



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

---

**WALTER LORENZO ZILIO MOTTA DE SOUZA**

**PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA  
BENTO GONÇALVES, RIO GRANDE DO SUL**

Porto Alegre

Julho 2014

**WALTER LORENZO ZILIO MOTTA DE SOUZA**

**PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA  
BENTO GONÇALVES, RIO GRANDE DO SUL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO  
APRESENTADO AO CURSO DE  
ENGENHARIA AMBIENTAL DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO  
GRANDE DO SUL COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Orientador: Dieter Wartchow

Porto Alegre

Julho 2014

WALTER LORENZO ZILIO MOTTA DE SOUZA

PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA BENTO GONÇALVES,  
RIO GRANDE DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em 10/07/2014 pela Comissão avaliadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora:

.....  
Prof. Dieter Wartchow – Orientador  
Departamento de Obras Hidráulicas  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS

.....  
Engº Salzano José Barreto de Oliveira  
Chefe da Divisão de Vigilância Ambiental em Saúde  
Centro Estadual de Vigilância em Saúde  
Secretaria Estadual da Saúde – RS

.....  
Profª Juliana Kaiber da Silva  
Departamento de Hidromecânica e Hidrologia  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS

Conceito:.....

## RESUMO

SOUZA, W. L. Z. M. Plano de Segurança da Água: uma proposta metodológica para Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. 2014. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia; Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Este estudo busca difundir a metodologia de gerenciamento de riscos aplicada ao controle da qualidade da água para consumo humano, denominada Plano de Segurança da Água. Para tanto, é realizado um estudo aplicado ao município de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, de forma a identificar as metodologias de gestão de riscos mais adequadas para o caso. A maior parte do município é abastecida pela Companhia Rio-grandense de Saneamento, a qual capta em média 400 litros por segundo de água em dois reservatórios artificiais (Barragem do Moinho e Barragem Barracão), trata-a através de processos convencionais, armazena-a em 23 reservatórios e distribui-a através de 325 quilômetros de rede. Através de informações acerca dos problemas relacionados ao sistema de abastecimento de água, propôs-se que sejam utilizadas metodologias de gestão de riscos mais básicas (como HAZID e APR) para as etapas menos críticas (captação e tratamento); e metodologias que exigem maior detalhamento e nível de conhecimento para analisar e avaliar os riscos do sistema de distribuição, propondo por fim o uso de mapas de riscos e simulações hidráulicas.

Palavras-chave: plano de segurança da água; água para consumo humano; controle da qualidade da água; avaliação de risco; segurança da água.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	17
<b>3. A NECESSIDADE DE UMA ABORDAGEM PREVENTIVA</b> .....	17
<b>4. OS FUNDAMENTOS DE UM PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA</b> .....	19
4.1. SEGURANÇA, RISCO, PERIGO E VULNERABILIDADE .....	19
4.2. PRINCÍPIO DAS MÚLTIPLAS BARREIRAS .....	21
4.3. GERENCIAMENTO DE RISCO E METODOLOGIAS APLICÁVEIS .....	24
4.3.1. <b>Análise dos Riscos</b> .....	25
4.3.2. <b>Avaliação dos Riscos</b> .....	31
4.3.3. <b>Controle dos Riscos</b> .....	32
<b>5. MODELO CONCEITUAL DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA</b> .....	33
5.1. CONTEXTO DA SAÚDE PÚBLICA .....	34
5.2. VIGILÂNCIA INDEPENDENTE .....	35
5.3. O PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA .....	36
5.3.1. <b>Etapas Preliminares</b> .....	38
5.3.2. <b>Avaliação do Sistema</b> .....	39
5.3.3. <b>Monitoramento Operacional</b> .....	43
5.3.4. <b>Planos de Gestão</b> .....	45
<b>6. ÁREA DE ESTUDO: O MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES</b> .....	46
6.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DE SANEAMENTO .....	47
6.2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BENTO GONÇALVES .....	49
6.2.1. <b>Captação</b> .....	49
6.2.2. <b>Tratamento</b> .....	50
6.2.3. <b>Reservação e Distribuição</b> .....	51
6.2.4. <b>Problemas associados ao Sistema de Abastecimento de Água do município</b> .51	
<b>7. METODOLOGIA</b> .....	51
<b>8. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA UM PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES</b> .....	53
8.1. ESCOPO DO PLANO.....	53
8.2. CONSTITUIÇÃO DA EQUIPE .....	55
8.3. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES.....	59
8.4. GERENCIAMENTO DOS RISCOS .....	60

<b>8.4.1. Gerenciamento dos Riscos na Bacia de Captação (Sub-Bacia do Rio Burati)</b>	<b>60</b>
<b>8.4.2. Gerenciamento dos Riscos na Estação de Tratamento de Água .....</b>	<b>63</b>
<b>8.4.3. Gerenciamento dos Riscos na Rede de Distribuição e Reservatórios .....</b>	<b>64</b>
<b>8.5. PLANOS DE GESTÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>8.6. CONTEXTO E OBJETIVOS DE SAÚDE PÚBLICA .....</b>	<b>67</b>
<b>8.7. VIGILÂNCIA INDEPENDENTE .....</b>	<b>67</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Meios de entrada das substâncias químicas na água. ....	13
Figura 2 — Evolução do número de parâmetros monitorados pelas sucessivas regulamentações nos Estados Unidos. De 1914 a 1962 o USPHS foi responsável sobre a matéria, tendo a USEPA assumido tais funções a partir da década de 1970. ....	14
Figura 3 — Evolução do número de parâmetros monitorados nas três edições do “ <i>Guidelines for Drinking-Water Quality</i> ” (1983, 1993 e 2004). ....	15
Figura 4 — Quadro conceitual do princípio das múltiplas barreiras. ....	23
Figura 5 — Relação qualitativa entre risco, perigo e barreiras. ....	23
Figura 6 — Quadro conceitual de aplicação da gestão de risco na segurança da água. ....	24
Figura 7 — Matriz de riscos. ....	28
Figura 8 — Quadro conceitual do Plano de Segurança da Água. ....	34
Figura 9 — Etapas completas de um Plano de Segurança da Água. ....	37
Figura 10 — Metodologia da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle. ....	44
Figura 11 — Localização de Bento Gonçalves no Estado do Rio Grande do Sul e na Aglomeração Urbana do Nordeste. ....	46
Figura 12 — Sub-bacias do Taquari-Antas que compõem o município de Bento Gonçalves. ....	47
Figura 13 — Situação do abastecimento de água na zona urbana (a) e na zona rural (b) de Bento Gonçalves. ....	48
Figura 14 — Esquema representativo do sistema de abastecimento de água de Bento Gonçalves. ....	50
Figura 15 — Esquema ilustrativo da metodologia utilizada na condução deste trabalho. ...	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Métodos de análise de riscos empregados para a segurança da água. ....	30
Quadro 2 — Exemplos de dados comumente usados para a elaboração de um Plano de Segurança da Água. ....	40
Quadro 3 — Exemplos de eventos perigosos. ....	42
Quadro 4 — Situação do esgotamento sanitário no município de Bento Gonçalves. ....	47
Quadro 5 — Uso e ocupação do solo na sub-bacia do Rio Burati. ....	50
Quadro 6 — Relação de <i>stakeholders</i> e etapas às quais estão relacionados. ....	56
Quadro 7 — Matriz de responsabilidades. ....	58
Quadro 8 — Exemplo de planilha de registro para identificação de perigos. ....	61



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGERGS — Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul

APR — Análise Preliminar de Riscos

ARQ — Análise de Risco Quantitativa

CCME — *Canadian Council of Ministers of the Environment*

CORSAN — Companhia Rio-grandense de Saneamento

DDT — diclorodifeniltricloroetano

EBA — Estação de Bombeamento de Água

ETA — Estação de Tratamento de Água

FMEA — Análise de Efeitos e Modos de Falha

HAZID — *hazard identification*

HAZOP — *hazard and operability analysis*

IWA — *International Water Association*

MS — Ministério da Saúde

WHO — Organização Mundial da Saúde

PSA — Plano de Segurança da Água

SES — Secretaria Estadual da Saúde do Rio Grande do Sul

SIG — Sistemas de Informações Geográficas

SISÁGUA — Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

USEPA — *United States Environmental Protection Agency*

USPHS — *United States Public Health Service*

VMP — valores máximos permitidos

## 1. INTRODUÇÃO

O acesso à água potável limpa e segura, bem como ao saneamento adequado, foram declarados, em 2010, um direito humano indispensável para uma vida digna, pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas. O reconhecimento da essencialidade de uma água potável segura tem no seu contexto compromissos mundiais — firmados nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e em diversos outros instrumentos internacionais<sup>1</sup> — que priorizam a questão do saneamento, dado o entendimento que o acesso à água e ao saneamento são também pré-requisitos para o exercício dos demais direitos humanos (ONU, 2010).

Apesar de a declaração ser recente, o cuidado com a água para consumo humano remonta à história humana, havendo registros da utilização de sistemas de abastecimento de água<sup>2</sup> há pelo menos seis mil anos, na Índia<sup>3</sup>. Enquanto os exemplos de sistemas de distribuição antigos mais conhecidos são os aquedutos romanos e gregos do décimo século antes de Cristo, não há precisão sobre a ancestralidade dos processos de tratamento, os quais sempre foram mais intuitivos ao proporcionar limpidez, ausência de odor e sabor agradável. Ademais, por maiores que fossem os esforços de pesquisa para tornar os processos de tratamento de água mais eficientes, até 1804 esses processos eram utilizados somente em escala individual, ocasião em que foi inaugurada a primeira estação de tratamento de água para uso coletivo, na Escócia (CEBALLOS; DANIEL; BASTOS, 2009).

O foco de atendimento às características de sabor, odor e aparência permaneceu até o século XIV d.C., época em que a existência dos microrganismos (e seus possíveis efeitos

---

<sup>1</sup> Tais como Agenda 21, de 1992, e o Plano de Ação da Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável de Johannesburgo, de 2002.

<sup>2</sup> Consideram-se como sistemas de abastecimento de água as etapas de captação, tratamento, reservação, distribuição e consumo da água.

<sup>3</sup> O texto “*Ousruta Sanghita*”, em sânscrito, datado de 4.000 a.C. recomendava que a água fosse filtrada em leito de areia e pedregulhos, fervida em fogo, ou mesmo purificada pelo contato com uma barra de cobre aquecida (CEBALLOS; DANIEL; BASTOS, 2009).

na saúde humana) passou a ser reconhecida com a publicação da Teoria Microbiana das Doenças, de Louis Pasteur, em 1864. A teoria de Pasteur conferiu uma explicação definitiva às observações anteriores feitas pelo médico inglês John Snow acerca da capacidade da água de transmitir doenças<sup>4</sup> (CEBALLOS; DANIEL; BASTOS, 2009). Assim, a partir da metade do século XIX, como um claro reflexo da teoria de Pasteur, o antigo enfoque do tratamento foi substituído por objetivos como clarificação e remoção de organismos patogênicos, culminando nos atuais processos convencionais de tratamento: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (CEBALLOS; DANIEL; BASTOS, 2009).

Já na metade do século XX, ambas as Guerras Mundiais tiveram como consequência uma profusão de novas tecnologias e de ampla variedade de novos produtos químicos, utilizados tanto para agricultura (defensivos agrícolas e fertilizantes sintéticos), como para higiene e saúde pessoal (e.g. detergentes e medicamentos), entre outros usos, proporcionando em um primeiro momento a melhora da qualidade de vida das pessoas. Tais produtos provocaram o advento de novos problemas e desafios para o controle da qualidade da água: ainda na década de 1940, houve a constatação de que, dentre os novos produtos utilizados, os organoclorados — como o inseticida DDT (diclorodifeniltricloroetano) — causavam efeitos deletérios na saúde humana, na fauna e flora (MIERZWA; DE AQUINO, 2009), acarretando em dúvidas sobre a segurança das novas substâncias e suas capacidades de transporte na natureza.

Atualmente, dentre as mais de 65 milhões de substâncias disponíveis comercialmente (CAS, 2014), há produtos químicos que reconhecidamente causam danos à saúde através de suas ações carcinogênicas, mutagênicas, teratogênicas (e.g. bifenilaspolicloradas, hidrocarbonetos poliaromáticos, dioxinas e furanos) ou ainda

---

<sup>4</sup>As observações de John Snow eram voltadas mais especificamente para o cólera, culminando na publicação do livro considerado inaugural da epidemiologia: “*On the Mode of Communication of Cholera*”, de 1855.

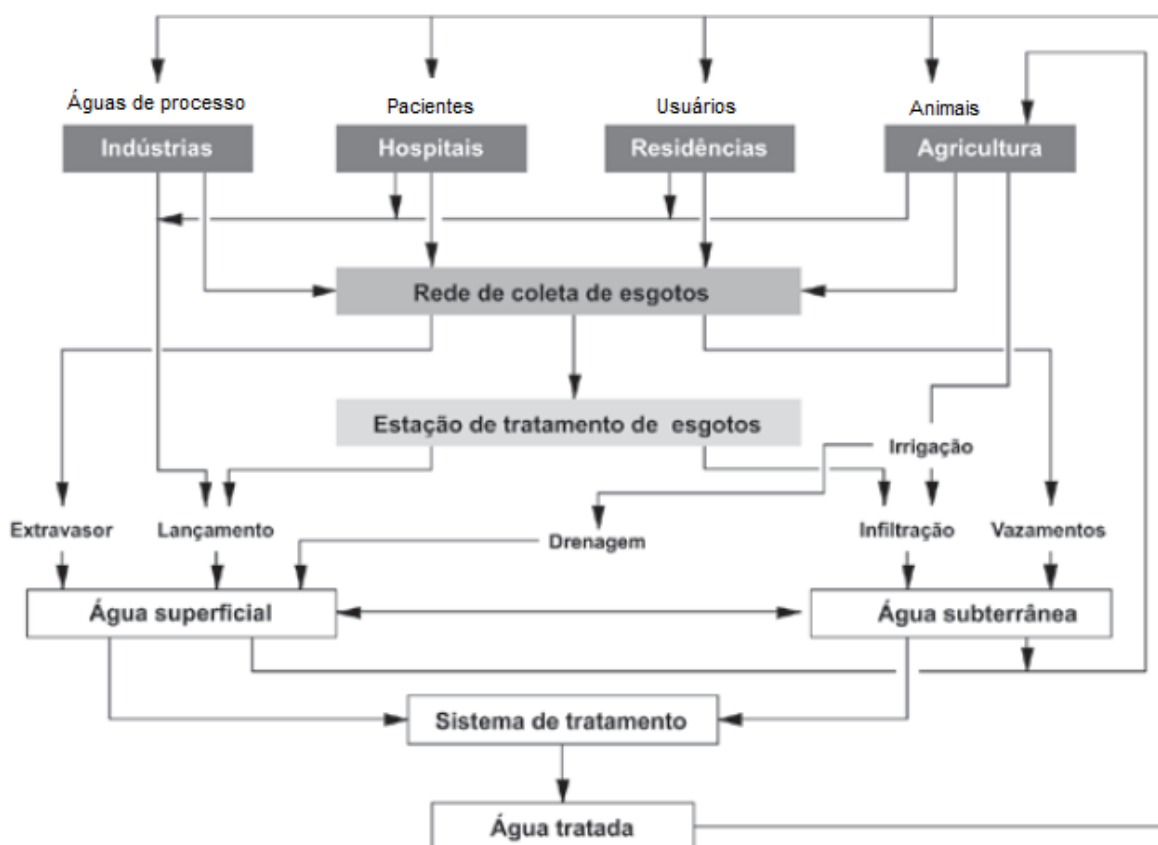
desreguladoras do sistema endócrino (e.g. ftalatos e etinilestradióis), além daqueles que desequilibram características físicas e químicas do ambiente (e.g. surfactantes e nutrientes). A emergência de inúmeras substâncias é agravada pela concentração da população em grandes centros urbanos que consomem e descartam tais produtos em mananciais utilizados simultaneamente para a diluição dos efluentes e para a captação de água para consumo, (MIERZWA; DE AQUINO, 2009). Ademais, além dos centros urbanos, setores industriais e agropecuários contribuem para a entrada das mais variadas substâncias nos compartimentos ambientais utilizados para captação de água para consumo humano, conforme a figura 1.

