE PORTO ALEGRE

Todo planejamento necessita de acompanhamento constante, tanto para mensurar os resultados obtidos, quanto para avaliar o andamento das metas globais e específicas do plano. Enquanto o plano é executado, o gestor deve certificar-se de que todas as atividades são desenvolvidas com os parâmetros adequados. Considerando-se as diretrizes propostas na figura 25 e no quadro 11, estipularam-se notas de 0 a 3 (quadro 11) que representam a necessidade de melhorias em cada tópico apresentado, onde o valor 3 representa a situação desejada.

Assim, buscou-se uma visão mais ilustrativa e universal da situação da segurança hídrica através da proposta de um método avaliativo, onde são atribuídas notas (quadro 11) e conceitos para os itens avaliados, conforme:

- a) bom: atualmente apresenta as condições fundamentais, porém necessita constante manutenção, avaliação e melhorias para situações futuras;
- b) regular: atualmente carece de algumas melhorias para atingir as condições fundamentais, e conseqüentemente necessita manutenção, avaliação e melhorias para situações futuras;
- c) ruim: demanda urgentemente de manutenção, avaliação e melhorias para situação atual e futura;
- d) sem informação: carece de informações para avaliação do item, aconselham-se estudos para levantamento de informações.

Quadro 11 – Nota e conceito para avaliação dos itens

Nota	Conceito
3	- bom
2	- regular
1	- ruim
0	- sem informação

(fonte: elaborado pelo autor)

Dessa forma, definiu-se de maneira simplificada a representatividade das informações obtidas nos capítulos de diagnóstico deste trabalho para um futuro Plano de Segurança Hídrica para a cidade de Porto Alegre (quadro 12).

As informações sobre a Segurança Hídrica de Porto Alegre foram organizadas segundo as diretrizes proposta na figura 25 e a atribuição de notas para cada item seguiu a proposta apresentada no quadro 12.

Quadro 12 – Avaliação da segurança hídrica de Porto Alegre

Plano de Segurança Hídrica de Porto Alegre						
<b>Fontes de Abastecimento</b>						
<b>Águas Superficiais</b>						
	Informação	0	1	2	3	Notas
Qualidade	- resolução Conama	SI	Classe 3 ou inferior	Classe 2	Classe 1	1
Quantidade	- vazão suficiente	SI	0 a 50%	51 a 90%	91% ou >	3
Variabilidade	- número de mananciais disponíveis	SI	1	2	3 ou mais	2
<b>Águas Subterrâneas</b>						
	Informação	0	1	2	3	Notas
Qualidade	- resolução Conama	SI	Classe 3 ou inferior	Classe 2	Classe 1	0
Quantidade	- produtividade (m <sup>3</sup> /h/m)	SI	2 ou <	2 a 4	4 ou >	1
Variabilidade	- tipos de aquíferos	SI	1	2	3 ou mais	3
<b>Sistema de Abastecimento</b>						
<b>Captação</b>						
<b>Águas Superficiais</b>						
	Informação	0	1	2	3	Notas
Local	- fontes alternativas e capacidade suficiente de abastecimento	SI	Não	Sim, insuficiente	Sim, suficiente	2
Produção	- população abastecida	SI	0 a 50%	51 a 90%	91% ou >	3
<b>Águas Subterrâneas</b>						
	Informação	0	1	2	3	Notas
Local	- fontes alternativas e capacidade suficiente de abastecimento	SI	Não	Sim, insuficiente	Sim, suficiente	0
Produção	- população abastecida	SI	0 a 50%	51 a 90%	91% ou >	0
<b>Distribuição</b>						
	Informação	0	1	2	3	Notas
Consumo	- áreas abastecidas	SI	0 a 50%	51 a 90%	91% ou >	3
Eficiência	- proporção de perdas no sistema	SI	40% ou >	39 a 15%	14% ou <	1
<b>Sistema de Proteção</b>						
	Informação	0	1	2	3	Notas
Sistema de proteção contra cheias	- existência e eficiência de plano de proteção e contingência para eventos de cheias	SI	Não existe	Incompleto	Completo	2
Sistema de drenagem urbana	- área abrangida	SI	0 a 50%	51 a 90%	91% ou >	0
Plano de contingência	- plano de recuperação de desastres	SI	Não existe	Incompleto	Completo	2

(fonte: elaborado pelo autor)

Conforme apresentado no quadro 12, as fontes de abastecimento de Porto Alegre encontram-se em situação regular. A qualidade e disponibilidade das águas superficiais para abastecimento da cidade são satisfatórias, embora o município apresente uma única fonte de abastecimento, tornando-o vulnerável em um evento crítico. Na avaliação das águas subterrâneas, possível alternativa ao abastecimento por águas superficiais, verificaram-se qualidade e disponibilidade regulares, porém não há locais ideais para a colocação de poço suficientes próximos à cidade.

Quanto ao abastecimento, o sistema apresenta boa qualidade, uma vez que a maior parte da população é atendida, inclusive a população que ocupa áreas irregulares que é abastecida por caminhões-pipa. Não há informações sobre o abastecimento por águas subterrâneas porque o município é atendido pela rede de abastecimento. Entretanto, melhorias devem ser realizadas para minimizar perdas no sistema.

Com base nas informações levantadas, o sistema de proteção contra eventos críticos pode ser aprimorado. Quanto aos extravasamentos do sistema, embora o sistema de proteção contra cheias seja funcional, não foram encontrados sistemas de previsão de cheias, fundamentais para o gerenciamento da Segurança Hídrica de uma região. Além disso, não foram encontradas informações quanto à eficiência do sistema de drenagem urbana, mas o mesmo pode ser aprimorado, uma vez que são observados pontos de alagamento na cidade em eventos de chuva.

Quanto à estiagens, item que deve ser observado na elaboração de um PSH, não foram encontradas informações porque o município não possui histórico de problemas relacionados a secas. A partir do levantamento de dados, não foi possível constatar a eficiência do Plano de Contingência de contaminantes, bem como não se verificou um sistema de alerta e previsão de contaminantes nos corpos hídricos.

Dessa forma, conclui-se que Porto Alegre possui um sistema de Segurança Hídrica regular, onde apesar de ter um excelente manancial, as opções de captação são restritas. Além disso, esforços podem ser realizados para melhorar o monitoramento e previsão de poluentes que possam atingir o sistema de abastecimento, bem como para reduzir perdas no sistema.

### 5.3 SUGESTÕES DE PLANOS E AÇÕES

A partir do levantamento de informações apresentado nos capítulos de diagnóstico deste trabalho, foram observados os planos, programas e ações propostos pelo município de Porto

Alegre para melhoria das questões relacionadas ao saneamento pertinentes aos problemas de Segurança Hídrica do município. Os planos e ações verificados são apresentados no quadro 13, em conjunto com sugestões propostas neste trabalho (quadro 13, grifados).

Quadro 13 – Ações e planos da segurança hídrica de Porto Alegre

Plano de Segurança Hídrica
<b>FONTES DE ABASTECIMENTO</b>
Ações, Projetos e Programas
<b>Estudo que identifique a capacidade de exploração das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Porto Alegre</b>
<b>Estudo para viabilidade de um novo local de captação diferente do Lago Guaíba</b>
Plano de contingência de contaminação do Lago Guaíba
<b>SISTEMA DE ABASTECIMENTO</b>
Desenvolvimento de plano de redução de perdas na rede de distribuição de água
Vigilância da qualidade da água para consumo humano
Programa consumo responsável
Áreas abastecidas por caminhões-pipa
<b>SISTEMA DE PROTEÇÃO</b>
Programa de manutenção e operação do sistema de proteção contra cheias
<b>Instalação de sistema de previsão de viagem de plumas de contaminação que caem nos rios e caem no Lago Guaíba</b>
Plano de monitoramento e alerta contra cheias do Lago Guaíba
Programa de limpeza de equipamentos de drenagem
<b>Implantação de Sistema de previsão de cheias para o Guaíba</b>
Estudo para elaboração e realização de maior quantidade de programas como o Drenapoa
Plano de contingência

(fonte: elaborado pelo autor)

Assim, os planos e ações sugeridos neste trabalho para complementar as medidas para a melhoria da Segurança Hídrica de Porto Alegre são detalhadas neste capítulo.

### 5.3.1 Águas Subterrâneas como fonte de abastecimentos e riscos

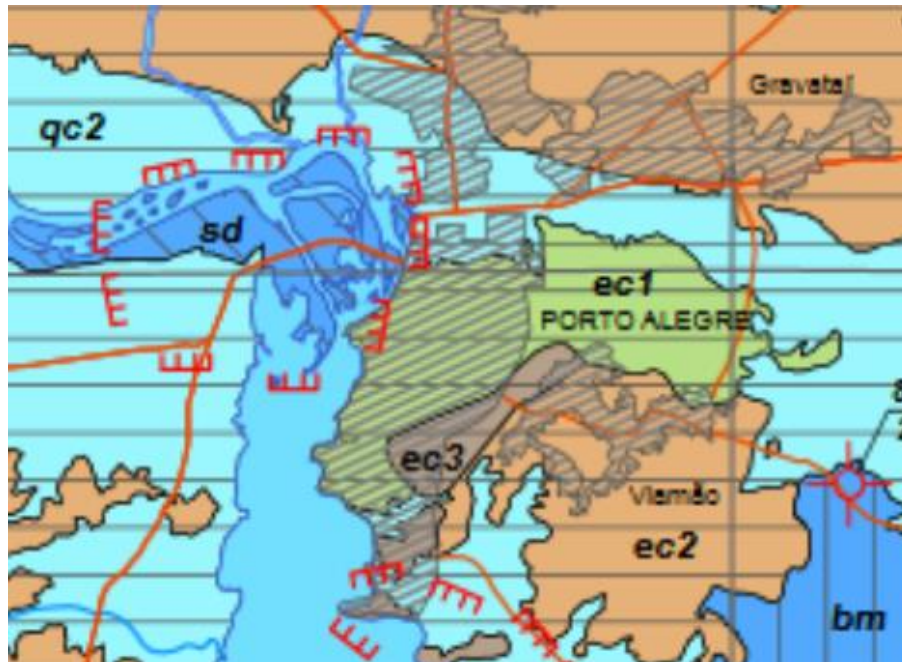
Uma fonte alternativa de abastecimento da população são as águas subterrâneas, porém na cidade de Porto Alegre, devido à grande capacidade do Lago Guaíba de oferecer água em quantidade suficiente para a população, não foram encontradas informações. Entretanto, o desenvolvimento de um Plano de Segurança Hídrica, que contém um conjunto de soluções necessárias para garantir em quantidade o abastecimento da população em momentos emergenciais, torna o assunto de suma importância. Este item tem por finalidade explicitar de maneira simplificada as características envolvidas no processo do uso de águas subterrâneas como fonte de abastecimento.



Através do mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul (figura 26), foram caracterizados os tipos de aquíferos existentes na região de Porto Alegre e proximidades (BRASIL, 2005c):

- a) Sistema Aquífero Embasamento Cristalino I (ec1) – Capacidade específica é inferior a 0,5 m<sup>3</sup>/h/m. Salinidade muito baixa;
- b) Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II (ec2) – Capacidade específica é inferior a 0,5 m<sup>3</sup>/h/m. Salinidade baixa porem pode apresentar enriquecimento em flúor;
- c) Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III (ec3) – Inviabiliza perfuração mesmo com baixas vazões;
- d) Sistema Aquífero Sedimentos Deltaicos (sd) – Capacidade específica é alta, em média 3m<sup>3</sup>/h/m. Entretanto, a qualidade das águas é muito ruim, com grande quantidade de sais dissolvidos e altos teores de ferro, inviabilizando seu uso para muitos fins;
- e) Sistema Aquífero Quaternário Barreira Marinha (bm) – Capacidade específica é altas, ultrapassando 4m<sup>3</sup>/h/m e o teor salino é muito baixo;
- f) Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II (qc2) – Capacidade específica é baixa a média, entre 0,5 e 1,5 m<sup>3</sup>/h/m, porém salinidade média, acima do considerado para águas doces.

Figura 26 – Mapa hidrogeológico de Porto Alegre



(fonte: BRASIL, 2005b)

Primeiramente considerando a viabilidade e qualidade das águas nos aquíferos presentes na região, constatou-se que tanto o Aquífero Embasamento Cristalino III como o Aquífero

Sedimentos Deltaicos são inviáveis como fonte de abastecimento. Em termos da salinidade, o Aquífero Quaternário Costeiro II e o Aquífero Embasamento Cristalino II, também apresentam contrapontos na utilização das águas subterrâneas. Finalmente, tanto o Aquífero Embasamento Cristalino I como o Aquífero Quaternário Barreira Marinha dispõem da possibilidade do uso das águas como fonte de abastecimento, embora sejam necessários estudos aprofundados para sua confirmação (BRASIL, 2005c).

Apesar do Aquífero Quaternário Barreira Marinha apresentar a melhor capacidade específica, a sua localização torna o processo de adução complicado. Portanto, com base no mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul (figura 26) o Aquífero Embasamento Cristalino I, mesmo apresentando média a baixa possibilidade para usos de águas subterrâneas devido a sua capacidade específica, considerando uma análise básica sobre o assunto, possui o maior potencial para aproveitamento.

Como a região não apresenta nenhum uso significativo das águas subterrâneas, analisou-se a situação do Região Metropolitana de São Paulo como comparativo. Segundo Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (IRITANI e EZAKI, 2009), a vazão de 360 m<sup>3</sup>/h por poço é suficiente para abastecer cerca de 30.000 habitantes. Além disso, na região metropolitana de São Paulo estima-se que o consumo da água subterrânea seja entre 7,5 e 8,0 m<sup>3</sup>/s, captada por aproximadamente 3.000 poços tubulares profundos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2005). Considerando-se os dados de 2012 utilizados para apresentar o consumo de cada sistema de abastecimento da cidade de Porto Alegre, estimou-se aproximadamente uma vazão necessária de 3,7 m<sup>3</sup>/s, ou seja, seria necessária a construção de milhares de poços tubulares profundos para atingir a mesma capacidade do sistema padrão de abastecimento existente.

Entretanto, o objetivo da avaliação da utilização de uma fonte alternativa de abastecimento na cidade de Porto Alegre foi auxiliar na implementação de Segurança Hídrica, onde em uma situação emergencial na qual algum dos pontos de captação do sistema de abastecimento esteja comprometido, o acesso à água nas regiões influenciadas por esse sistema não seja totalmente prejudicado.

Devido à pequena capacidade específica dos aquíferos mencionados anteriormente, a viabilidade do uso de poços para o abastecimento da população de Porto Alegre é baixa, embora seja possível a utilização de diversos poços geradores de baixas vazões. A implementação de

um sistema de abastecimento de águas subterrâneas emergencial serviria no auxílio da garantia da Segurança Hídrica de Porto Alegre.

### **5.3.2 Novo Canal de Captação no Rio Gravataí**

Conforme Guimarães et al (2007), as águas superficiais (rios, lagos, canais, etc.) como fontes de abastecimento são as de mais simples captação, entretanto apenas 5% da água doce existente no planeta encontram-se disponíveis superficialmente. Novamente considerando o fato da cidade de Porto Alegre ser abastecida pelo mesmo manancial, o que compromete a Segurança Hídrica do município, identificou-se a necessidade de um ponto de captação diferenciado.