Diante da necessidade de um controle maior sobre substâncias reconhecidamente nocivas à saúde, dois importantes instrumentos internacionais foram instituídos: a Convenção de Roterdã, de 1998, e a Convenção de Estocolmo, de 2001, ambas ratificadas pela República Federativa do Brasil em 2005. A primeira trata da cooperação internacional na troca de informações sobre a periculosidade de substâncias, além do estabelecimento de um mecanismo de divulgação do consentimento prévio das Partes da Convenção quando do comércio internacional (ou seja, importação e exportação) das substâncias listadas (BRASIL, 2005a). A segunda convenção trata da restrição ou eliminação da produção e comércio dos chamados “poluentes orgânicos persistentes”, substâncias que são “resistentes à degradação, se bioacumulam, são transportadas pelo ar, pela água e pelas espécies migratórias através das fronteiras internacionais e depositadas distantes do local de sua liberação, onde se acumulam em ecossistemas terrestres e aquáticos” (BRASIL, 2005b).

Se por um lado os países encontraram apenas recentemente os meios de regulação adequados para manter controle sobre o comércio das substâncias, por outro lado órgãos de saúde pública já monitoravam a presença de algumas dessas substâncias na água potável

desde o início do século XX. Os chamados padrões de qualidade da água para consumo humano surgiram em 1914 nos Estados Unidos, no Serviço de Saúde Pública daquele país (*United States Public Health Service — USPHS*), buscando estabelecer valores máximos permitidos (VMPs) para determinados parâmetros<sup>5</sup> obtidos a partir de análises de amostras da água. Tal paradigma de controle de qualidade dependeu da elaboração de técnicas padronizadas para a obtenção dos parâmetros, bem como da determinação da relação entre os parâmetros escolhidos e seus efeitos na saúde coletiva, de modo a embasar os VMPs.

Figura 1 — Meios de entrada das substâncias químicas na água.



Fonte: Mierzwa e De Aquino, 2009, p. 51.

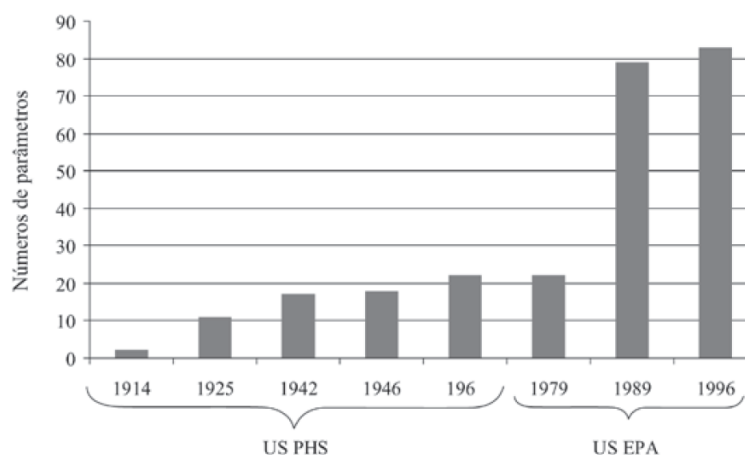
No âmbito internacional, a Organização Mundial da Saúde (WHO, do inglês) — a partir da experiência estadunidense — definiu, em 1956, diretrizes de potabilidade voltadas para o continente europeu (*“Standards of Drinking-Water Quality and Methods Applicable to European Countries”*) e, em 1958, padrões válidos para todo o mundo (*“International*

<sup>5</sup>Os parâmetros estabelecidos nada mais são que características, sejam elas físicas, químicas ou biológicas.

*Standards for Drinking-Water*”), reconhecendo as capacidades econômicas e tecnológicas distintas dos países europeus frente ao resto do mundo (CEBALLOS; DANIEL; BASTOS, 2009).

As sucessivas revisões tanto dos padrões da USPHS (e posteriormente da *United States Environmental Protection Agency* — USEPA), como dos padrões da WHO (“*International Standards*” de 1958, 1963 e 1971, e “*Guidelines for Drinking-Water Quality*” de 1983 e 1993) focaram-se no aumento do número de parâmetros a serem monitorados, assim como na restrição cada vez maior dos VMPs de tais parâmetros (figuras 2 e 3). As legislações brasileiras seguiram a mesma tendência, com a edição da primeira regulação em 1977, a Portaria BSB nº 56/1977, e de suas substitutas: Portaria MS nº 36/1990 e Portaria MS nº 1469/2000 (CEBALLOS; DANIEL; BASTOS, 2009).

Figura 2 — Evolução do número de parâmetros monitorados pelas sucessivas regulamentações nos Estados Unidos. De 1914 a 1962 o USPHS foi responsável sobre a matéria, tendo a USEPA assumido tais funções a partir da década de 1970.

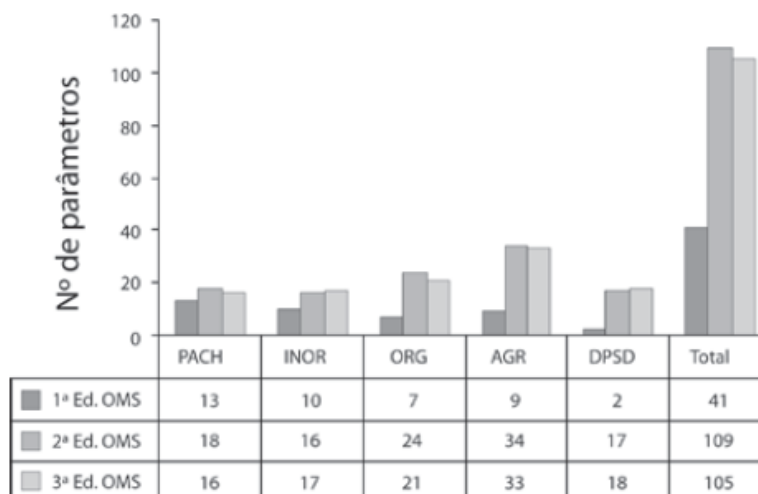


Fonte: Ceballos, Daniel e Bastos (2009).

O ano de 2004 trouxe uma importante mudança de paradigma no tocante ao controle da qualidade da água potável com a publicação da Carta de Bonn para Água Potável Segura (do inglês, “*The Bonn Charter for Safe Drinking-Water*”), sob os auspícios da Associação Internacional da Água (*The International Water Association* — IWA), e da terceira edição das “*Guidelines for Drinking-Water Quality*” da WHO. Ambos os documentos trouxeram para o centro das preocupações da produção de água o

estabelecimento de metas baseadas na saúde pública, a adoção de vigilância independente e ativa, assim como a adoção de planos que visem à segurança da água (IWA WATER WIKI, 2004).

Figura 3 — Evolução do número de parâmetros monitorados nas três edições do “*Guidelines for Drinking-Water Quality*” (1983, 1993 e 2004).



Fonte: Ceballos, Daniel e Bastos (2009). Notas: PACH: Padrão de Aceitação para Consumo Humano; INOR: substâncias inorgânicas; ORG: substâncias orgânicas; AGR: agrotóxicos; DSPD: desinfetantes e produtos secundários da desinfecção.

Diante da emergência desse novo paradigma baseado na prevenção, foi preciso que o termo “segurança<sup>6</sup>” fosse visto de outra forma, que não a tradicional. Após um período em que o termo foi frequentemente associado a questões militares e de guerra, ele passou a ter maior abrangência a partir do fim da Guerra Fria. A segurança, portanto, passou a ser tratada também a partir de dimensões ecológicas, humanas e econômicas (HILACO, 2012).

Assim, é conveniente definir provisoriamente segurança como um estado de ausência de ameaças (EVANS, 1998 *apud* HILACO, 2012). No âmbito da segurança hídrica, as ameaças podem tomar a forma de uma limitação da disponibilidade da água em termos quantitativos e qualitativos (dado que sua distribuição especial e temporal é heterogênea). Somam-se a isso a inexistência de infraestrutura adequada e a inacessibilidade das tarifas de água para que as ameaças à segurança hídrica, visando ao

<sup>6</sup> É necessário esclarecer que, na língua inglesa, “segurança” pode ser expressa por dois termos de significados levemente distintos: *safety* e *security*, ainda que no presente texto os dois significados sejam agregados sob a mesma expressão em português.

consumo humano, se deem por completas (UNDP, 2006). Ademais, os nove princípios estabelecidos pela Carta de Bonn tornam patente a implicação da segurança da água com questões como o gerenciamento técnico e político do ciclo hidrológico, bem como a determinação de papéis e responsabilidades de diferentes instituições, governos, agências de saúde, organizações não governamentais, setores produtivos e usuários na vigilância da qualidade, produção e distribuição da água (IWA WATER WIKI, 2004).

No Brasil, as discussões provocadas à época da divulgação das “*Guidelines...*” e da Carta de Bonn conformaram a Portaria MS nº 518/2004, que imbui em seus artigos as ideias de uma avaliação completa de todo o sistema de abastecimento de água, bem como a necessidade de adotar abordagens preventivas quanto à contaminação da água potável (BRASIL, 2004). Tais conceitos foram aperfeiçoados na Portaria MS nº 2914/2011 que, após uma década de experiência internacional de pesquisa e prática sobre segurança de água, reforçou a necessidade e obrigatoriedade de os sistemas coletivos de abastecimento de água contarem com um Plano de Segurança da Água (PSA), definido de acordo com as diretrizes da WHO (BRASIL, 2011).

Os Planos de Segurança da Água foram estabelecidos pela WHO como uma ferramenta para garantir que o princípio das múltiplas barreiras seja implantado. Tal princípio considera que os riscos devam ser avaliados e gerenciados (minimizados ou eliminados) em cada etapa do ciclo produtivo da água: do manancial de captação até a torneira do consumidor, promovendo boas práticas entre os diversos responsáveis pelas barreiras. Dessa forma, objetiva-se prevenir que principalmente contaminantes químicos e microbiológicos sejam encontrados na água potável em concentrações suficientes para prejudicar a saúde pública (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

A demanda por um Plano de Segurança da Água no município de Bento Gonçalves surge devido à grande quantidade de casos de não conformidades da qualidade da água



para consumo humano, reportados pela Vigilância Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde de Bento Gonçalves (SMS) à Secretaria Estadual de Saúde do Rio Grande do Sul. Desse modo, o município foi escolhido pela Secretaria Estadual da Saúde (SES) como prioritário para a implantação de um Plano de Segurança da Água piloto no Estado.

## **2. OBJETIVOS**

Aproveitando a oportunidade de acompanhar o trabalho desenvolvido pelas instituições envolvidas no processo de elaboração de um Plano de Segurança da Água no município de Bento Gonçalves, o presente trabalho tem por objetivo principal:

- Propor uma metodologia para a aplicação do Plano de Segurança da Água no município de Bento Gonçalves

E como objetivos secundários:

- Alertar para a necessidade de uma abordagem de controle da qualidade da água baseada no gerenciamento de riscos.
- Contribuir para a difusão do Plano de Segurança da Água no contexto brasileiro.

## **3. A NECESSIDADE DE UMA ABORDAGEM PREVENTIVA**

Apesar da evolução nas ferramentas de controle da qualidade da água para consumo humano, casos como surtos de doenças associadas a protozoários (como criptosporidiose e giardíase) em sistemas de abastecimento considerados avançados impuseram novos desafios para os fornecedores de água potável, bem como aos responsáveis pela saúde pública (HRUDEY; HRUDEY, 2004 *apud* HRUDEY; HRUDEY; POLLARD, 2006). Afinal, como um sistema de abastecimento de água mesmo possuindo monitoramento em tempo real de diversos parâmetros e automação nas estações de tratamento pode ainda

assim liberar água contaminada, sem detecção *a priori*? Resta claro, assim, que apesar dos grandes avanços dos sistemas de controle, tal abordagem tem limites.

O primeiro limite provém da própria natureza do conceito de amostragem. Em Estatística, enquanto “população” consiste em “todas as observações concebivelmente possíveis (ou hipoteticamente possíveis) de um determinado fenômeno (...), uma amostra é simplesmente parte de uma população” (FREUND, 2006, p. 239). Ao amostrar uma porção d’água para análise, está se assumindo que as características de tal porção são generalizáveis para todo o volume d’água adjacente, o que não reflete necessariamente a realidade.

O segundo limite que se pode abordar é o fato do próprio monitoramento ter caráter retrospectivo (BINNIE; KIMBER, 2009). Muitos dos parâmetros adotados para controle, nas extensas listas dos padrões de potabilidade de água, demandam tempo para serem obtidos em uma análise confiável da amostra — sendo a diminuição do tempo requerido pelas análises um dos ramos da pesquisa em qualidade da água mais críticos e promissores atualmente (SACHER; HAMBSCHE, 2009). Assim, é possível que, quando a porção d’água amostrada for devidamente caracterizada, ela já esteja nas redes de distribuição ou mesmo já tenha sido consumida, havendo potenciais prejuízos para a população exposta a essa água.

Outro fator que impõe ressalvas é a utilização de parâmetros — cuja definição na estatística é a descrição (ou seja, as características) de uma população (FREUND, 2006). Sob o ponto de vista de saúde pública, correlacionar parâmetros e ocorrência de morbidades é uma tarefa desejável, entretanto complexa (QUEIROZ et al., 2012; SOUZA, 2008). Assim, ao descrever a potabilidade da água a partir de parâmetros, colocam-se intermediariamente incertezas que se somam às demais limitações da abordagem.

As questões anteriores trazem à tona, ainda, uma quarta limitação, esta de ordem operacional: o custo. Poder-se-ia tentar minimizar as limitações espaciais (volumétricas) através da coleta de maiores amostras, minimizar as limitações temporais ao tentar impor um monitoramento mais frequente de diversos parâmetros, ou ainda buscar novos parâmetros que tenham maior proximidade com a ocorrência de doenças, mas tais soluções demandariam custos crescentes tanto na forma de pesquisa, insumos químicos e mesmo instrumentação adequada para as empresas produtoras de água (SOUZA, 2008; BINNIE; KIMBER, 2009).