Como não existe outro grande manancial nas localidades próximas à cidade de Porto Alegre, que tornaria viável a implantação de um novo canal de captação, analisou-se a possibilidade da construção de um novo canal de captação no Rio Gravataí localizado em uma diferente área de influência em relação aos pontos existentes captação.

Segundo a Corsan (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2017), a Estação de Bombeamento de Água Tratada (EBAT), que abastece os municípios de Gravataí e Cachoeirinha, passou por melhorias significativas ampliando sua vazão para 780 L/s. Considerando a vazão máxima de 2000 L/s do Sistema Moinhos de Vento (PORTO ALEGRE, [2016]), o estudo da viabilidade de um novo canal de captação próximo à captação da EBAT mencionada anteriormente seria essencial na elaboração de um Plano de Segurança Hídrica.

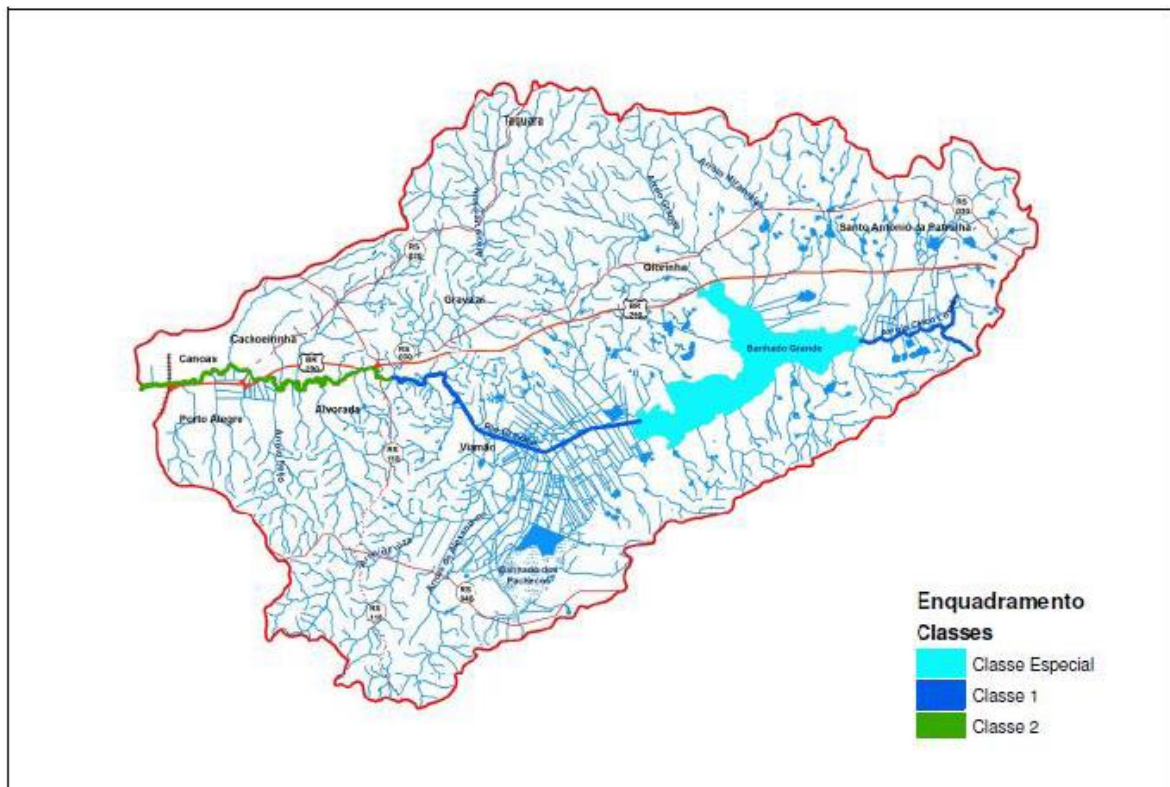
Utilizando-se a EBAT existente no Rio Gravataí como parâmetro e desconsiderando os detalhes técnicos, esse novo local de captação auxiliaria o abastecimento da cidade de Porto Alegre em uma situação emergencial, caso um dos locais de captação existente esteja comprometido.

De acordo com Guimarães et al (2007), as condições que devem ser analisadas na implantação de um sistema de abastecimento são:

- a) quantidade de água: a vazão é suficiente na estiagem para consumo previsto;
- b) qualidade da água: deve ser observadas as recomendações na resolução Conama;
- c) garantia do funcionamento: realização de operação e manutenção do sistema;
- d) localização: menor percurso de adução.

Devido ao fato do Estado do Rio Grande do Sul não possuir Agências de Bacias Hidrográficas, o comitê de Gravataí elaborou seu Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (figura 27) com a finalidade de melhorar a qualidade do manancial. De acordo com o comitê o trecho do Rio Gravataí mais próximo da cidade de Porto Alegre está enquadrado na Classe 2 de qualidade da água que é definida pela legislação ambiental apresentada anteriormente (BRASIL, 2005a).

Figura 27 – Bacia hidrográfica do rio Gravataí



(fonte: BRASIL, 2005b)

### 5.3.3 Instalar um Sistema de previsão de viagem de Plumas de Contaminação

A avaliação das fontes poluidoras a montante do ponto de captação da água de Porto Alegre é fundamental para o planejamento do abastecimento do município. Uma vez que a medição física do transporte dos sedimentos e poluentes que se propagam pelos rios que constituem a bacia hidrográfica do Guaíba pode acarretar custos elevados de equipamentos, transporte, mobilização de equipes e outros, recomenda-se o estudo através de simulações computacionais. Adicionalmente, recomenda-se a instalação de alguns pontos de medição para a calibração dos modelos gerados. A partir dessas avaliações, é possível a constituição de um banco de dados

para consultas futuras e elaboração de estudos de previsão da viagem de plumas de contaminação na região.

Um programa utilizado para a previsão de plumas de contaminação é o modelo IPH-A, desenvolvido pelo prof. Alejandro Borche Casallas, que foi criado com base na modelação do Lago Guaíba e foi aperfeiçoado nos estudos realizados na Lagoa dos Patos, Rio da Prata, Rio Uruguai, Lagoa Setúbal (Santa Fé, Argentina) e Praia de Ipanema (Rio Guaíba). Trata-se de um modelo baseado em métodos numéricos para a resolução de problemas relacionados ao recursos hídricos e pode ser aplicado na simulação de comportamentos hidrodinâmicos, lançamento de poluentes, pontos para captação de águas e outras (BORCHE, 1996). Outros exemplos de modelos são: IPH-ECO, SisBahia e SIAQUA-IPH.

#### **5.3.4 Instalar um Sistema de Previsão de Cheias**

A previsão de cheias combinada um sistema de alertas proporciona grande benefício à Segurança Hídrica, uma vez que contribui para a prevenção dos impactos causados pelas cheias. Previsões com antecedência de curto (horas) e médio (dias) prazo podem trazer informações necessárias para o planejamento antecipado das ações a serem realizadas na ocorrência desses eventos (FAN, 2015; MELLER, 2012).

Na bibliografia, encontram-se diversos métodos de previsão de cheias capazes de contribuir para o planejamento da segurança da população em eventos críticos. Segundo Fan (2015), alguns dos principais métodos conhecidos são:

- a) sistemas de previsão baseados em propagação de ondas de cheia;
- b) sistemas de previsão baseados em modelos de transformação de chuva em vazão;
- c) sistemas de previsão baseados em previsões quantitativas da precipitação;
- d) previsões do tempo por Ensemble (previsão por conjunto).

Além dessas, pode-se mencionar a técnica de previsão por conjunto que, inicialmente desenvolvida para previsões atmosféricas, busca minimizar as incertezas associadas às condições iniciais e/ou deficiências dos modelos utilizados para aperfeiçoar os resultados das previsões. O método combina diferentes modelos ou as diferentes condições iniciais de um único modelo para gerar um conjunto de previsões possíveis. O método pode ser utilizado na

previsão de cheias, como demonstram autores como Fan (2015), Meller (2012) e Siqueira (2015).