A partir da consciência das limitações da abordagem tradicional, ganhou notoriedade o uso das ferramentas de análise de risco aplicadas ao controle da qualidade da água, utilizadas de forma pioneira pelas autoridades australianas de saúde pública. Tal experiência culminou no conceito de segurança da água e nos respectivos planos (HRUDEY; HRUDEY; POLLARD, 2006; WHO, 2005).

#### **4. OS FUNDAMENTOS DE UM PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA**

De modo a entender melhor o método por trás do Plano de Segurança da Água, alguns conceitos são chave, tais como: segurança, risco, perigo, vulnerabilidade, múltiplas barreiras e avaliação de risco.

##### **4.1. SEGURANÇA, RISCO, PERIGO E VULNERABILIDADE**

Primeiramente, é necessário desconstruir, ou pelo menos refinar, a noção de segurança exposta anteriormente. Apesar de, em um primeiro momento, definir-se “seguro” como um estado onde há ausência de ameaças, tal estado é virtualmente e operacionalmente impossível de ser alcançado. Logo, o conceito de segurança da água não passa por definição de valores absolutos, mas de noções subjetivas, não havendo uma linha que distinga de modo binário o seguro, do inseguro (HRUDEY; HRUDEY; POLLARD,

2006). Assim, faz-se aqui a questão mais repetida no estudo das análises de risco: o quão seguro é suficientemente seguro? Hrudey, Hrudey e Pollard (2006, p. 2) sugerem, de modo nada pragmático, que segurança seja “um nível de risco tão desprezível que um indivíduo sensato e bem informado não precise se preocupar sobre, nem precise achar alguma base racional para mudar sua atitude para evitar tal risco pequeno — ainda que existente”.

Desse modo, chega-se naturalmente ao segundo conceito obrigatoriamente abordado: risco. Assim como “segurança”, a noção de “risco” carrega uma carga subjetiva, além de depender do contexto (e objetivo) em que é tratado. Apesar disso, sob qualquer contexto, a noção de “risco” a ser entendida pressupõe “relações causais entre ações (ou eventos) e seus efeitos”, ao passo que “efeitos indesejáveis podem ser evitados” mediante intervenções (RENN, 1992, p. 57). Assim, subentende-se que exista uma separação entre o que é realidade e o que é possibilidade, acreditando-se ser possível agir sobre as possibilidades<sup>7</sup>. Dessa forma, o risco é tanto um conceito descritivo (ao descrever relações de causa e efeito), como normativo (ao estabelecer que efeitos indesejáveis devam ser reduzidos, ou mesmo impor limites para os efeitos indesejados) (RENN, 1992).

As abordagens mais objetivas consideram o risco como sendo uma “propriedade de um evento ou uma atividade, e medido como a probabilidade da ocorrência de efeitos adversos bem definidos” (RENN, 1992, p. 54). Dessa forma, podem-se mensurar os riscos para que em uma tomada de decisão possam ser priorizadas ações para incidir sobre as situações de maior risco. De outro modo, os riscos também podem ser entendidos a partir de uma visão social ou cultural (ou seja, associado à percepção de atores), fazendo com que a priorização dos mesmos se dê a partir de valores sociais e de preferências de estilo de vida (RENN, 1992). Embora sejam duas visões antagônicas sobre o risco, muitas vezes ambas são complementares, como por exemplo ao atores, subjetivamente, priorizarem

---

<sup>7</sup> Por outro lado, em culturas deterministas que consideram que o futuro é pré-determinado (por uma divindade, por exemplo), intervir sobre riscos, de certo modo, seria inútil (RENN, 1992).

riscos de grande magnitude e baixa probabilidade frente a riscos de baixa magnitude e grande probabilidade (SLOVIC, 1992).

Uma importante contribuição para o estudo do risco provém do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP, em inglês), o qual desenvolve de modo mais pragmático a noção de risco sob o contexto da prevenção de desastres naturais. Para UNDP (2004), o risco é resultado de uma conjunção de dois fatores: perigo e vulnerabilidade. Enquanto o perigo pode ser associado ao evento que causa um efeito adverso, como abordado por RENN (1992), a vulnerabilidade está intrinsecamente conectada com as condições em que a população humana potencialmente afetada vive, considerando, por exemplo, aspectos socioeconômicos, epidemiológicos, ambientais e de infraestrutura. Desse modo, um evento (fator de perigo) ocorre causando danos a uma população, os quais poderão ser maiores ou menores dada sua vulnerabilidade (UNDP, 2004).

No contexto descritos por UNDP (2004), os fatores de perigo sempre estarão presentes, visto que eventos climáticos causadores de desastres naturais sempre irão ocorrer independente da ação humana; assim, cabe às partes envolvidas diminuir a vulnerabilidade da população. Por outro lado, ao tratar-se da questão da qualidade da água potável, podem ser identificadas alternativas de eliminação de perigos — assim como de diminuição das vulnerabilidades. Dessa forma, a segurança da água para consumo humano pode ser avaliada a partir da adoção de uma abordagem que identifique os perigos, as probabilidades e as vulnerabilidades dentro do sistema de abastecimento de água.

#### 4.2. PRINCÍPIO DAS MÚLTIPLAS BARREIRAS

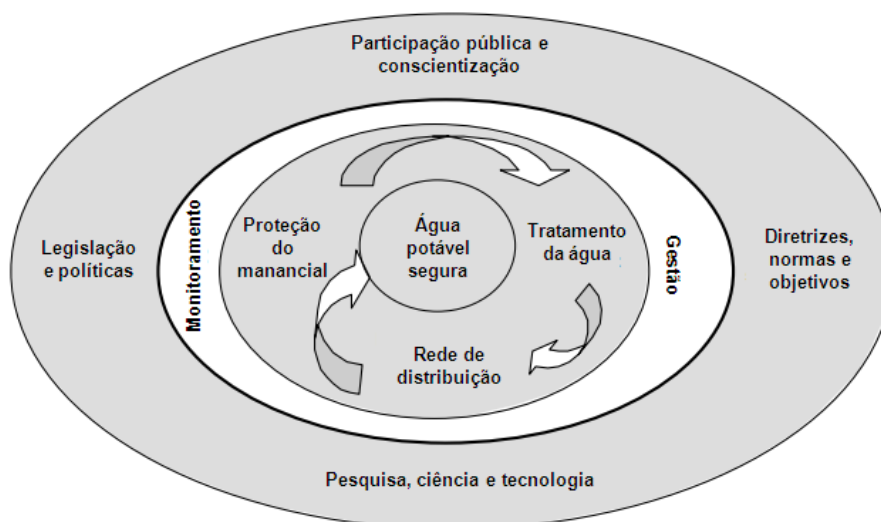
Insera-se nesse ponto o princípio das múltiplas barreiras. Esse princípio foi introduzido pela primeira vez no setor produtor de água potável quando da atualização da legislação dos Estados Unidos sobre o tema (*Safe Drinking Water Act*), em 1996,

ganhando em seguida notoriedade mundial (DOKAS, 2009). Tal princípio "é baseado na manutenção de múltiplos processos unitários e procedimentos que garantam que patógenos e substâncias indesejáveis não cheguem até a torneira do consumidor" (HRUDEY; HRUDEY; POLLARD, 2006, p. 3).

Embora se faça analogia com um objeto físico, as barreiras, como já dito, tratam dos mais diversos instrumentos capazes de criar condições para manter a qualidade da água segura: podem ser legislações, tecnologias de tratamento de água, relações institucionais, procedimentos operacionais, zoneamentos de uso do solo ou mesmo plano de capacitação de operadores da estação de tratamento de água (figura 4). Assim, há barreiras a serem implantadas desde a gestão do manancial (ou seja, seleção, proteção e monitoramento do mesmo), gestão dos sistemas de tratamento (i.e. projeto, construção, operacionalização e gerenciamento adequados), assim como na criação e atualização de diretrizes, normas, políticas e legislações do sistema como um todo, levando em conta o papel dos consumidores e das novas tecnologias (DOKAS, 2009; CCME, 2004; WHO, 2005).

De acordo com levantamento feito por Hruday, Hruday e Pollard (2006, p. 3) os riscos geralmente são manifestados "através de uma combinação de erros técnicos, gerenciais e humanos". Assim, a implantação de barreiras pode aumentar a segurança da água em níveis exponenciais quando colocadas em série (e.g. processos unitários de tratamento em sequência); quando em paralelo, aumenta a segurança de modo "horizontal", agregando os mais variados setores em que os perigos de falha possam ocorrer (e.g. instituições, legislações, zoneamentos).

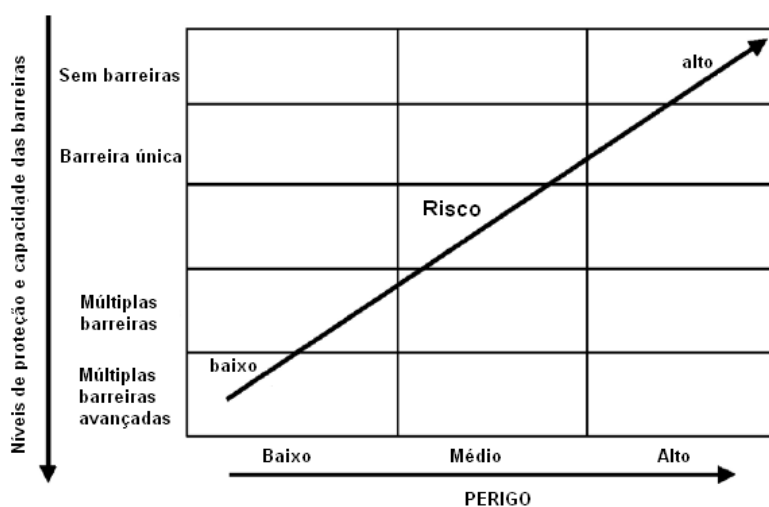
Figura 4 — Quadro conceitual do princípio das múltiplas barreiras.



Fonte: traduzido de CCME (2004).

É possível perceber claramente que as múltiplas barreiras são inversamente proporcionais ao conceito de vulnerabilidade, dado que quanto mais barreiras (em série ou paralelo), menos vulnerável tornar-se o sistema de abastecimento e, por conseguinte, o consumidor abastecido (figura 5). De acordo com Hrudey, Hrudey e Pollard (2006), a ocorrência de surtos epidemiológicos relacionados à água podem revelar que nem todas as barreiras de um sistema de abastecimento considerado seguro estão presentes (pela falha na identificação dos perigos ou omissão na implantação de barreiras) ou funcionais (pela falha na operação delas).

Figura 5 — Relação qualitativa entre risco, perigo e barreiras.



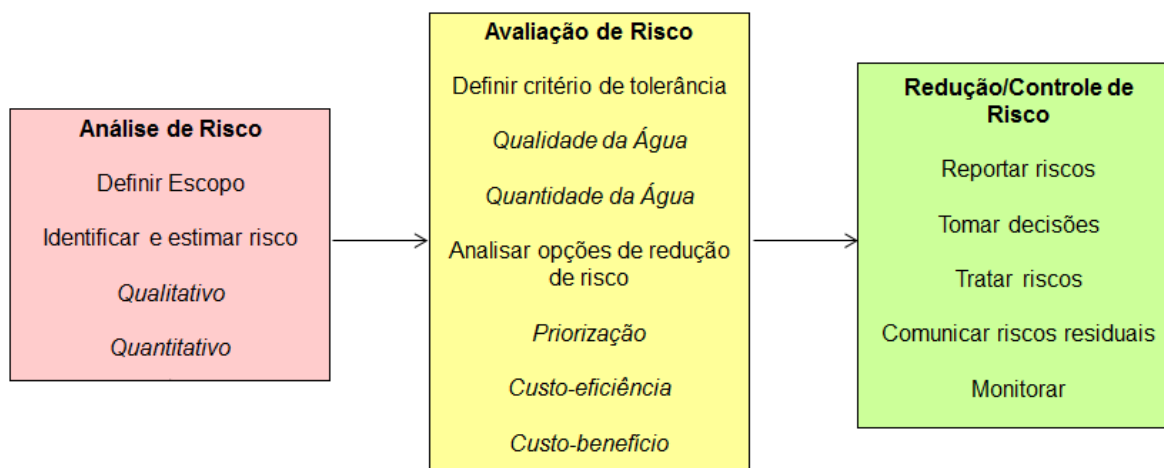
Fonte: traduzido de Hrudey, Hrudey e Pollard (2006).

#### 4.3. GERENCIAMENTO DE RISCO E METODOLOGIAS APLICÁVEIS

Como já referido, os Planos de Segurança da Água foram inspirados numa abordagem preventiva, utilizando os conceitos de gerenciamento de riscos. Dentro das diferentes perspectivas de gestão de riscos, suas concepções mais técnicas — como epidemiologia, engenharia e economia — visam: reduzir valores (frequências) esperados de eventos indesejáveis (e.g. mortes, doenças, falhas de equipamentos); delimitar limites (padrões ou normas); melhorar a confiabilidade de sistemas; alertar antecipadamente para a ocorrência de problemas; e obter uma alocação ótima de recursos. Já a função social da gestão de riscos é reduzir os mesmos, através da modificação de suas causas ou mitigação de suas consequências (RENN, 1992).

De acordo com Miller, Guice e Deere (2009, p. 10), a gestão de riscos é comumente composta por cinco etapas: estabelecimento de um contexto (“o que está sob risco e por quê?”), identificação dos riscos (“onde estão os riscos?”), análise dos riscos (“o que se sabe sobre os riscos?”), avaliação dos riscos (“quão importantes são eles?”) e mitigação dos riscos (“o que deve ser feito acerca deles?”). Rosén et al. (2007) aplicaram tal concepção ao estudo da segurança da água, mais especificamente no contexto do PSA, formando o quadro conceitual da figura 6.

Figura 6 — Quadro conceitual de aplicação da gestão de risco na segurança da água.



Fonte: adaptado e traduzido de Rosén et al. (2007).



### 4.3.1. Análise dos Riscos

Conforme a conceituação de Rosén et al. (2007), os principais tópicos abordados em uma análise de risco são: definição do escopo (delimitação da profundidade e detalhamento do estudo, resultados previstos, escolha dos métodos e descrição dos sistemas de interesse), identificação dos perigos (e eventos perigosos) e estimativa dos riscos resultantes. Tal etapa visa obter conhecimento sobre os riscos envolvidos, portanto é necessária a construção de relações causais de forma a caracterizar os eventos perigosos e suas possíveis consequências indesejáveis.

Tanto a identificação dos perigos, quanto a estimativa dos riscos são dependentes de metodologias específicas. As metodologias disponíveis para a análise dos riscos se baseiam primeiramente na noção de risco. Conforme explicitado na seção 4.1, os riscos podem envolver noções bastantes técnicas, como probabilidades e magnitudes de danos, bem como questões subjetivas, como valores culturais. Também, é importante reconhecer que as incertezas são característica fundamental do gerenciamento de riscos, resultado das falhas do conhecimento humano sobre muitas características que permeiam o estudo da poluição e seus efeitos na saúde humana (e.g. transporte e atenuação dos contaminantes, probabilidades de ocorrência de eventos pouco prováveis, efeitos sinérgicos de contaminantes sobre a saúde etc.) (BAROANG; HELLMUTH; BLOCK, 2009). Desse modo, as técnicas utilizadas aqui devem ser adaptadas ao nível de incerteza que há nas informações disponíveis do sistema a ser avaliado, bem como devem ser realizadas análises de sensibilidade e de incerteza quando cabível.