Uma vez que não foram encontrados sistemas de previsão de cheias para a cidade de Porto Alegre, no levantamento indireto de dados realizado neste trabalho, recomenda-se a elaboração de um sistema de previsão para complementação do sistema Metroclima, que emite alertas em situações de cheia no município.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A questão da Segurança Hídrica tem se destacado no âmbito mundial e nacional. Embora os problemas relacionados aos usos da água e desastres naturais estejam presentes há longa data, apenas nas últimas décadas surgiu o conceito da Segurança Hídrica e a mobilização dos órgãos internacionais a investir no seu planejamento. Uma vez que a temática é recente, não há consenso quanto a sua definição. Dessa forma, neste trabalho, buscou-se definir os principais itens que compõem o conceito da Segurança Hídrica, bem como elaborou-se um estudo base para a concepção de um Plano de Segurança Hídrica para a cidade de Porto Alegre. Este trabalho além de servir como um estudo base para a elaboração de um Plano de Segurança Hídrica de Porto Alegre, pode ser utilizado como um guia para cidades menores do estado do Rio Grande do Sul elaborarem seus próprios PSH.

Para alcançar os objetivos buscados realizaram-se revisão bibliográfica, levantamento indireto de dados, elaboração de diagnóstico e prognóstico para a Segurança Hídrica da cidade de Porto Alegre. A partir do levantamento indireto de dados realizado, ficou evidenciado que a existência de um Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre, bem como de um Plano da Bacia Hidrográfica do Guaíba, disponibiliza uma série informações proveitosas na elaboração de um Plano de Segurança Hídrica da cidade de Porto Alegre. Da mesma forma, municípios menores possuidores desses planos poderiam elaborar um Plano de Segurança Hídrica com maior facilidade, uma vez que o levantamento de dados torna-se mais simplificado e portanto menos custoso e mais dinâmico.

Entre todos os aspectos observados com o desenvolvimento deste trabalho, a questão de Porto Alegre ser abastecida por um principal manancial destaca-se como prejudicial, uma vez que se traduz em muitos riscos relacionados à Segurança Hídrica da cidade. No evento de contaminação do corpo hídrico, outra solução de abastecimento deverá ser adotada, por exemplo a análise da viabilidade do abastecimento através da barragem da Lomba do Sabão. O Plano de Contingência (de contaminação) existente apresenta incerteza quanto à sua funcionalidade e operacionalização, ou seja, um evento crítico que ocorra no Lago Guaíba pode acarretar em consequências consideráveis para a cidade.

Apesar de Porto Alegre possuir pouca variedade de alternativas de captação da água, o sistema de bombeamento, assim como o sistema de distribuição, aparentam ser satisfatórios, tendo em

vista que praticamente toda população da cidade é abastecida e melhorias são realizadas continuamente para tornar esses sistemas cada vez mais eficientes. Contudo, as perdas de água no sistema durante o processo de abastecimento ainda é um ponto imprescindível a ser debatido. Com a análise dos dados levantados neste trabalho, verificou-se um avanço considerável ao longo dos últimos anos para solucionar essa questão.

Em relação aos extravasamentos de água, Porto Alegre possui um Sistema de Proteção Contra Cheias - composto por diques, o muro Mauá e casas de bombas - além do trabalho realizado pelo CEIC que monitora diariamente as condições meteorológicas da cidade e os níveis dos corpos hídricos. Porém, a cidade ainda sofre consideravelmente com os problemas de alagamentos. Apesar de haver previsão de uma atualização do Plano Diretor de Drenagem Urbana e existirem diversas obras em execução ou em planejamento, apenas em locais específicos da cidade as melhorias podem ser percebidas pela população.

Este trabalho analisou ainda a qualidade da água, e demonstrou através do problema ocorrido de alteração de cheiro e sabor da água de Porto Alegre entre maio e agosto de 2016 a importância em antecipar que fontes poluidoras integrem o sistema de abastecimento da cidade. Casos como os derramamentos de poluentes no rio dos Sinos ou o caso mencionado das alterações da água, exigem técnicas de acompanhamento de plumas de contaminação para avaliação dos riscos associados a esses problemas, contribuindo para a Segurança Hídrica e a implementação de um futuro plano.

Assim, este trabalho forneceu indicações dos principais aspectos relacionados à Segurança Hídrica de Porto Alegre. Dos pontos analisados, destacaram-se o único local de captação para o abastecimento e o Plano de Contingência, incerto sobre as ações a serem tomadas em casos emergenciais de contaminação. Com menor nível de prioridade, mas também fundamentais para a garantia da Segurança Hídrica, deve-se buscar melhoria na drenagem urbana e a minimização de perdas no sistema de abastecimento. Finalmente, recomenda-se que estudos sejam realizados quanto às técnicas que devem ser operacionalizadas para a realização de ações que aumentem a Segurança Hídrica de Porto Alegre e outros municípios.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA JR., E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. **IWA Performance Indicators for Water Supply Services: manual of best practice series**. 2. ed. London: IWA Publishing, 2013. 305 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Cartilha de Orientações para a Utilização de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. 2005. Disponível em: <<http://www.abas.org/arquivos/aguasf.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Educação: águas subterrâneas, o que são?**. São Paulo, [2017]. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 11 maio 2017.

BORCHE, A. **IPH-A - Aplicativo para modelação de estuários e lagoas: manual de utilização do sistema**. IPH/UFRGS: Recursos Hídricos, n. 33, 38 f. 1996.

BORGUETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. da. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba, 2004. 214 p.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 1997. Não paginado. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 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. Brasília, 2005a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS(CPRM) – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul**. Brasília, 2005b. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa\\_hidrogeologico\\_RS.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_hidrogeologico_RS.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto n. 5.440**, de 4 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Brasília, 2005c. Não paginado. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5440.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5440.htm)>. Acesso em: 01 maio 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração Nacional. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade)**. Brasília, 2012. Não paginado. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f9cdf8bf-e31e-4902-984e-a859f54dae43&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f9cdf8bf-e31e-4902-984e-a859f54dae43&groupId=10157)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Águas. **Ana apresenta estudos de plano de contingência das bacias do rios Paraíba do Sul, Muriaé e Pomba e construção de quatro barragens e 10 canais em Minas Gerais para evitar cheias no Noroeste Fluminense**. Brasília, 2013. Não paginado. Disponível em:

<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?List=ccb75a86%2Dbd5a%2D4853%2D8c76%2Dcc46b7dc89a1&ID=12256>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Águas. **Plano Nacional de Segurança Hídrica: critérios, seleção e detalhamento de intervenções estratégicas (Termo de Referência)**. Brasília, 2014. Não paginado. Disponível em:

<[http://interguas.ana.gov.br/Lists/Licitacoes\\_Docs/Attachments/32/TDR\\_PNSH\\_Preliminar.pdf](http://interguas.ana.gov.br/Lists/Licitacoes_Docs/Attachments/32/TDR_PNSH_Preliminar.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

CENTRO INTEGRADO DE COMANDO. Metroclima. **O Sistema Metroclima**. Porto Alegre, [2017]. Não paginado. Disponível em:

<[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?p\\_secao=12](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?p_secao=12)>. Acesso em: 27 maio 2017.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. Diretoria de Operações. Superintendência de Apoio Operacional. **Diretrizes para Elaboraões do Plano de Segurança das Águas: sistemas de abastecimento**. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/upload/arquivos/201607/21163947-anexo-i-minuta-do-termo-de-referencia.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Gerenciamento de Riscos Hídricos no Brasil e o Setor Empresarial: desafios e oportunidades**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[http://www.ahkbrasiliem.com.br/fileadmin/ahk\\_brasilien/portugiesische\\_seite/departamentos/Meio\\_Ambiente/CEBDS\\_RiscoHidrico\\_BAIXA.PDF](http://www.ahkbrasiliem.com.br/fileadmin/ahk_brasilien/portugiesische_seite/departamentos/Meio_Ambiente/CEBDS_RiscoHidrico_BAIXA.PDF)>. Acesso em: 27 maio 2017.

COOK, C.; BAKKER, K. **Water security: debating an emerging paradigm**. *Global Environmental Change*, v. 22, n. 1, p. 94-102, 2012. Disponível em: <<http://web.mit.edu/mission/www/m2017/pdfs/watsec.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. Diretoria de Operações. Superintendência de Apoio Operacional. **Após conclusão de obra para qualificar abastecimento, sistema está normalizado em Gravataí e Cachoeirinha**. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/corsan-realiza-melhorias-em-bombeamento-para-qualificar-sistema-de-abastecimento-de-gravatai-e-cachoeirinha>>. Acesso em: 27 maio 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **Tratamento de Água**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <[http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA\\_TratamentoDeAgua.pdf](http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_TratamentoDeAgua.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. **Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 3, p. 59-71, 2008. Disponível em: <[http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/abb19115d83c96bf49afa9c199f7fb64\\_0ad22f3d319c6cb84588fa97a05d96cf.pdf](http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/abb19115d83c96bf49afa9c199f7fb64_0ad22f3d319c6cb84588fa97a05d96cf.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2017.

ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY VICTORIA. **Water: point and nonpoint sources of water pollution**. Melbourne, 2012. Não paginado. Institucional website of EPA

Victoria. Disponível em: <<http://www.epa.vic.gov.au/your-environment/water/protecting-victorias-waters/point-and-nonpoint-sources-of-water-pollution>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

FAN, F.M. **Ambiente e Sociedade**: principais conceitos. ago./dez. 2016. 81 p. Notas de Aula.

FAN, F. M.; COLLISCHON, W.; RIBO, 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, out./dez. 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522013000400359&script=sci\\_arttext#B18](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522013000400359&script=sci_arttext#B18)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

FAN, F. M. Previsão por conjunto de vazões afluentes a reservatórios em grandes bacias hidrográficas brasileiras. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/127309>>. Acesso em: 03 jun. 2017. GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **IT 179: Saneamento Básico**. cap. 4. Rio de Janeiro, 2007 (Apostila). Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Capit%204%20parte%202.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2017.

GOPAL, P. R.; NOWBUTH, M. D.; BAGUANT-MOONSHIRAM, Y. Water quality indexing for predicting variation of water quality over time. **University of Mauritius Research Journal**: research week 2008, Réduit, Mauritius, v. 15, p. 186-199, 2009. Disponível em: <<https://www.ajol.info/index.php/umrj/article/viewFile/131034/120619>>. Acesso em: 01 maio 2017.

HESPAHOL, I. Recarga artificial de aquíferos. **Revista da Fundação de Apoio à Tecnologia (FAT)**, v.33, n.1, p.25-29, 2006. Disponível em: <[http://biton.uspnet.usp.br/cirra/wp-content/uploads/2013/09/Recarga\\_FAT.pdf](http://biton.uspnet.usp.br/cirra/wp-content/uploads/2013/09/Recarga_FAT.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS RENOVÁVEIS. **Laudo Técnico Preliminar**: impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias\\_ambientais/laudo\\_tecnico\\_preliminar.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. 2. ed. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2009. 104p. Disponível em: <[http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/cart\\_AG\\_SB.pdf](http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/cart_AG_SB.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2017.

MAHFUZ, E. da C. **Proposta 1**: Arroio Dilúvio, 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/11.123/3803?page=2>>. Acesso em: 13 maio 2017.

MARKOVIC, N.; STANIMIROVIC, A.; STOIMENOV, L. **Sensor web for river water pollution monitoring and alert system**. In: 12th AGILE International Conference on Geographic Information Science “Advances in GIScience”, Hannover, Germany, ISSN. 2009. p. 2073-8013. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Aleksandar\\_Stanimirovic/publication/267403684\\_Sensor\\_Web\\_for\\_River\\_Water\\_Pollution\\_Monitoring\\_and\\_Alert\\_System/links/547f12390cf2c1e3d2dc3bbc.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Aleksandar_Stanimirovic/publication/267403684_Sensor_Web_for_River_Water_Pollution_Monitoring_and_Alert_System/links/547f12390cf2c1e3d2dc3bbc.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2017.

MELLER, A. **Previsão de cheias por conjunto em curto prazo**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/70057>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

PEREIRA, D. M. **Laboratório da PUCRS simula mapa de alagamentos em Porto Alegre**. Jornal Zero Hora (digital), Clicrbs, 06 de maio de 2014. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/vida-e-estilo/noticia/2014/05/laboratorio-da-pucrs-simula-mapa-de-alagamentos-em-porto-alegre-4492966.html>>. Acesso em: 01 maio 2017.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. Drenagem Urbana. **Arroio Dilúvio**. Porto Alegre, Prefeitura Municipal, [2017]a. Não paginado. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=71](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=71)>. Acesso em: 13 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento de Esgotos Pluviais. Drenagem Urbana. Proteção Contra Cheias. **Casas de Bombas**. Porto Alegre, Prefeitura Municipal, [2017]b. Não paginado. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=73](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=73)>. Acesso em: 13 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento de Esgotos Pluviais. Drenagem Urbana. Topografia e Cheias. **Características Topográficas e Cheias na Cidade**. Porto Alegre, Prefeitura Municipal, [2017]c. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=65](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=65)><sup>1</sup>. Acesso em: 13 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento de Esgotos Pluviais. Obras e Projetos. Conduto Álvaro Chaves. **Maior Obra de Drenagem da Capital**. Porto Alegre, Prefeitura Municipal, [2017]d. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?reg=1&p\\_secao=89](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?reg=1&p_secao=89)>. Acesso em: 13 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento de Esgotos Pluviais. Obras e Projetos. Conduto Álvaro Chaves. **Mapas: o projeto**. Porto Alegre, Prefeitura Municipal, [2017]e. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu\\_doc/o\\_projeto.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/o_projeto.pdf)>. Acesso em: 13 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento Municipal De Água E Esgotos. **Plano Diretor de Água**. 4 ed. Porto Alegre: 2010. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/pda\\_completo.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/pda_completo.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento Municipal De Água E Esgotos. **Plano Municipal de Saneamento Básico**: modalidade abastecimento de água. 1 ed. Porto Alegre: 2013. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/modalidade\\_abastecimento\\_d\\_e\\_agua.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/modalidade_abastecimento_d_e_agua.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento Municipal De Água E Esgotos. **Plano Municipal de Saneamento Básico**: prognóstico, objetivo e metas. Porto Alegre: Oficinas Litográficas do DMAE, 2015. v. 2. Disponível em:

<sup>1</sup> entrando no site <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=65](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=65)>, localize e selecione o item <Acesse aqui quadro com comparativo das cheias em Porto Alegre> para descarregamento do arquivo <quadro\_cheias.doc>.

<[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/02\\_pmsb\\_prognostico\\_objetivos metas\\_web.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/02_pmsb_prognostico_objetivos metas_web.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento Municipal De Água E Esgotos. **Plano Municipal de Saneamento Básico**: programas, participação social e indicadores. Porto Alegre: Oficinas Litográficas do DMAE, 2015b. v. 3. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/03\\_pmsb\\_programas\\_participa\\_social\\_indicadores\\_web.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/03_pmsb_programas_participa_social_indicadores_web.pdf)>. Acesso em: 13 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento Municipal De Água E Esgotos. **A serviço da população de Porto Alegre**. Porto Alegre: [2016]. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p\\_secao=173](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=173)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento Municipal De Água E Esgotos. **Relatório sobre a percepção de gosto e odor na água tratada para consumo humano nos meses de maio a agosto de 2016**. rev. 2. Porto Alegre: 2016. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/relat\\_completo\\_mai\\_ago\\_2016.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/relat_completo_mai_ago_2016.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento de Esgotos Pluviais. Drenagem Urbana. Proteção Contra Cheias. **Casas de Bombas**. Porto Alegre, Prefeitura Municipal, [2017]. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=73](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=73)>. Acesso em: 01 maio 2017.