Para a identificação dos perigos, uma série de técnicas diferentes (denominadas HAZID — *hazard identification*<sup>8</sup>) pode ser utilizada, como: chuva de ideias (ou,

---

<sup>8</sup> Em português, identificação de perigos.

*brainstorming*), uso da experiência prévia e dados históricos, análises “e se?”<sup>9</sup> (do inglês, “*what-if?*” *analysis*) e o uso de listas de verificação (*checklists*) preparadas por equipes com maior experiência. Usualmente uma combinação dessas técnicas pode prover bons resultados nessa etapa. Além de HAZID, a metodologia chamada HAZOP (*hazard and operability analysis*<sup>10</sup>) fornece uma técnica capaz de embasar a identificação e caracterização de perigos imprevistos (ROSÉN ET AL., 2007).

Entretanto é na etapa de estimativa dos riscos que a carga de informações disponíveis faz-se crítica, sendo necessário escolher os métodos que mais se adaptem a situação do estudo. A escolha do método de análise de risco a ser utilizado deve se dar pela identificação das seguintes situações: ciclo de vida do sistema em questão (se está na fase de projeto ou já está em operação), complexidade da companhia de água, parte(s) do sistema em questão (bacia, manancial, tratamento ou distribuição), valores de interesse (e.g. qualidade ou quantidade da água, valores econômicos, segurança, dias em operação), nível da tomada de decisão (operacional ou estratégica) (ROSÉN et al., 2007).

Há uma vasta possibilidade de técnicas que variam desde aquelas de uso intensivo de dados quantitativos — técnicas quantitativas —, até aquelas que somente utilizam informações qualitativas — técnicas qualitativas. Existem também técnicas que exigem especialistas para sua utilização, enquanto outras podem ser aplicadas por novatos.

Ainda que tradicionalmente tais métodos não se misturem em uma análise de risco usual, no que concerne à garantia da qualidade da água para consumo humano é possível que diferentes enfoques sejam utilizados dependendo das características da parte do sistema avaliado. É importante reconhecer as diferenças que envolvem as diversas etapas

---

<sup>9</sup> As análises “e se?” visam identificar perigos através de questionamentos sobre possibilidades de acontecimentos, resultando nos prováveis desdobramentos indesejáveis daquele evento (ROSÉN ET AL., 2007).

<sup>10</sup> Em português, Análise de perigos e operabilidade.

da produção de água quanto à quantidade de informação disponível e sua qualidade (ou nível de incerteza) (MILLER; GUICE; DEERE, 2009).

Deere e Davison (2005) *apud* Miller, Guice e Deere (2009, p. 15) listam cinco diferentes tipos de análises de risco relevantes no caso da produção de água:

- Descrições conceituais de relação de causa e consequência que levam a riscos provenientes de uma atividade particular.
- Modelos subjetivos de priorização de riscos, utilizados para priorizar cenários, eventos ou opções em termos dos riscos ou seus impactos. Trata-se, portanto de um método qualitativo. Os autores colocam como exemplo a metodologia de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle.
- Modelos objetivos semi-quantitativos de priorização de riscos, similares ao anterior, entretanto utilizando dados quantitativos, como por exemplo: frequências de ocorrência de eventos e tamanho da população exposta.
- Modelos quantitativos de avaliação de risco, estimando perigos em pontos específicos do sistema.
- Modelos quantitativos probabilísticos (estocásticos) que representam comportamentos de perigos em diversos elementos do sistema.

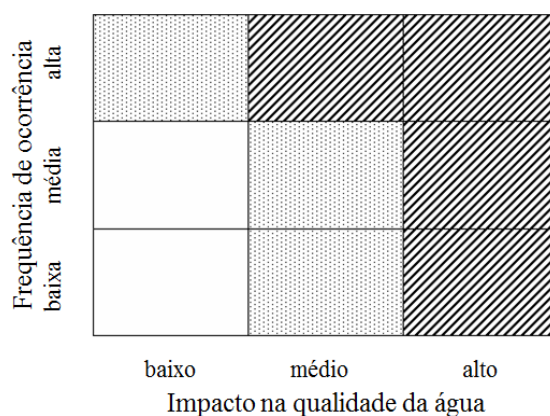
Ademais, algumas técnicas específicas podem ser detalhadas (e resumidas no quadro 1), dadas suas particulares aplicabilidades em Planos de Segurança da Água.

#### **Análise Preliminar de Perigo (ou Análise Preliminar de Riscos — APR)**

A análise preliminar de perigos é uma técnica utilizada quando há pouca informação disponível sobre detalhes operacionais e procedimentais, ou ainda, em sistemas ainda não implantados. Ela visa identificar perigos e eventos perigosos, causas prováveis, medidas preventivas adequadas, bem como probabilidade e severidade dos impactos causados pelo evento (numa base qualitativa ou semi-quantitativa), de maneira simples.

Está associada a matrizes de risco (Figura 7) na etapa de avaliação, funções de probabilidades e magnitude de danos, obtendo-se uma classificação de risco (baixo, médio, alto). Trata-se frequentemente de uma técnica utilizada para verificar a necessidade de estudos mais detalhados (ROSÉN et al., 2007).

Figura 7 — Matriz de riscos.



Fonte: traduzido de Staben, Mälzer e Merkel, 2008. Nota: região branca indica baixo risco, região pontilhada indica médio risco e região hachurada indica alto risco.

### **Análise de Efeitos e Modos de Falha (FMEA)**

A metodologia FMEA é tradicionalmente utilizada na indústria para analisar a confiabilidade dos sistemas, máquinas operações e procedimentos. É realizada assim uma descrição de onde e como ocorre a falha, além de seus efeitos e medidas corretivas a serem tomadas. Como a Análise Preliminar de Riscos, é uma análise que precede outras análises mais complexas, entretanto o FMEA exige informações um pouco mais detalhadas, visto que se foca no modo das falhas. Assim como a técnica anterior, pode estar associada a uma priorização de riscos semi-quantitativa (ROSÉN et al., 2007).

### **Árvore de Falhas**

O método da árvore de falhas baseia-se num diagrama lógico de causas e consequências. Assim, consegue-se mapear a sequência de eventos que devem acontecer para que um evento crítico ocorra. Geralmente o evento crítico fica no topo do diagrama, sendo desdobrado em inter-relações de eventos, que podem ser: eventos normais, falhas técnicas ou humanas ou mesmo condições ambientais. Cabe ao analista definir a resolução

e o detalhamento da árvore. Finalmente, a árvore pode ser construída de forma qualitativa ou mesmo quantitativa (por exemplo, com as probabilidades de ocorrência de cada evento) (ROSÉN et al., 2007).

### **Modelos Físicos**

Podem ser utilizados também modelos que simulem processos de interesse (como dispersão de poluentes, tratamento de água e comportamento das redes de distribuição). Assim, as consequências de eventos podem ser avaliadas, inclusive quantitativamente, através de *softwares* computacionais já existentes ou desenvolvidos propriamente para o sistema. (ROSÉN et al., 2007).

### **Avaliação de Risco (Microbiológico ou Químico) Quantitativa — ARQ**

As avaliações quantitativas de risco baseiam-se em dados de concentração de um dado patógeno (ou substância química) na água, a ingestão diária de água, a duração da exposição ao patógeno (em dias) e uma relação dose-resposta para o dado patógeno (ou substância) pré-estabelecida por tabelas e listas. A partir desses dados, é possível obter o impacto na saúde humana da ingestão de água com determinado contaminante. Embora seja uma abordagem bastante limitada (devido a ser somente útil para um contaminante), as avaliações de risco microbiológico (ou químico) quantitativa são frequentemente utilizadas por órgãos de saúde pública para definir padrões ou recomendações de concentrações máximas de poluentes. Por isso, tem sido utilizada em Planos de Segurança da Água avançados para verificar a eficiência de medidas de controle (ROSÉN et al., 2007).

Quadro 1 — Métodos de análise de riscos empregados para a segurança da água.

Método	Etapa	Quanti / Qualitativo	Parte do sistema de abastecimento	Qualidade/ Quantidade	Requerimento de informações	Necessidade de treinamento
<b>HAZID</b>	Identificação de Perigos	Qualitativo	Todas	Ambos	Baixo	Novato
<b>HAZOP</b>	Identificação de Perigos	Qualitativo	Tratamento e Distribuição	Ambos	Médio	Especialista
<b>APR</b>	Identificação de Perigos; Estimativa de Riscos	Qualitativo	Todas	Ambos	Médio	Novato
<b>FMEA</b>	Identificação de Perigos; Estimativa de Riscos	Qualitativo	Tratamento e Distribuição	Ambos	Alto	Especialista
<b>Árvore de Falhas</b>	Estimativa de riscos (causas)	Quali/ Quantitativo	Todas	Ambos	Alto	Expert
<b>Modelos Físicos</b>	Estimativa de riscos (consequências)	Quantitativo	Todas	Ambos	Alto	Expert
<b>ARQ</b>	Estimativa de riscos (consequências)	Quantitativo	Todas	Qualidade	Alto	Expert

Fonte: adaptado e traduzido de Rosén et al. (2007).

É possível encontrar na literatura desde casos de estudo que realizaram análises de risco separadas para a bacia de captação e para o sistema técnico de abastecimento de água, utilizando metodologias tão opostas no espectro das possibilidades quantitativo-qualitativo. Mosley e Billington (2007) descrevem o uso de métodos semi-quantitativos, com o auxílio de sistemas de informações geográficas (SIG), para analisar os riscos presentes na bacia hidrográfica do rio Murray, na Austrália. Também através de métodos semi-quantitativos, ferramentas estocásticas, análise multicritério e SIG, de Vito (2007) propõe metodologia para analisar os riscos de contaminação da barragem Descoberto, no Distrito Federal do Brasil. Por outro lado, Lindhe et al. (2009) sugerem o uso de técnicas quantitativas (como árvore de falhas e simulações de Monte Carlo) para que um resultado quantificável seja obtido, como “minutos perdidos para o consumidor” (em inglês, *Customer Minutes Lost*) devido à falhas no sistema como um todo. Lindhe et al. (2009) alegam que uma abordagem quantitativa se mostra mais adequada devido a possibilidade de realizar análises de sensibilidade e incerteza, otimizando a priorização das ações de redução de risco.

Ao descrever um estudo de caso na Alemanha, Staben, Mälzer e Merkel (2008) destacaram que uma abordagem semi-quantitativa de análise de risco se mostrou adequada, dadas a falta de informações e a resistência dos operadores da estação de tratamento de água em aceitar modelos matemáticos de avaliação dos riscos que aos seus olhos pareciam "caixas pretas". Assim, verificou-se para o caso que uma matriz de risco relacionando gravidade das consequências e probabilidade de ocorrência se mostrou adequada (em termos de tempo e resultado). Resultado semelhante ocorreu no Brasil, em projeto piloto de implantação de um PSA no município de Viçosa, em Minas Gerais, onde uma abordagem semi-quantitativa foi realizada, gerando mapas de riscos para cada etapa do sistema de abastecimento, inclusive bacia de captação, a partir de SIG, análises multicritérios e ferramentas estocásticas (BASTOS, 2009).

#### **4.3.2. Avaliação dos Riscos**

A avaliação dos riscos determina quais riscos estão acima da tolerância imposta e que devem ser controlados e reduzidos. Grimvall (1998, *apud* Rosén et al., 2007) identificou três tipos de atores interessados na avaliação dos riscos: aqueles diretamente expostos aos riscos, os tomadores de decisão e, por último, aqueles que se beneficiam pela produção dos riscos. Já, Renn e Schweizer (2009) identificam quatro tipos de partes interessadas: os atores econômicos (que desejam eficiência e realização dos objetivos), os *experts* (que proveem metodologias e relações causais), o governo (que dá legitimidade política e legal ao processo) e a sociedade civil (que contribui com seus valores e preferências e são legítimos participantes por serem afetados pelas decisões ou pelos riscos em questão).

Dada a complexidade de atores em uma avaliação de risco, Davidsson et al. (2002, *apud* Rosén et al., 2007, p. 13-14) apresenta quatro princípios comumente utilizados para tanto:

- Princípio da razoabilidade: a partir de critérios técnicos e econômicos os riscos devem ser reduzidos, independentemente dos seus níveis.
- Princípio da proporcionalidade: os riscos resultantes da atividade não devem ser muito maiores que os benefícios obtidos.
- Princípio da alocação: a alocação dos riscos e dos benefícios devem ser justos dentro dos setores da sociedade.
- “Princípio de evitar desastres: devem ser evitados riscos cujas consequências sejam desastrosas, para que as consequências possam ser gerenciadas com recursos acessíveis”.

Em termos gráficos, frequentemente o resultado de uma avaliação de risco qualitativa ou semi-quantitativa é a construção de uma matriz de risco, com indicação das regiões do gráfico em que o risco é tolerável, as regiões em que o risco deve ser acompanhado e reduzido quando possível e as regiões onde o risco deve ser sumariamente reduzido. Por outro lado, em uma abordagem quantitativa, pode-se estabelecer um valor limite para que o risco seja considerado aceitável.

#### **4.3.3. Controle dos Riscos**

A última etapa descrita na Figura 6 é o controle dos riscos. As estratégias de controle de riscos dependem das características dos riscos (ou seja, probabilidades, vulnerabilidades, magnitudes das consequências, entre outras descritas no escopo). Assim, as estratégias de controle podem visar diminuir cada uma das características separada ou simultaneamente, em são reduzidos aqueles acima dos critérios de tolerância, evitados aqueles cujas fontes são passíveis de cessar e otimizados os que possuem benefícios (ROSÉN et al., 2007).

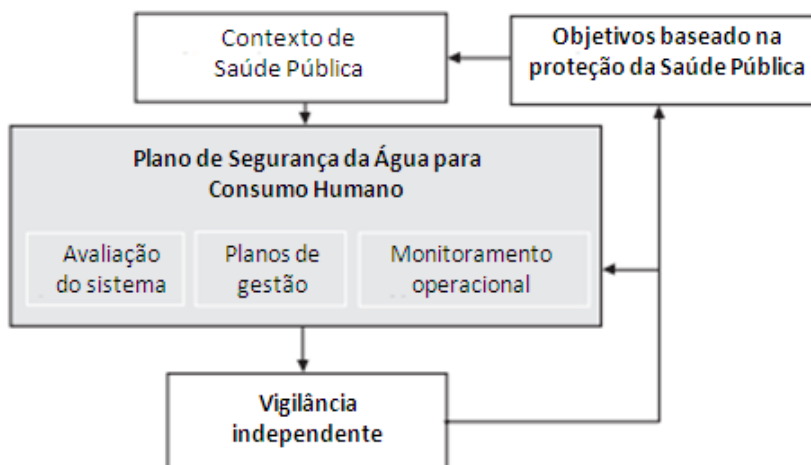


## 5. MODELO CONCEITUAL DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

Como já referido anteriormente, os Planos de Segurança de Água surgiram a partir da necessidade identificada de tratar proativamente a segurança da água, avaliando sua qualidade com o enfoque das múltiplas barreiras e avaliação de risco. Diversos casos contribuíram para o advento desse novo paradigma, tendo como maior expoente as 50 mortes decorrentes de um surto de criptosporidiose na localidade de Milwaukee, nos Estados Unidos, em 1993, devido a falhas no sistema de abastecimento de água municipal. Ademais, os PSA surgiram a partir de largas experiências australiana, neozelandesa e americana em aplicar os preceitos das avaliações de risco — principalmente aquelas baseadas no princípio das múltiplas barreiras e na metodologia de Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (a ser abordada mais adiante nesse texto), utilizada há mais de quatro décadas na indústria de alimentos — na produção da água para consumo humano (WHO, 2005).