RAUBER, V. **Prevenir é o melhor remédio**. Porto Alegre: Prefeitura Municipal, 1992

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. Porto Alegre, [2017]. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/bacia-hidrografica-do-rio-gravatai>>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Qualidade Ambiental**. Porto Alegre, c2017a. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/guaiba.asp>>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Regiões Hidrográficas do Estado do RS**. Porto Alegre, c2017b. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/regioes\\_hidro.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/regioes_hidro.asp)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Índice de Qualidade das Águas**. Porto Alegre, [2012]a. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp>>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Caí**. Porto Alegre, [2012]b. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade\\_cai/cai.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_cai/cai.asp)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos**

**Sinos.** Porto Alegre, [2012]c. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade\\_sinos/sinos.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.** Porto Alegre, [2012]d. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade\\_gravatai/gravatai.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_gravatai/gravatai.asp)>. Acesso em: 01 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí.** Porto Alegre, [2012]e. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade\\_jacui/jacui.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_jacui/jacui.asp)>. Acesso em: 01 maio 2017.

RICHTER, B. D.; DAVIS, M. M.; APSE, C.; KONRAD, C. A presumptive standard for environmental flow protection. **River Research and Applications**, v. 28, n. 8, p. 1312-1321, 2012.

RODRIGUES, D. B. B. **Assessment of water security using conceptual, deterministic and stochastic frameworks.** 2014. 108 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Engenharia Sanitária – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SIQUEIRA, V. A. **Previsão de cheias por conjunto em curto a médio prazo:** Bacia do Taquari-Antas/RS. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/147137>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

SMAKHTIN, V.; REVENGA, C.; DÖLL, P. A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity. **Water International**, v. 29, n. 3, p. 307-317, 2004.

TELLES, W. R.; RODRIGUES, P. P. G. W.; SILVA NETO, A. J.; SANTIAGO, O. L.; MESA, M. I.; LUGON JR, J. **Simulação de uma Pluma de Contaminantes no Rio Macaé Utilizando Redes Neurais Artificiais.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, n. 2, p. 165-174, 2013. Disponível em: <[http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/67ba98f2f7dff990d90418270ad7ee68\\_349db00e06eb1c1879ec2cacf345eba5.pdf](http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/67ba98f2f7dff990d90418270ad7ee68_349db00e06eb1c1879ec2cacf345eba5.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2017.

TUCCI, C. E. M. **Conflitos do controle de inundação ribeirinha em Porto Alegre.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13., 1999, Belo Horizonte. Anais... Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13., 1999. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/conflitosinudacao.pdf>> Acesso em: 01 maio 2017.

UN-WATER. **Water Security and the Global Warming Agenda:** a UN-Water analytical brief. 37 p. New York, 2013. Disponível em: <[http://www.unwater.org/downloads/watersecurity\\_analyticalbrief.pdf](http://www.unwater.org/downloads/watersecurity_analyticalbrief.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. **Water Security.** New York, [2016]. Disponível em: <<http://www.unwater.org/topics/water-security/en/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

VARGAS, B. **Mudança de ponto de captação de água em Porto Alegre não deve ocorrer antes de 2020.** Jornal Zero Hora (digital), Clicrbs, 26 de setembro de 2016. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/porto-alegre/noticia/2016/07/mudanca-de-ponto-de-captacao-de-agua-em-porto-alegre-nao-deve-ocorrer-antes-de-2020-6883600.html#showNoticia=bFBQLCM0clk0NDMwMzgzOTE5NTYwNDAwODk2KVkqMTYwMzQ2OTcwNTYwMDI3MzkzMjxROzI2MjU4OTMxOTg3MjMwMjI4NDgzLDsyUCFMO2MIMHVxOFIAaD0=>>> Acesso em: 01 maio 2017.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. (2. reimpr.). Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Escola de Engenharia, UFMG, 1996 (impr. 1998). v. I.

WEBER, J. R. **Com 2m10cm, nível do Guaíba atinge situação de cheia.** Jornal Zero Hora (digital), Clicrbs, 01 de junho de 2017. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/porto-alegre/noticia/2017/06/com-2m10cm-nivel-do-guaiba-atinge-situacao-de-cheia-9805668.html>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

WORLD WATER COUNCIL. Marseille, 2016. Não paginado. Institucional website of the World Water Council. Disponível em: <<http://www.worldwatercouncil.org>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

## **APÊNDICE A – Indicadores**



A seguir, são apresentados os indicadores recomendados no capítulo 10 deste trabalho para auxiliar na elaboração de um Plano de Segurança Hídrica.

***Indicador de escassez dos recursos hídricos (RODRIGUES, 2014, p. 63)***

No trabalho desenvolvido por Rodrigues (2014), os indicadores propostos estão relacionados a um local específico (sub-bacia) (x) e a um tempo do ano (mês) (t). Assim, o cálculo da vazão disponível para o abastecimento foi dado por:

$$BW\text{-Provision}_{(i,x,t)} = Q_{(x,t)} - EFR_{(i,x,t)} \quad (A.1)$$

Onde:

$BW\text{-Provision}_{(i,x,t)}$ : Vazão disponível para o abastecimento ( $L^3/T$ );

$Q_{(x,t)}$ : Vazão diária do caudal ( $L^3/T$ );

$EFR_{(i,x,t)}$ : Vazão ecológica ( $L^3/T$ ).

Segundo a autora, a vazão ecológica corresponde à vazão necessária para a manutenção do ecossistema em um determinado mês do ano e local. Essa vazão pode ser calculada conforme diferentes métodos (indexados por i, na equação).

No trabalho de Rodrigues (2014), foram empregados 3 métodos para a estimativa da vazão ecológica:

- a) Método da vazão  $Q_{7,10}$ : a vazão ecológica corresponde à vazão mínima média de 7 dias com período de recorrência de 10 anos;
- b) Método de Richter et al (2012): assume que a vazão ecológica corresponde a 80% da vazão média mensal do caudal a longo prazo ( $L^3/T$ );
- c) Método de Smakhtin et al (2004) adaptado: a vazão ecológica corresponde à soma da vazão mínima para a manutenção da vida aquática durante o ano e da vazão necessária para a manutenção do rio, das áreas de inundação e vegetação ribeirinha.

Assim, o indicador de escassez dos recursos hídricos é dado por:

$$BW\text{-Scarcity}_{(i,x,t)} = BW\text{-Footprint}_{(x,t)} / \text{Median } BW\text{-Provision}_{(i,x,t)} \quad (A.2)$$

Onde:

BW-Scarcity<sub>(i,x,t)</sub>: Indicador de escassez dos recursos hídricos;

BW-Footprint<sub>(x,t)</sub>: Vazão de água consumida em atividades humanas em um local específico (sub-bacia) e tempo específico do ano (mês);

Median BW-Provision<sub>(i,x,t)</sub>: 50° percentil da vazão disponível para o abastecimento, considerando cada método para determinação da vazão ecológica (indexados por i) (L<sup>3</sup>/T).