De modo direto, o PSA é “o modo mais efetivo de assegurar consistentemente a segurança de um sistema de abastecimento de água potável, através do uso de uma abrangente avaliação e gerenciamento de risco, que abarque todos os passos de um sistema, desde a captação até o consumidor” (WHO, 2011, p. 45). Seu objetivo é claro: garantir a segurança da água para consumo humano, através da prevenção da contaminação dos mananciais, do efetivo tratamento da água de modo a atingir os padrões de qualidade estabelecidos e da prevenção da recontaminação nas etapas subsequentes de armazenamento, distribuição e consumo (WHO, 2005). De modo suplementar, objetiva-se também a capacitação dos órgãos responsáveis pelo abastecimento de água na identificação e priorização de perigos e riscos, de modo a conhecer melhor seu sistema de abastecimento (seja ele convencional ou alternativo) (MS, 2012).

Figura 8 — Quadro conceitual do Plano de Segurança da Água.



Fonte: adaptado e traduzido de WHO (2011, p. 1).

A elaboração de um PSA deve ser guiada pela melhora da saúde pública, conforme o quadro conceitual apresentado na Figura 8. Desse modo, faz-se mister que dados relativos à saúde (e.g. epidemiológicos e dose-resposta de substâncias químicas) sejam angariados de modo a estabelecer metas a serem alcançados a partir das ações desencadeadas pelo PSA (WHO, 2011). Assim, deve-se levar em conta que o PSA faz parte de um paradigma para garantir a água segura, ou seja, o plano não deve se encerrar em si mesmo.

### 5.1.CONTEXTO DA SAÚDE PÚBLICA

As metas baseadas na saúde podem ser de três tipos: resultado de saúde (a partir de uma base epidemiológica), metas de qualidade da água e desempenho do processo de tratamento. A primeira é baseada nos dados epidemiológicos de doenças de veiculação hídrica, considerando perigos microbiológicos ou químicos, sendo passível de serem estabelecidos cálculos de exposição-resposta; dessa forma, metas comuns seriam reduzir incidência de doenças de transmissão pela água. Uma segunda possibilidade é a adoção de metas de qualidade da água potável, comumente referidas como padrões de potabilidade, podendo até ser mais restritivo que os padrões “oficiais”. Finalmente, podem-se ainda

estabelecer metas para os processos de tratamento, focando na eficiência das diversas etapas que compõem o sistema (MS, 2012).

## 5.2. VIGILÂNCIA INDEPENDENTE

Um segundo elemento que compõe o quadro conceitual do PSA (conforme Figura 8) é a vigilância independente dos serviços de abastecimento de água. A vigilância (prevista e detalhada, no caso brasileiro, pela Portaria nº 2914/2011) cumpre papel fiscalizador de modo a manter o foco do PSA na proteção da saúde. Dado seu caráter, ela deve ser executada pelos órgãos de saúde. De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1990), é no âmbito municipal que as ações da vigilância devem ser de fato executadas (através das secretarias municipais de saúde), cabendo às secretarias estaduais de saúde a coordenação regional das ações. No âmbito nacional, dois programas nacionais que tem por finalidade ajustar as ações da vigilância são o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, do Ministério da Saúde, e o Programa Nacional de Apoio ao Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano, da Fundação Nacional de Saúde, além do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISÁGUA) — o qual contém vasta base de dados de qualidade de água, alimentada por todos os entes envolvidos na vigilância, sendo gerenciada pelos órgãos estaduais.

A quarta edição dos “*Guidelines for Drinking-Water Quality*”, da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011), traz ainda a noção de que a vigilância (encabeçada pelos órgãos de saúde) deve tomar atitudes proativas para além das funções reativas de fiscalização, estabelecendo estudos sobre a relação entre água e doença, a partir de dados epidemiológicos, ambientais, demográficos e de qualidade da água.

Além disso, há dois enfoques básicos de atuação da vigilância: a auditoria do PSA (de forma a periodicamente garantir que o mesmo seja devidamente aplicado, bem como

sejam corrigidas as inconformidades do processo) e a avaliação direta do sistema de abastecimento de água (coleta sistemática de dados de qualidade de água e inspeções sanitárias, cobrindo todas as captações e atividades na bacia do manancial de interesse, bem como a rede de distribuição e as estações de tratamento de água) (WHO, 2011).

A avaliação direta do sistema inclusive pode basear indicações de onde as ações de melhoria podem ser concentradas, ao zonear regiões da cidade onde há maior vulnerabilidade da água. Já, a auditoria do PSA, bem como dos serviços de saneamento, pode tomar formas que não sejam diretamente vinculadas à saúde pública. Algumas características do serviço de abastecimento de água podem ser aferidas para além da qualidade da água: quantidade, acessibilidade (tarifária e de infraestrutura) e continuidade (WHO, 2011).

Nesse âmbito, a partir da regulamentação da Lei do Saneamento (Lei nº 11.445, de 2007), as atividades de regulação dos serviços de abastecimento de água (bem como dos outros serviços de saneamento) foram fortalecidas, a partir da figura das Agências de Regulação (BRASIL, 2007a). Tais órgãos de regulação dos serviços têm o objetivo de aferir “características, padrões de qualidade, impacto socioambiental, direitos e obrigações dos usuários e dos responsáveis por sua oferta ou prestação e fixação e revisão do valor de tarifas e outros preços públicos” (BRASIL, 2010). Assim, a vigilância independente do PSA pode ser complementada a partir da supervisão de características diversas.

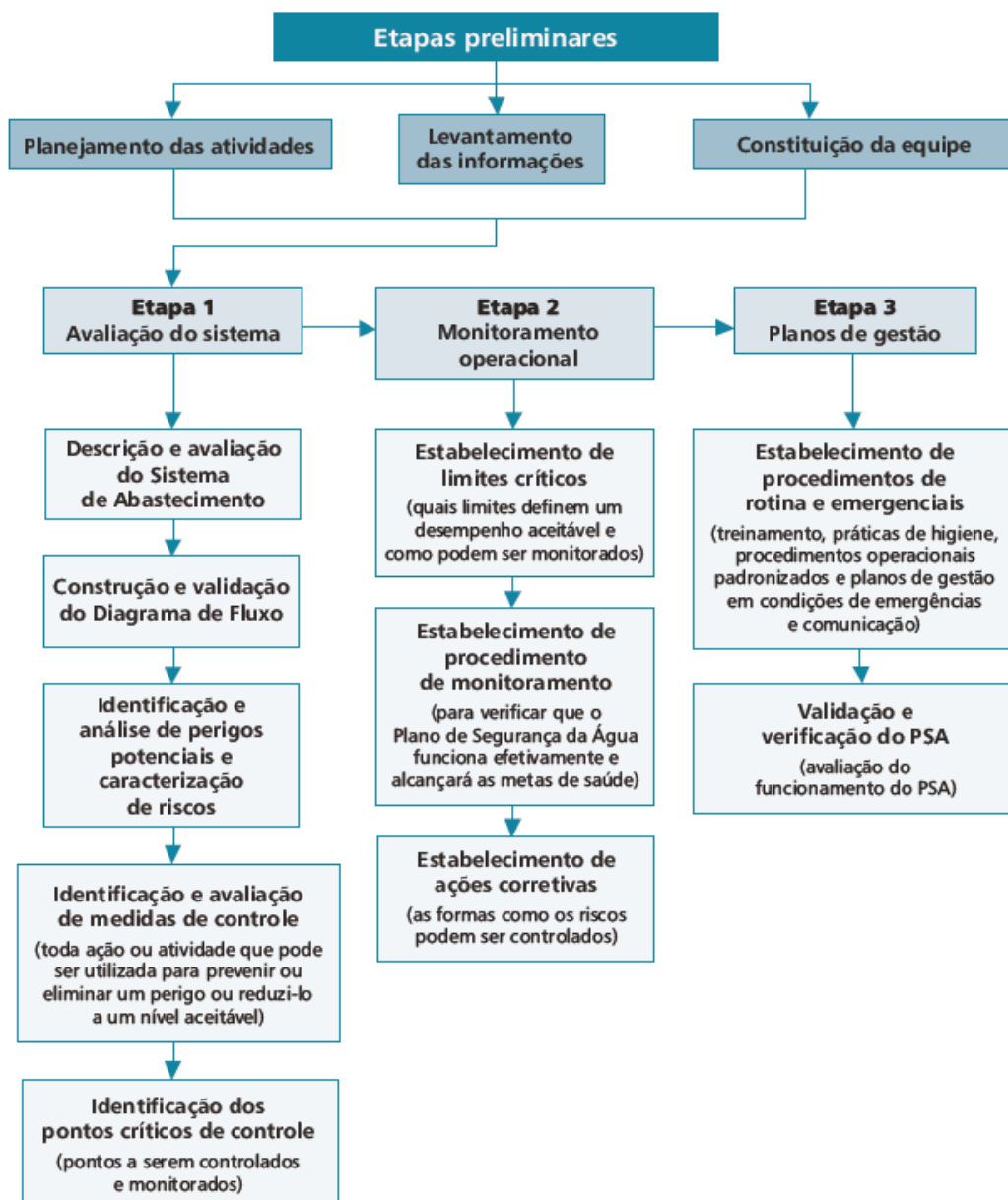
### 5.3. O PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

Através das duas etapas anteriormente descritas, poder-se-ia acreditar que o PSA trata-se de uma ferramenta de uso quase que exclusivo dos serviços de saúde pública. Não por acaso, na Nova Zelândia, o PSA era denominado localmente *Public Health Risk Management Plan* (algo como Plano de Gerenciamento de Risco à Saúde Pública) até 2013

(MINISTRY OF HEALTH, 2014). Contudo, a elaboração do Plano compreende também outros setores, que participam especialmente da construção do PSA propriamente dito.

O Plano de Segurança da Água compreende: etapas de preparação — preliminares — e três etapas subsequentes: avaliação do sistema de abastecimento de água, monitoramento operacional e formatação dos planos de gestão (Figura 9).

Figura 9 — Etapas completas de um Plano de Segurança da Água.



Fonte: MS (2012).

### **5.3.1. Etapas Preliminares**

De acordo com MS (2012), as etapas preliminares devem começar basicamente pela constituição de uma equipe técnica de trabalho com vistas a elaborar e implantar de fato o PSA no sistema de abastecimento de água. Dado o caráter transversal do Plano, Vieira e Moraes (2005) consideram que a equipe deve ser constituída desde por aqueles que operam diariamente o sistema, até por autoridades com poder de decisão no âmbito da bacia hidrográfica. Como se trata de uma avaliação de risco, é fundamental, entretanto, a presença daqueles que conheçam profundamente o sistema, seus perigos e vulnerabilidades.

De maneira geral, poder-se-ia imaginar que uma quantidade considerável de pessoas estará envolvida com o PSA, entretanto nem todas deverão participar das etapas como um todo. Assim, de forma a viabilizar a participação das diversas partes interessadas, bem como viabilizar discussões e tomadas de decisões, podem ser compostos subgrupos de trabalho para as diferentes etapas do processo. De qualquer modo, alguns setores ligados à produção de água potável devem estar presentes, como: os responsáveis pela qualidade da água potável produzida (e.g. companhia de saneamento, órgãos reguladores), entidades de gerenciamento e planejamento da bacia, além do possível acompanhamento dos órgãos de saúde e de associações de usuários (WHO, 2005).

Assim, a partir de uma equipe consistente, liderada por um coordenador que dirija a evolução das etapas, o planejamento das atividades pode ser realizado, definindo os escopos de atuação — quais partes da cadeia de produção e quais perigos serão considerados —, bem como as responsabilidades e os prazos para a elaboração do Plano (WHO, 2005).

### **5.3.2. Avaliação do Sistema**

Ainda que Vieira e Morais (2005) coloquem esta como uma etapa preliminar, a Avaliação do Sistema é a base do PSA. Essa etapa objetiva verificar elementos que indiquem a capacidade do sistema em entregar uma água que atenda aos requisitos determinados pelas metas de saúde pública (MS, 2012). É também a etapa que requer maior coleta e busca de informações, sejam de fonte primária ou secundária.

Assim, devem ser coletadas, pela(s) equipe(s), informações sobre a bacia hidrográfica da captação, o manancial de captação (seja superficial ou subterrâneo), o tratamento, a distribuição e a reservação da água (MS, 2012) (quadro 2). O caráter das informações coletadas pode antever aspectos operacionais, técnicos, institucionais e espaciais, já prevendo seu uso na fase de identificação de perigos (VIEIRA; MORAIS, 2005).

Após a coleta dos dados, um fluxograma (também denominado diagrama de fluxo) do sistema de abastecimento de água deverá ser composto, com o objetivo de balizar a identificação dos perigos e dos pontos críticos do sistema. O escopo do fluxograma deverá ser estabelecido pela equipe, de acordo com o alcance que se pretende ter, podendo dar a atenção desejada às atividades e aos processos de contaminação da água na bacia de captação, além da devida sistematização do sistema técnico de abastecimento de água, incluindo todas as suas etapas (WHO, 2005). Estando o PSA baseado a partir das informações esquematizadas no fluxograma, é necessário que suas informações sejam o mais fieis possíveis à realidade. Assim, após a construção do fluxograma, deve-se validar este, através de visitas técnicas e da supervisão dos constituintes da equipe mais familiarizados com cada etapa descrita (MS, 2012).

Quadro 2 — Exemplos de dados comumente usados para a elaboração de um Plano de Segurança da Água.

<p><b><u>Bacia hidrográfica</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geologia e hidrologia</li> <li>• Meteorologia e condições do tempo</li> <li>• Qualidade ambiental da bacia hidrográfica e dos corpos hídricos</li> <li>• Vida selvagem</li> <li>• Usos da água</li> <li>• Uso e ocupação do solo</li> <li>• Existência de zonas de preservação</li> <li>• Atividades econômicas na bacia</li> <li>• Fontes potencialmente poluidoras (pontuais e difusas)</li> <li>• Atividades futuras programadas</li> </ul>	<p><b><u>Manancial de captação</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrição do tipo de corpo hídrico</li> <li>• Características físicas (e.g. dimensões, profundidade)</li> <li>• Vazão e condições hidrológicas</li> <li>• Tempos de retenção</li> <li>• Constituintes da água (físicos, químicos e microbiológicos)</li> <li>• Proteções da captação (e.g. acessos, vedações)</li> <li>• Usos do manancial</li> <li>• Transporte de água</li> <li>• Estruturas hidráulicas de captação e suas características</li> </ul>
<p><b><u>Aquífero de captação</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de aquífero</li> <li>• Hidrogeologia</li> <li>• Condutividade hidráulica e direção</li> <li>• Zona de carga</li> <li>• Zona de proteção dos poços</li> </ul>	<p><b><u>Sistemas de Tratamento</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operações unitárias e processos (inclusive opcionais)</li> <li>• Projeto dos equipamentos</li> <li>• Automação e equipamentos de monitoramento</li> <li>• Substâncias utilizadas</li> <li>• Eficiências nas etapas</li> <li>• Processos de desinfecção</li> </ul>
<p><b><u>Reservatórios e redes de distribuição</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projeto do reservatório</li> <li>• Tempos de retenção</li> <li>• Variações sazonais</li> <li>• Proteções</li> <li>• Projeto da rede de distribuição</li> <li>• Condições hidráulicas (e.g. idade dos condutos, pressão, vazão)</li> <li>• Proteção para impedir contra-fluxo</li> <li>• Residual de desinfetantes</li> </ul>	<p><b><u>Consumidores</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• População atual e futura</li> <li>• Locais de interesse (e.g. hospitais, consultórios, clínicas de hemodiálise)</li> <li>• Séries temporais e espaciais de qualidade de água</li> </ul>

Fonte: adaptado de WHO (2005) e Vieira e Morais (2005).

O próximo passo, dentro da avaliação do sistema, se dá através da identificação e análise dos perigos potenciais e caracterização dos riscos. Chega-se, assim, ao cerne do PSA: a análise de risco.

Inicialmente, “deve-se identificar, em cada etapa do diagrama de fluxo, os eventos perigosos e/ou os perigos do sistema de abastecimento de água (biológicos, químicos, físicos e radiológicos) para correlacioná-los aos possíveis efeitos adversos à saúde



humana” (MS, 2012, p. 32). Para assistir a identificação dos perigos, o uso de séries históricas de qualidade da água de todas as etapas pode ser empregado, de forma a analisar tendências, a ocorrência de valores acima de limites, bem como a correlação com outras variáveis, como pluviosidade e ocorrência de morbidades. Assim, de certo modo pode-se verificar inclusive o desempenho geral do sistema quando em eventos extremos, por exemplo, eventos de grande pluviosidade ou ainda acidentes (NMHRC, 2011). O uso de mapas e de ferramentas de sistemas de informações geográficas pode também auxiliar a tarefa (MS, 2012).

A identificação dos perigos é baseada nas informações levantadas nas etapas preliminares, bem como é amparada na experiência dos técnicos de operação e naqueles com ampla experiência no projeto de sistemas (para os perigos nos sistemas técnicos de tratamento, distribuição e reservação), além da experiência de técnicos que atuam na ordenação territorial e fiscalização ambiental (para os perigos na bacia hidrográfica). É necessário que se tome por essencial a listagem extensiva de perigos, tendo em vista que não se podem ser subestimados perigos que provoquem graves danos à saúde, ainda que a equipe que execute essa tarefa possa limitar o escopo do estudo (WHO, 2011). Os eventos que dão origem aos perigos (denominados eventos perigosos) devem ser identificados de igual maneira, considerando aqueles relacionados ao projeto e operação dos sistemas, aqueles externos ao sistema e aqueles que são decorrentes de uma falha em outra etapa (BEUKEN ET AL., 2007 *apud* ROSÉN ET AL., 2007).

De forma a auxiliar essa tarefa, Beuken et al. (2008) elaboraram uma extensa lista de perigos em todas as fases do sistema de abastecimento, desde a captação até a torneira dos consumidores. Para tanto, utilizaram um método que valorizou a participação de diversos setores de sociedade, de especialistas a leigos, para abranger os mais diversos perigos, de forma a diminuir os vícios de pensamento. Vieira e Morais (2005) também

fornece exemplos de eventos perigosos (quadro 3). Tais perigos estão associados a riscos, os quais devem ser caracterizados através de métodos apropriados (ver seção 4.3.1.) para que seja possível realizar uma lista por ordem de prioridade entre eles (VIEIRA; MORAIS, 2005).

Quadro 3 — Exemplos de eventos perigosos.

<p><b><u>Bacia Hidrográfica</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargas de águas residuais (domésticas e industriais)</li> <li>• Derrames de hidrocarbonetos (acidentes ou deliberados)</li> <li>• Matéria fecal proveniente de vida selvagem e pecuária</li> </ul>	<p><b><u>Reservatórios de captação</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acesso humano</li> <li>• Curto-circuito hidráulico</li> <li>• Florescências de cianobactérias</li> <li>• Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais</li> <li>• Desastres naturais</li> </ul>
<p><b><u>Sistema de tratamento</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variações significativas de vazão</li> <li>• Processos unitários inadequados</li> <li>• Mau funcionamento de equipamentos</li> <li>• Falhas nos alarmes e nos equipamentos de monitoramento</li> <li>• Utilização de reagentes de inadequada qualidade</li> </ul>	<p><b><u>Sistema de distribuição</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservatórios não cobertos</li> <li>• Corrosão</li> <li>• Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos</li> <li>• Cloro residual inadequado</li> <li>• Rupturas de condutos</li> </ul>

Fonte: adaptado de Vieira e Morais (2005).

Conforme estabelecido na Figura 9, após a priorização dos riscos, é necessário identificar e planejar medidas de controle para que os riscos mais relevantes sejam reduzidos ou eliminados (WHO, 2011). Essas medidas devem ser proporcionais aos riscos estimados.

As medidas de controle fazem parte da concepção do Plano de Segurança da Água que prevê uma abordagem baseada nas múltiplas barreiras, podendo-se considerar que as medidas de controle são equivalentes à noção de barreira explicitada na seção 4.2 (WHO, 2005). Desse modo elas devem ser identificadas ou criadas para todas as etapas do ciclo produtivo da água, sendo necessário avaliá-las e corrigi-las, se necessário, para garantir sua eficácia (MS, 2012), afinal elas são planejadas para que contaminações sejam evitadas e,

uma vez que haja contaminação, suas concentrações sejam reduzidas, além de garantir que haja redução na proliferação de agentes contaminantes (WHO, 2005).

Como já descrito anteriormente, as barreiras (medidas de controle) são muitas vezes de natureza diversa, não necessariamente tecnológica, havendo até mesmo a necessidade da cooperação de outros órgãos alheios à prestadora do serviço de abastecimento de água, quando, por exemplo, no caso de controles relacionados ao manancial de captação (WHO, 2005).

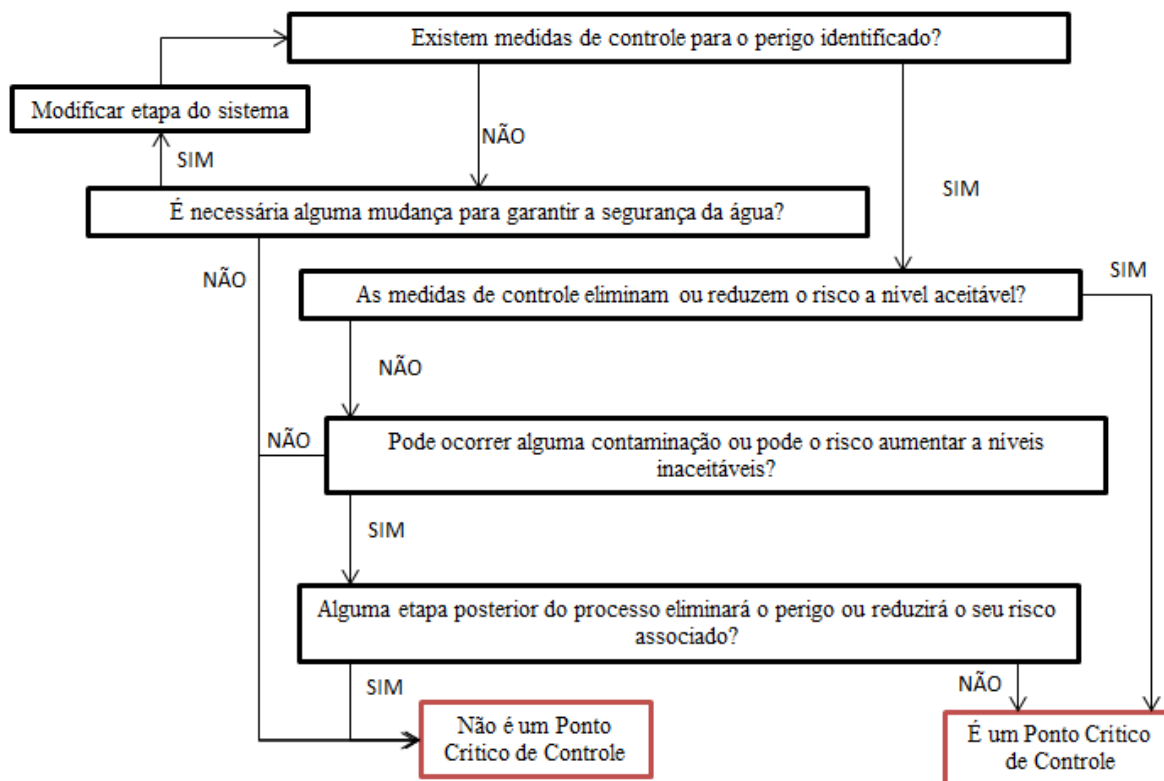
Como medidas de controle para o sistema como um todo seriam operacionalmente impraticáveis caso não houvesse um filtro para que se considerem somente as etapas críticas para a contaminação do sistema, Vieira e Morais (2005) consideram que somente aqueles riscos classificados como moderados ou mais elevados devam receber atenção no seu controle. Assim, os elementos do sistema vulneráveis aos riscos moderados e elevados devem ser chamados de “Pontos de Controle”, os quais devem ser avaliados se são “Pontos Críticos de Controle”, sob a ótica da ferramenta de avaliação de risco Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (Figura 10). O objetivo é que sejam controlados e monitorados com a devida atenção certos pontos do sistema, onde uma contaminação ocasionaria necessariamente o comprometimento da qualidade da água potável consumida.

### **5.3.3. Monitoramento Operacional**

O desempenho do sistema de abastecimento de água deve ser aferido a partir do monitoramento de certos parâmetros de funcionamento. Para isso, devem ser estabelecidos parâmetros que se relacionem aos perigos controlados pelas medidas propostas (medidas de controle), bem como estabelecidos limites operacionais, que informem quando os parâmetros estão adequados (ou seja, quando as medidas de controle estão funcionando) ou fora dos limites (quando devem ser tomadas medidas corretivas). Os parâmetros devem poder ser medidos de maneira rápida, para que seja possível tomar ações corretivas

prontamente, se necessário. Já, os limites operacionais podem traduzir-se em faixas, valores inferiores e superiores, ou ainda uma série de indicadores (WHO, 2005), definidos, por exemplo, a partir de dados técnicos ou séries históricas.

Figura 10 — Metodologia da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle.



Fonte: adaptado de MS (2012) e Vieira e Morais (2005).

Invariavelmente, há também os chamados limites críticos, os quais são definidos por legislação federal, estadual ou municipal, como os padrões de potabilidade indicados nacionalmente (Portaria nº 2914/2011). Internamente a companhia de abastecimento deve definir limites operacionais mais restritivos que os críticos, através de estudos técnicos que proporcionem maior conhecimento da operação de seus sistemas (MS, 2012; VIEIRA; MORAIS, 2005).

De qualquer modo, nem todos os perigos (ou medidas de controle) podem ter limites definidos. As experiências no PSA colocam que alguns critérios devem ser preenchidos para que possam ser estabelecidos esses limites (WHO, 2005):

- os limites devem poder ser monitorados, seja diretamente ou indiretamente;

- uma ação corretiva deve poder ser estabelecida, quando o monitoramento indicar desvios da normalidade;
- esta ação corretiva deverá garantir a segurança da água, agindo sobre as medidas de controle;
- o tempo entre a detecção do desvio e o cumprimento da ação corretiva deve ser adequado de forma a garantir a segurança da água;

Na Alemanha, a partir de experiências na implantação de PSA, verificou-se que apesar do grande número de perigos identificados concernentes à bacia hidrográfica, apenas poucos deles poderiam ser influenciados ou controlados no âmbito do monitoramento operacional. Mesmo assim, para aqueles passíveis de controle, a cooperação com outros órgãos (em especial os de proteção hídrica) foi necessária (STABEN; MÄLZER; MERKEL, 2008).

Oliveira (2010) considera que

o monitoramento ideal deve fornecer informações a tempo para permitir ajustes no processo, evitando, assim, perda de controle, ou seja, o descumprimento dos limites críticos. Na prática, os limites operacionais propiciam margem de segurança, servindo de alerta e permitindo um tempo maior para ajustes de processo (OLIVEIRA, 2010, apresentação).

É importante, ainda, que medidas corretivas sejam pré-determinadas para os casos nos quais os limites críticos sejam excedidos, tratando estas situações como incidentes (MS, 2012).

#### **5.3.4. Planos de Gestão**

Finalmente, a última etapa de um Plano de Segurança da Água é a formatação de planos de gestão. Os planos de gestão visam fornecer informações claras sobre os procedimentos a serem adotados em situações rotineiras (como no monitoramento dos pontos críticos de controle), inclusive na calibração de instrumentos de medição e no registro dos resultados das medições dos parâmetros monitorados. Também, quando incidentes ocorrem, os procedimentos de emergência devem estar documentados, inclusive

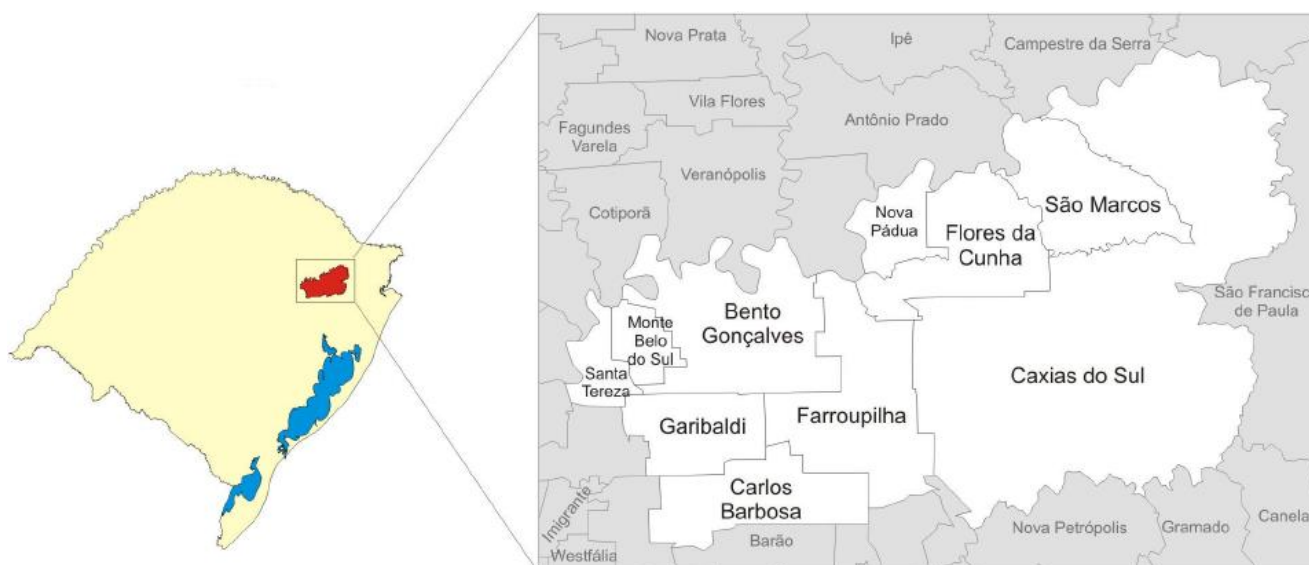
com as responsabilidades esclarecidas pelas operações e comunicações necessárias (MS, 2012; VIEIRA; MORAIS, 2005).