***Indicador de vulnerabilidade dos recursos hídricos (RODRIGUES, 2014, p. 64)***

Segundo a autora, a vulnerabilidade dos recursos hídricos indica a suscetibilidade à falta de água para as atividades humanas em condições de baixa vazão ou seca. No trabalho desenvolvido, a autora definiu o indicador em função das condições históricas de baixa vazão e captação de água doce, conforme:

$$\text{BW-Vulnerability}_{(i,x,t)} = \text{BW-Abstraction}_{(x,t)} / \text{BW-Provision (P}_{30})_{(i,x,t)} \quad (\text{A.3})$$

Onde:

BW-Vulnerability<sub>(i,x,t)</sub>: Indicador de vulnerabilidade dos recursos hídricos;

BW-Abstraction<sub>(x,t)</sub>: Soma de outorgas para captação de água doce na bacia (L<sup>3</sup>/T);

BW-Provision (P<sub>30</sub>)<sub>(i,x,t)</sub>: 30° percentil da vazão disponível para o abastecimento, considerando cada método para determinação da vazão ecológica (indexados por i) (L<sup>3</sup>/T).

***Indicador de ineficiência do uso de recursos hídricos (ALEGRE et al, 2013, p. 151)***

O indicador representa a razão entre as perdas reais durante o período avaliado e o volume de entrada do sistema durante o período avaliado. Os autores recomendam que este indicador não seja avaliado por períodos inferiores a um ano, uma vez que pode levar a conclusões imprecisas. Caso um período de avaliação inferior a um ano não puder ser evitado, é necessária cautela na interpretação dos resultados. Além disso, este indicador não é recomendado para utilização como medida de eficiência da gestão da transmissão e/ou do sistema de distribuição. Assim, o indicador é definido por:

$$\text{WR1} = \text{A19} / \text{A3} \times 100 \quad (\text{A.4})$$

Onde:

WR1: Indicador de ineficiência de recursos hídricos;

A3: Volume de entrada do sistema (m<sup>3</sup>);

A19: Perdas reais (m<sup>3</sup>).

***Indicador de disponibilidade de recursos hídricos (ALEGRE et al, 2013, p. 152)***

O indicador relaciona o volume de entrada do sistema durante o período avaliado com a produção anual de recursos próprios e o subsídio anual de água importado. Os autores recomendam que este indicador não seja avaliado por períodos inferiores a um ano, uma vez que pode levar a conclusões imprecisas. Os valores anuais devem ser preferencialmente analisados ao longo de vários anos e não isoladamente. Caso um período de avaliação inferior a um ano não puder ser evitado, é necessária cautela na interpretação dos resultados.

Um valor de 100% para este indicador expressa que todos os recursos disponíveis estão em utilização. Apesar das dificuldades de avaliação e fiscalização, este parâmetro é utilizado como ferramenta de gerenciamento, particularmente em áreas de crescimento rápido ou áreas sujeitas a problemas de escassez. Assim, o indicador é definido por:

$$WR2 = A3 \times 365 / H1 / (A1+A2) \times 100 \quad (A.5)$$

Onde:

WR2: Indicador de disponibilidade de recursos hídricos;

A1: Produção anual de recursos próprios (m<sup>3</sup>/ano);

A2: Subsídio anual de água importado (m<sup>3</sup>/ano);

A3: Volume de entrada do sistema (m<sup>3</sup>);

H1: Período avaliado (dia).

***Indicador de reuso de recursos hídricos (ALEGRE et al, 2013, p. 152)***

O indicador representa a razão entre a água fornecida reutilizada durante período avaliado e o volume de entrada do sistema durante o período avaliado. Os autores recomendam que este indicador não seja avaliado por períodos inferiores a um ano, uma vez que pode levar a

conclusões imprecisas. Caso um período de avaliação inferior a um ano não puder ser evitado, é necessária cautela na interpretação dos resultados. Este indicador é aplicável aos sistemas quando há necessidade de uso das águas residuais tratadas para complementação dos recursos hídricos convencionais disponíveis.

$$WR4 = A22 / A3 \times 100 \quad (A.6)$$

Onde:

WR4: Indicador de reuso de recursos hídricos;

A3: Volume de entrada do sistema (m<sup>3</sup>);

A22: Água fornecida reutilizada (m<sup>3</sup>).

## **ANEXO A – Obras e Datas Previstas**

Figura I - Obras e Datas Previstas Sistema São João

	<b>Obra Prevista</b>	<b>Data Prevista</b>
<b>Captação de Água Bruta</b>	- Novo canal de captação.	- 2014 até 2016.
<b>Estação de Bombeamento de Água Bruta</b>	- Substituição dos inversores de frequência.	- 2017 até 2018.
	- Ampliação EBAT Sarandi;	- 2014 até 2015;
	- Ampliação EBAT M. Elias I e II;	- 2014 até 2015;
<b>Adutora de Água Bruta</b>	- Av. Pernambuco e XVIII de Novembro;	- 2014 até 2015;
	- Dona Teodora e Frederico Mentz;	- 2014 até 2015;
	- Duplicação Av. A. J. Renner;	- 2014;
	- Av. Severo Dullius;	- 2014;
	- Sarandi.	- 2022 até 2023.
<b>Estação de Tratamento de Água</b>	- Bacia de Contenção;	- 2016;
	- Recuperação da câmara de mistura e reservatório de água tratada;	- 2014;
	- Reforma de dois superpulsator;	- 2014;
	- Construção do sistema de alcalinização hidróxido de sódio;	- 2015;
	- Sistema de destinação dos lodos para tratamento;	- 2017 até 2018;
	- Recuperação dos reservatórios de lavagem dos filtros.	- 2025.
<b>Reservatório</b>	- Novo Reservatório Pedreira;	- 2016 até 2018;
	- Ampliação Reservatório Jaú Elevado;	- 2025;
	- Ampliação Reservatório Ary Tarrago;	- 2016 até 2017;
	- Ampliação Reservatório Manuel Elias III.	- 2020 até 2021.
<b>Subsistema e Extensão de Rede</b>	- Redes Rua José Aloísio;	- 2014;
	- Redes 4º Distrito;	- 2027 até 2030;
	- Redes Bairro Maria Goretti.	- 2025 até 2026.
<b>Estudos</b>	- Estudo de áreas para aumento reservação;	- Sem data.
	- Estudo Ampliação Subsistema EBAT Sarandi/Reservatório Ary Tarrago.	

(fonte: adaptado de PORTO ALEGRE, 2013)

Figura II - Obras e Datas Previstas Sistema Menino Deus

	<b>Obra Prevista</b>	<b>Data Prevista</b>
<b>Estação de Bombeamento de Água Bruta</b>	- Ampliação EBAT Padre Cacique;	- 2015;
	- Ampliação EBAT Cidade Jardim;	- 2014;
	- Ampliação EBAT São Jorge I;	- 2022;
	- Ampliação EBAT Belém Velho II;	- 2018;
	- Ampliação EBAT São Manoel.	- 2020.
<b>Adutora de Água Bruta</b>	- Recalque Padre Cacique e Redes de Distribuição;	- 2015 até 2016;
	- Recalque EBAT Cristiano Fischer até Av. Bento Gonçalves.	- 2015.
<b>Estação de Tratamento de Água</b>	- Ampliação no sistema Menino Deus;	- 2015 até 2017;
	- Sistema Abatimento Cloro	- 2016 até 2017;
	- Unidade Carvão Ativado;	- 2025;
	- Sistema Alcalinização hidróxido Sódio;	- 2015 até 2016;
	- Reforma das unidades filtrantes;	- 2014;
	- Recuperação das paredes divisórias entre os decantadores, recup. Calha coletora água decantada) e construção sistema coleta de água;	- 2015 até 2016;
	- Destinação dos lodos da ETA;	- 2019 até 2020;
	- Construção de espaço laboratorial para controle de qualidade.	- 2017.
<b>Reservatório</b>	- Ampliação Reservatório Belém Velho III.	- 2015.
<b>Estudos</b>	- Estudo e Projetos para ampliação do sistema de produção Menino Deus;	- 2014;
	- Estudo de áreas para ampliação dos reservatórios São Luiz, Clemente Pinto, Orfanotrófio e Cidade Jardim;	- Sem data.
	- Estudo para ampliação do subsistema Belém Velho;	
	- Melhor delimitação subsistemas Vila Brasília;	