Programas de suporte, se instituídos, também devem ser documentados, como aqueles de proteção de mananciais, qualificação dos recursos humanos e controle de qualidade laboratorial. Por último, é importante a documentação de todos os resultados de um Plano de Segurança da Água, desde as etapas preliminares, visto que o PSA deve passar por reavaliações e auditorias, revendo perigos, riscos, procedimentos e medidas de controle (MS, 2012).

## 6. ÁREA DE ESTUDO: O MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES

O município de Bento Gonçalves está localizado no estado do Rio Grande do Sul, formando, junto a nove outros municípios, a Aglomeração Urbana do Nordeste (Figura 11).

Figura 11 — Localização de Bento Gonçalves no Estado do Rio Grande do Sul e na Aglomeração Urbana do Nordeste.

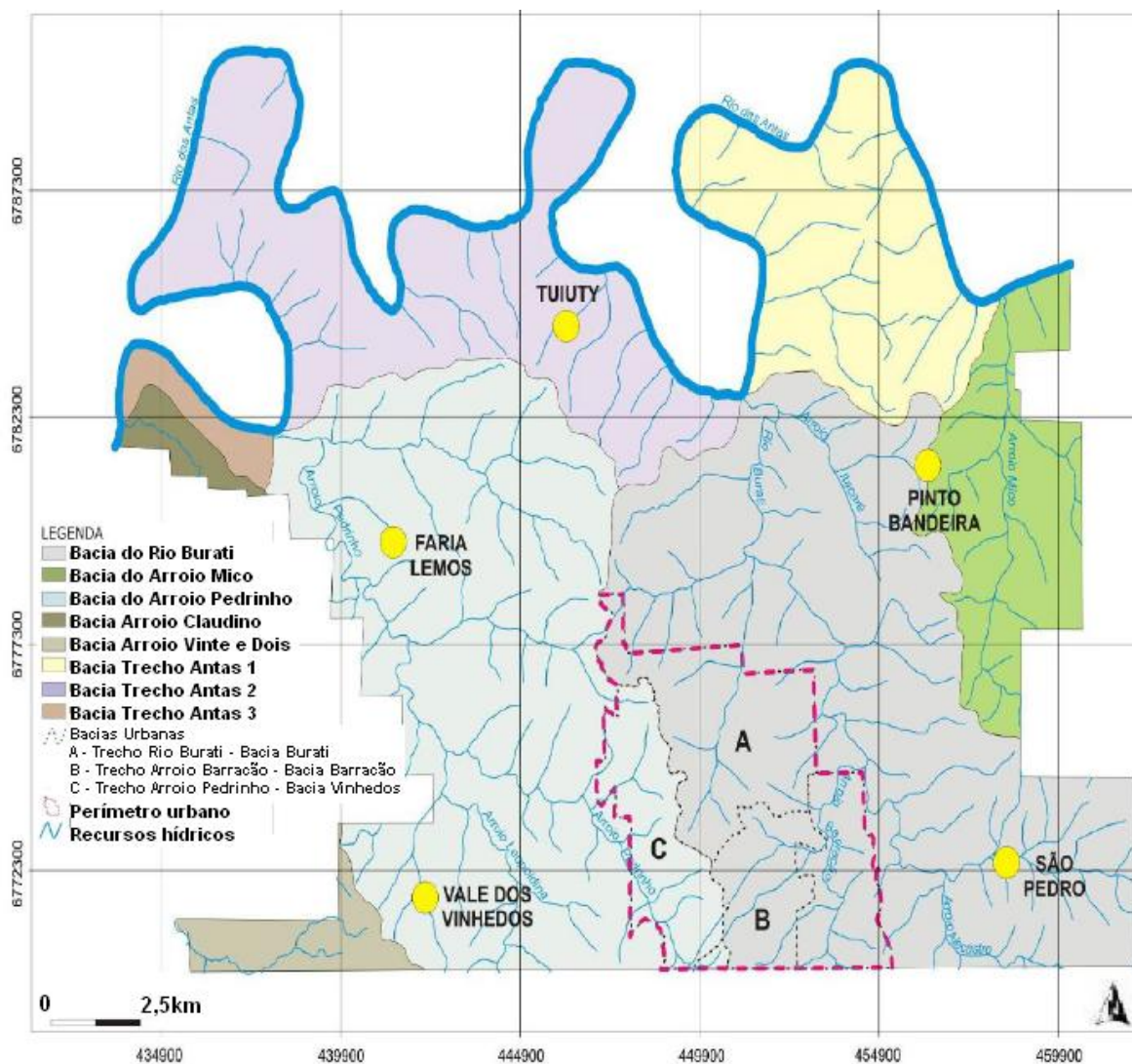


Fonte: IBGE, 2001; Hasenack et al., 2007 *apud* BOGO, J; DURANTI, R. R.; AHLERT, S. (2008).

Hidrologicamente, o município se insere dentro da região hidrográfica do Lago Guaíba, mais especificamente na Bacia do Rio Taquari-Antas. O território pertencente ao município está contido de alguma forma por oito sub-bacias do Rio das Antas (Figura 12),

sendo as sub-bacias do Rio Burati e do Arroio Pedrinho as duas principais, compondo 60% do total da área municipal. Especificamente, a área urbana de Bento Gonçalves é composta por três microbacias: a microbacia Burati (que corresponde a 41% da área urbana), a microbacia Barracão (19%) e a microbacia Vinhedos (27%).

Figura 12 — Sub-bacias do Taquari-Antas que compõem o município de Bento Gonçalves.



Fonte: adaptado de ENCOPI (2009, p. 43). Notas: distritos municipais indicados em círculos de cor amarela<sup>11</sup>.

## 6.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DE SANEAMENTO

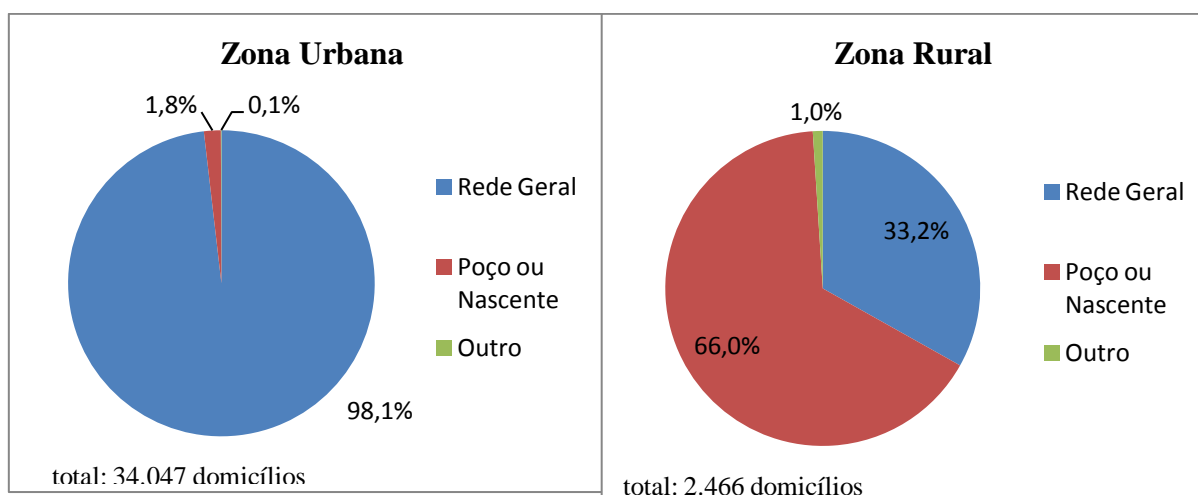
De acordo com o levantamento censitário de 2010, o abastecimento de água nos domicílios urbanos é majoritariamente (98,1%) proveniente da rede geral da Companhia

<sup>11</sup> O atual município de Pinto Bandeira era, na época da confecção deste mapa, ainda distrito de Bento Gonçalves. A indefinição jurídica acerca da sua situação (como distrito ou município) perdurou alguns anos, até que em 2013 a emancipação de Pinto Bandeira passou a ser legal.

Rio-grandense de Saneamento (CORSAN). Por outro lado, na zona rural 66% dos domicílios são abastecidos por água de poços ou nascentes próprios ou gerenciados pela Secretaria Municipal da Agricultura (Figura 13) (FEE DADOS, 2014).

O contraste entre a população rural e a urbana permanece, em se tratando de esgotamento sanitário. Enquanto a população urbana dispõe de redes de esgoto para escoar de forma relativamente segura as águas residuais, a população rural não dispõe de solução coletiva, dependendo de fossas sépticas e até mesmo rudimentares. É importante do ponto de vista sanitário notar também a ausência de banheiro em vinte e dois domicílios urbanos e seis rurais, ainda que no cômputo geral estes números pareçam irrelevantes (quadro 4) (FEE DADOS, 2014).

Figura 13 — Situação do abastecimento de água na zona urbana (a) e na zona rural (b) de Bento Gonçalves.



(a)

(b)

Fonte: elaboração própria, a partir de FEE DADOS (2014).

Quadro 4 — Situação do esgotamento sanitário no município de Bento Gonçalves.

	Urbano	Rural
<b>Fossa Rudimentar</b>	8,1%	47,5%
<b>Fossa Séptica</b>	40,1%	44,8%
<b>Rede de Esgoto Pluvial</b>	50,5%	3,4%
<b>Lançamento em Rio ou Lago</b>	0,5%	0,4%
<b>Sem banheiro</b>	0,1%	0,3%
<b>Vala</b>	0,6%	3,4%
<b>Outro Escoadouro</b>	0,1%	0,2%
Total (n° domicílios)	34.047	2.466

Fonte: elaboração própria, a partir de FEE DADOS (2014).



## 6.2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BENTO GONÇALVES

### 6.2.1. Captação

Como já descrito, há uma parcela da população tanto urbana, mas principalmente rural que não é atendida pelo Sistema de Abastecimento de Água da CORSAN (Figura 13). Assim, há dois poços que visam atender a área urbana e nove para a área rural, conformando o sistema alternativo de abastecimento coletivo, gerenciado pela Secretaria Municipal de Agricultura (ENCOP, 2009).

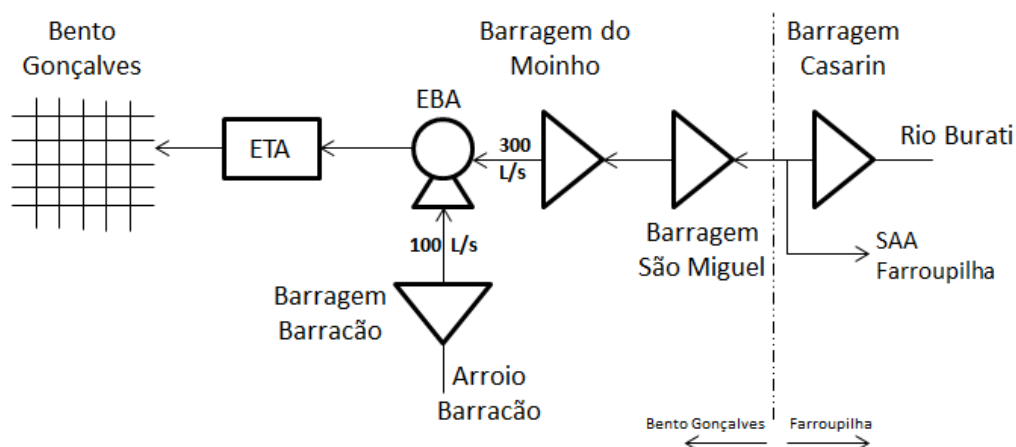
A captação superficial de água (Figura 14) para o consumo da população bentogonçalvense se dá através de dois mananciais de captação localizados na sub-bacia do Rio Burati (Figura 12): o rio Burati (onde a água é acumulada através de três barramentos: Barragem Casarin, Barragem São Miguel e Barragem do Moinho) e o arroio Barracão (que acumula água em barragem homônima). No ramo do rio Burati, a captação se dá, de fato, na Barragem do Moinho, onde uma adutora transpõe a água bruta até a Estação de Bombeamento de Água (EBA), localizada junto à Barragem Barracão. Na Barragem Barracão também há captação de água, embora em menor monta em comparação à vazão aduzida da Barragem do Moinho<sup>12</sup> (ENCOP, 2009). Todo o sistema é gerenciado pela CORSAN.

Dessa forma, é patente a importância da sub-bacia do Rio Burati no contexto do abastecimento humano no município de Bento Gonçalves. Entretanto, a sub-bacia é dividida no âmbito político por três municípios: Bento Gonçalves, Garibaldi e Farroupilha, os quais ocupam diferentemente o solo da região (Quadro 5) e exercem poder legislativo de ordenamento territorial de suas parcelas da bacia de forma independente entre si.

---

<sup>12</sup> De acordo com Corsan (2008, *apud* SES-RS, 2014), entre as 10 horas da manhã e as 8 horas da noite, são captados 440 litros por segundo; já nos demais horários, cerca de 310 litros por segundo. A adução é dividida igualmente durante boa parte do ano em ambos os mananciais, apenas havendo diferença durante o verão, quando a captação na Barragem do Moinho corresponde a 70% do total.

Figura 14 — Esquema representativo do sistema de abastecimento de água de Bento Gonçalves.



Fonte: elaboração própria, a partir de ENCOP (2009).

Quadro 5 — Uso e ocupação do solo na sub-bacia do Rio Burati

Uso e ocupação do solo	Trecho Farroupilha		Trecho Garibaldi		Trecho Bento Gonçalves	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Mata nativa	22,40	30,27	3,47	31,21	56,61	45,54
Mata em regeneração	8,75	11,82	1,16	10,43	1,17	0,94
Silvicultura	6,75	9,12	0,86	7,73	1,48	1,19
Agricultura	20,62	27,86	3,34	30,04	35,77	28,78
Solo exposto	9,12	12,32	1,61	14,48	12,38	9,96
Ocupação urbana	3,96	5,35	0,43	3,87	15,69	12,62
Água	2,40	3,24	0,25	2,25	1,2	0,97
<b>TOTAL</b>	<b>74,00</b>	<b>100</b>	<b>11,12</b>	<b>100</b>	<b>124,3</b>	<b>100</b>

Fonte: ENCOP (2009, p. 61).