	- Estudo para ampliação da EBAT Cristiano Fischer.	
--	--	--

(fonte: adaptado de PORTO ALEGRE, 2013)

Figura III - Obras e Datas Previstas Sistema Belém Novo

	<b>Obra Prevista</b>	<b>Data Prevista</b>
<b>Estação de Bombeamento de Água Bruta</b>	- EBAB – Instalação de Comportas-Stop log, estrada 2ª câmara;	- 2015;
	- Ampliação da EBAT Boa Vista;	- 2018;
	- Nova EBAB Arado Velho;	- 2016 até 2017;
	- Nova EBAT Restinga;	- 2016 até 2017;
	- Ampliação EBAT Restinga II.	- 2018.
<b>Adutora de Água Bruta</b>	- Ampliação adutora Boa Vista;	- 2018;
	- Adutora Av. Edgar Pires de Castro;	- 2014;
	- Adutora interligando novo Reservatório João O. Remião II/ Reservatório Dolores Duran II;	- 2015 até 2016;
	- Adutora de sucção e recalque de água bruta;	- 2015 até 2017;
	- Adutora de interligação nova EBAT Restinga/adutora existente;	- 2017;
	- Adutora Recalque Restinga II/adutora existente;	- 2018;
	- Adutora Lageado.	- 2019 até 2020.
<b>Estação de Tratamento de Água</b>	- Recuperação do Reservatório de Lavagem Filtros;	- 2014;
	- Destinação dos lodos da ETA;	- 2024 até 2025;
	- Sistema Abatimento Cloro;	- 2024;
	- Confeção e instalação de comportas nas caixas de interligação dos reservatório de água tratada;	- 2016;
	- Nova ETA Arado Velho.	- 2015 até 2016.
<b>Reservatório</b>	- Ampliação Reservatório Boa Vista;	- 2019 até 2020;
	- Reservatório Cristiano Kraemer;	- 2014 até 2015;
	- Ampliação Reservatório Restinga;	- 2014;
	- Novo Reservatório Vila Castelo;	- 2015;



	- Novo Reservatório Lageado.	- 2020 até 2021.
<b>Estudos</b>	- Projetos para Sistema Belem Novo e Arado Velho.	- 2014 até 2015.

(fonte: adaptado de PORTO ALEGRE, 2013)

Figura IV - Obras e Datas Previstas Sistema Ilha da Pintada

	<b>Obra Prevista</b>	<b>Data Prevista</b>
<b>Estação de Tratamento de Água</b>	- Reforma da ETA incluído construção das unidades de hipoclorito, alcalinização, carvão ativado, dióxido de cloro, PAC, ácido fluossilícico, reservatório lavagem filtros, desidratação e recirculação de lodos e reforma geral do prédio.	- 2014 até 2015.
<b>Reservatório</b>	- 2º Reservatório Elevado.	- 2016.

(fonte: adaptado de PORTO ALEGRE, 2013)

Figura V - Obras e Datas Previstas Sistema Tristeza

	<b>Obra Prevista</b>	<b>Data Prevista</b>
<b>Adutora de Água Bruta</b>	- Substituição adutora sucção EBAT Balneários – Av. Guaíba;	- 2014 até 2015;
	- Redes de reforça para o Sistema.	- 2016.
<b>Estação de Tratamento de Água</b>	- Recuperação do floculador;	- 2020;
	- Recuperação de decantador, calhas coleta água decantada;	- 2025;
	- Fechamento Casa de cloro/Sist. Abatimento de cloro;	- 2022;
	- Destinação do lodo.	- 2028 até 2029.
<b>Reservatório</b>	- Ampliação do Reservatório Moema.	- 2014 até 2015.
<b>Estudos</b>	- Pesquisas de áreas p/ampliação Reservatório Coroados e Jardim Isabel III.	- Sem data.

(fonte: adaptado de PORTO ALEGRE, 2013)

## **ANEXO B – Quadro dos Valores Médios**

Figura I - Quadro dos Valores Médios do Sistema São João 2016

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Limites	Unidades
Coliformes Totais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausência em 100mL	-
Cloro Res. Livre	0,9	0,9	1,2	1,2	1,0	0,4	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,6	Mín. 0,2	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Cloro Res. Combinado	0,5	0,8	0,6	0,6	0,8	2,1	2,1	2,0	1,2	1,4	0,8	1,0	Mín. 2,0	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Turbidez	0,8	1,1	1,1	0,9	1,0	0,6	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,8	Máx. 5,0	UT
pH	6,3	5,9	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	De 6,0 a 9,5	-
Cor Aparente	2	4	6	3	3	2	1	1	1	2	2	2	Máx. 15	Mg Pt-Co/L

(fonte: PORTO ALEGRE, 2016)

Figura II - Quadro dos Valores Médios do Sistema Menino Deus 2016

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jun	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Limites	Unidades
Coliformes Totais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausência em 100mL	-
Cloro Res. Livre	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,1	0,2	0,2	0,6	0,5	0,6	0,6	Mín. 0,2	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Cloro Res. Combinado	0,6	0,8	0,9	0,8	1,0	3,1	2,8	2,5	1,3	1,1	1,0	0,9	Mín. 2,0	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Turbidez	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	Máx. 5,0	UT
pH	6,3	6,1	6,2	6,3	6,3	6,5	6,4	6,3	6,3	6,2	6,1	6,1	De 6,0 a 9,5	-
Cor Aparente	3	4	3	4	2	2	1	2	2	3	2	2	Máx. 15	Mg Pt-Co/L

(fonte: PORTO ALEGRE, 2016)

Figura III - Quadro dos Valores Médios do Sistema Belém Novo 2016

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jun	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Limites	Unidades
Coliformes Totais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausência em 100mL	-
Cloro Res. Livre	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	Mín. 0,2	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Cloro Res. Combinado	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	Mín. 2,0	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Turbidez	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,8	0,7	Máx. 5,0	UT
pH	6,4	6,3	6,4	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5	6,5	6,4	6,6	De 6,0 a 9,5	-
Cor Aparente	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	Máx. 15	Mg Pt-Co/L

(fonte: PORTO ALEGRE, 2016)

Figura IV - Quadro dos Valores Médios do Sistema Ilha da Pintada 2016

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jun	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Limites	Unidades
Coliformes Totais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausência em 100mL	-
Cloro Res. Livre	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6	0,4	0,5	Mín. 0,2	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Cloro Res. Combinado	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	Mín. 2,0	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Turbidez	0,6	0,5	0,6	0,6	0,8	0,5	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	Máx. 5,0	UT
pH	6,3	6,2	6,3	6,2	6,3	6,6	6,5	6,4	6,5	6,4	6,3	6,5	De 6,0 a 9,5	-
Cor Aparente	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	Máx. 15	Mg Pt-Co/L

(fonte: PORTO ALEGRE, 2016)

Figura V - Quadro dos Valores Médios do Sistema Tristeza 2016

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jun	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Limites	Unidades
Coliformes Totais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausência em 100mL	-
Cloro Res. Livre	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,2	0,2	0,5	0,7	0,8	0,7	0,6	Mín. 0,2	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Cloro Res. Combinado	0,4	0,4	0,6	0,5	0,6	1,4	1,4	0,9	0,6	0,5	0,6	0,6	Mín. 2,0	Mg Cl <sub>2</sub> /L
Turbidez	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,6	Máx. 5,0	UT
pH	6,3	6,4	6,4	6,4	6,4	6,5	6,4	6,4	6,5	6,4	6,4	6,5	De 6,0 a 9,5	-
Cor Aparente	2	3	3	3	2	2	1	2	2	3	4	2	Máx. 15	Mg Pt-Co/L

(fonte: PORTO ALEGRE, 2016)