### 6.2.2. Tratamento

A Estação de Tratamento de Água (ETA) de Bento Gonçalves tem capacidade instalada de tratar 450 litros por segundo e é definida como tratamento convencional. De modo geral, a água bruta entra na estação, através de uma Calha Parshall, passa por coagulação, floculação (por chicanas), decantação (em cinco unidades decantadoras de fluxo ascendente, com placas), filtração (por gravidade, em 12 filtros rápidos de areia, seixo e antracito), fluoração e cloração, chegando por fim aos reservatórios. Há ainda adição de outras substâncias auxiliares no processo, como cal hidratada, carvão ativado e sulfato de alumínio, conforme necessidades operacionais (ENCOP, 2009).

### **6.2.3. Reservação e Distribuição**

A rede de distribuição da CORSAN conta com 325 quilômetros de extensão, abastecendo tanto a zona urbana, como a rural. Conjuntamente, existem vinte e três reservatórios cuja função, além de armazenar a água (volume total de 7.705 metros cúbicos), é de reduzir as pressões causadas pelo grande desnível que a topografia municipal oferece. Para tanto também há trinta e duas válvulas redutoras de pressão instaladas na rede, de modo a dissipar pressões que chegariam a mais de 130 metros de coluna de água, caso não houvesse mecanismos de atenuar os efeitos topográficos (ENCOP, 2009).

### **6.2.4. Problemas associados ao Sistema de Abastecimento de Água do município**

De acordo com SES (2014), um dos principais problemas que afetam o sistema é a floração de cianobactérias, historicamente recorrente nos mananciais de captação. A ocorrência de cianobactérias por sua vez suscita grande controle na operação da ETA. Por outro lado, na avaliação de um técnico da Vigilância Ambiental do município<sup>13</sup>, os problemas mais recorrentes que geram demandas à Vigilância são questões relacionadas à falta de água, rompimento de condutos e entrada de contaminantes na rede de distribuição (quando, por exemplo, a água se encontra visualmente contaminada por sólidos suspensos).

## **7. METODOLOGIA**

De forma a cumprir com os objetivos propostos, o trabalho se desenvolveu a partir de extenso levantamento bibliográfico de artigos, documentos oficiais, teses, dissertações, tanto nacionais quanto internacionais, sobre as palavras-chave: “Plano de Segurança da

---

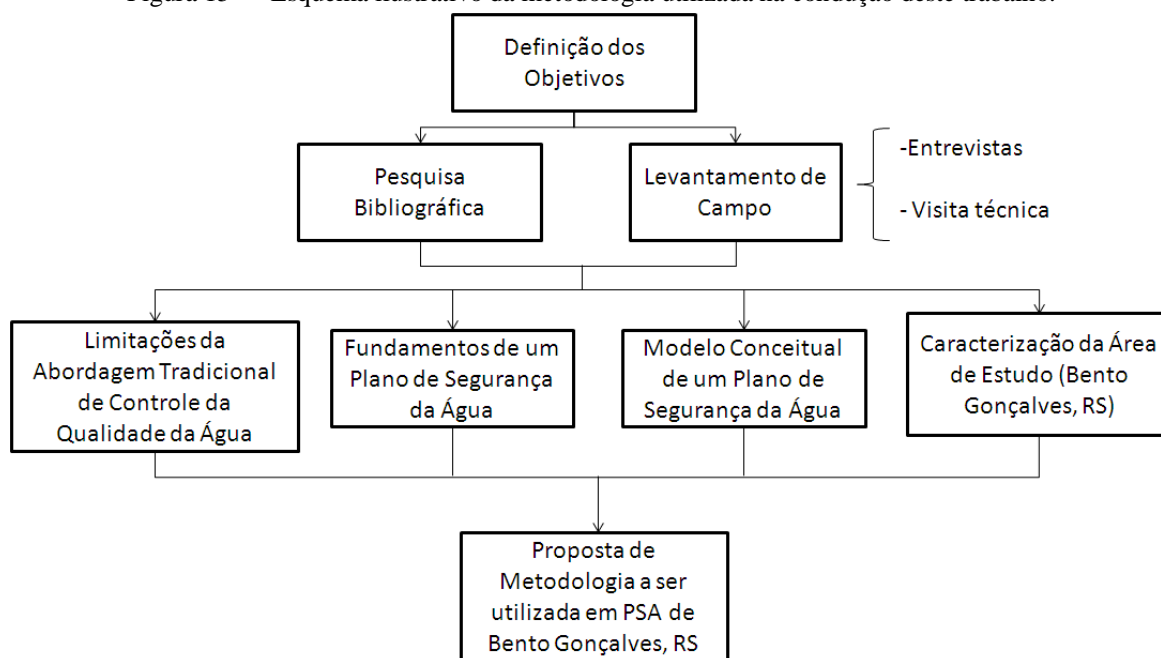
<sup>13</sup> Grande parte das informações referentes à qualidade da água no município foi obtida a partir de comunicações verbais com o farmacêutico Artêmio Riboldi Jr., da Vigilância Ambiental da Secretaria Municipal da Saúde, de Bento Gonçalves.

Água” (e suas variantes em inglês), “controle da qualidade da água para consumo humano” e “avaliação de risco de água para consumo humano”. Procurou-se, também, buscar estudos de caso de forma a visualizar diferenças e semelhanças nas estratégias utilizadas nos diversos países, considerando os contextos dos sistemas de abastecimento de água avaliados (e.g. população abastecimento, vazão, tipo, se está dentro do contexto de países desenvolvidos ou em desenvolvimento).

Houve ainda oportunidade de dialogar com técnicos da área da vigilância ambiental e vigilância em qualidade da água, vinculados à Secretaria Estadual de Saúde do Rio Grande do Sul e à Secretaria Municipal de Saúde de Bento Gonçalves. Tais conversas se desenvolveram em reuniões na SES e no acompanhamento de uma inspeção sanitária promovida pelo órgão no Sistema de Abastecimento de Água de Bento Gonçalves, entre os dias 5 e 6 de maio de 2014. Com base em todas essas informações coletadas, procurou-se idealizar uma estratégia para a implantação de um PSA no município de Bento Gonçalves.

Um esquema que ilustra a metodologia utilizada nesse trabalho está na figura 15.

Figura 15 — Esquema ilustrativo da metodologia utilizada na condução deste trabalho.



Fonte: elaboração própria.

## **8. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA UM PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES**

Os Planos de Segurança da Água são ferramentas de gestão da qualidade da água que devem ser adaptados especificamente à realidade local, em função de arranjo institucional, divisão das responsabilidades, natureza e complexidade dos sistemas de abastecimento de água, nível de informação disposto, resultados esperados, entre outros fatores relevantes. O município de Bento Gonçalves é o foco deste trabalho, tendo seu contexto geral descrito anteriormente. Cabe, portanto, realizar uma proposta que se adapte ao seu contexto, com necessidades identificadas em visitas técnicas e em conversas com técnicos municipais e estaduais, além dos já dados levantados. Tal proposta está estruturada nesse capítulo e leva em conta os esquemas apresentados anteriormente (Figura 6 e Figura 9).

### **8.1. ESCOPO DO PLANO**

De acordo com os dados de saneamento apresentados no capítulo 6, dentre a totalidade dos domicílios do município de Bento Gonçalves 94% deles são abastecidos pelo sistema convencional de abastecimento de água da CORSAN e apenas 6% são abastecidos por sistemas individuais ou alternativos (a maioria na zona rural). Dada a relevância numérica, entende-se, portanto, que o PSA de Bento Gonçalves, em sua primeira versão, deva se ocupar somente do sistema convencional de abastecimento. Além dos dados, a própria característica diferenciada dos sistemas (o convencional sendo gerido pela CORSAN e os alternativos muitas vezes sendo geridos por indivíduos) não permite que todos os sistemas sejam abarcados em um mesmo processo.

Ademais, uma decisão crucial deve ser tomada quanto ao nível de realização do Plano: qual o detalhamento necessário das etapas de produção da água potável (Figura 14)? A partir das informações levantadas, há grande espaço para que o sistema de distribuição

da água seja objeto de profundos estudos, visando à redução de riscos e de propriamente incidentes envolvendo esta etapa da produção da água. Propõe-se assim, o detalhamento na etapa de distribuição, visto ser um problema diretamente solucionável pela abordagem do Plano de Segurança da Água. Sugerem-se, também, enfoques mais tradicionais envolvendo os mananciais de captação e a etapa de tratamento<sup>14</sup>, embora a existência de problemas com relação à eutrofização dos corpos hídricos de captação.

Cabe considerar, também, que o sistema gerido pela CORSAN encontra-se em constante evolução, a partir da formatação do Plano Municipal de Saneamento Básico, que prevê desde já obras e investimentos para qualificar tanto o esgotamento sanitário, como o abastecimento de água – tomando por meta a universalização dos serviços na área urbana (ENCOP, 2009). Em constante mudança, também está o Plano Diretor Municipal de Bento Gonçalves, que ordena a ocupação do solo no município: por exemplo, no presente momento (2014) negocia-se a possibilidade de flexibilizar as restrições de ocupação de indústrias dentro da microbacia do Arroio Barracão (área B, da Figura 12), que é precisamente uma das captações (JORNAL SEMANÁRIO, 2014). Assim, a dinâmica pela qual passa o município implica que a elaboração de um PSA deve identificar e caracterizar não apenas riscos atuais, mas também futuros em todas as partes do sistema.

Finalmente, deve ser inerente à construção do Plano, identificar e caracterizar os riscos, além de identificar medidas de contingência para acidentes que descarreguem contaminantes nos mananciais de captação<sup>15</sup>, para a operação anormal da ETA quando da floração de algas, assim como para situações de ruptura na rede de distribuição.

---

<sup>14</sup> Os métodos utilizados para a gestão dos riscos em cada etapa do sistema serão mais bem descritos na seção 8.4.

<sup>15</sup> Dentre os acidentes, têm relevância aqueles relacionados à microbacia do Barracão, que se insere já em área urbana e que é contornado por rodovias e estradas, com trânsito de cargas. Além disso, não devem ser descartadas descargas acidentais e intencionais de indústrias da região.

Os riscos deverão ser tratados a partir de uma perspectiva técnica em termos de impactos à qualidade de água e frequência da ocorrência de eventos perigosos, sendo priorizados a partir de sua importância.

## 8.2. CONSTITUIÇÃO DA EQUIPE

O Conselho Nacional de Saúde Pública da Austrália enfatiza a necessidade de a companhia de água tomar a liderança do processo, com engajamento e compromisso de sua alta administração em implantar as ações estabelecidas pelo Plano de Segurança da Água, bem como engajar as diversas entidades em cumprir seus papéis (NHRMC, 2011). Entretanto, não raro, outros os órgãos desencadeiam a elaboração do PSA, tais como órgãos ligados à saúde pública ou ainda órgãos de gestão em nível de bacia hidrográfica.

No caso aqui estudado, a demanda inicial da elaboração de um Plano de Segurança da Água partiu dos órgãos de saúde, tanto estadual, como municipal, devido aos problemas enfrentados com a qualidade da água para consumo humano. Entretanto, em comunicações pessoais, representantes de tais órgãos possuem a crença de que o processo deva ser conduzido pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Taquari-Antas, órgão criado em 1988, responsável pela deliberação acerca do gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Taquari e Antas (COMITÊ TAQUARI-ANTAS, 2014). Os comitês de bacia têm como característica fundamental a representatividade de diversos setores da sociedade com interesse sobre os recursos hídricos da bacia, sendo composto por usuários, população e entidades governamentais (BRASIL, 2007b), logo se tratando de um importante fórum de discussão sobre os recursos hídricos e potenciais poluidores de toda a região — englobando a bacia de captação (sub-bacia do Rio Burati).

Por outro lado, o Comitê de Bacia, embora representativo da bacia hidrográfica, não possui responsabilidade pelos serviços prestados em saneamento, as quais são da empresa concessionária (CORSAN) e da Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves, titular

dos serviços, pela Lei nº 11.445, de 2007 (Brasil, 2007a). Poder-se-ia pensar sobre um maior papel do Comitê, caso o principal problema fosse a degradação da bacia de captação e da qualidade da água, entretanto comunicações verbais apontam a distribuição como o problema, conforme abordado anteriormente, o que determina o protagonismo maior da companhia de saneamento.

Outros órgãos relevantes para o PSA em Bento Gonçalves são: a Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul (AGERGS), a qual é responsável por fiscalizar, regular e mediar a relação da CORSAN com o município, do ponto de vista de aspectos técnicos e financeiros; instituições de pesquisa e extensão (como universidades) capazes de gerar informações e dados essenciais para o completo entendimento dos riscos; e finalmente, o órgão ambiental estadual (FEPAM), que cumpre função ao licenciar sobre as atividades potencialmente poluidoras da bacia (BRASIL, 1981). Assim, é possível construir uma matriz de atores pertinentes para o PSA em Bento Gonçalves (Quadro 6), os quais deverão compor a equipe condutora do processo.

Quadro 6 — Relação de atores pertinentes e etapas às quais estão diretamente relacionados.

<b>Componente do sistema de abastecimento</b>	<b>Instituições</b>	<b>CORSAN</b>	<b>SES</b>	<b>AGERGS</b>	<b>COMITÊ BACIA</b>	<b>FEPAM</b>	<b>Prefeitura Municipal</b>
<b>Bacia de Captação</b>		X	X	-	X	X	X
<b>Tratamento</b>		X	-	X	-	-	X
<b>Distribuição</b>		X	-	X	-	-	X
<b>Produto Final (Água)</b>		X	X	X	-	-	X

Fonte: elaboração própria.

Apesar de o Projeto Piloto promovido pelo Ministério da Saúde (em parceria com a Universidade Federal de Viçosa) ter contado com grande participação da Universidade (BASTOS, 2009), na prática um PSA deve promover, entre outros objetivos, um melhor conhecimento da própria companhia de água sobre o seu sistema (STABEN; MÄLZER; MERKEL, 2008). Dessa forma, entende-se que o papel principal deve ser desempenhado,



de fato, pela CORSAN, cabendo o acompanhamento e a participação dos demais órgãos de forma a garantir que os diversos interesses da sociedade estejam presentes.

Assim é possível construir uma matriz de responsabilidades (Quadro 7). Para isso, parte-se do princípio que a CORSAN terá papel fundamental em todas as etapas, tomando a responsabilidade do desenvolvimento e execução do PSA; o Comitê Taquari-Antas e a FEPAM terão relação com o plano quando se tratarem de assuntos relacionados à bacia de drenagem do manancial de captação e ao ordenamento territorial; a Secretaria Estadual de Saúde deverá auxiliar a CORSAN na condução do processo, por ser um projeto piloto, de forma a que o PSA atenda os interesses da saúde pública, além de prover informações obtidas por sua vigilância em saúde; a Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves deverá acompanhar e participar da elaboração e auditar a implantação do PSA, através de sua Secretaria Municipal de Saúde; a Universidade (instituição de ensino e pesquisa) deverá contribuir com o apoio técnico e mediação do processo de gestão de risco; e, por fim, a AGERGS deverá acompanhar o processo de construção do PSA para auditar o seu cumprimento.

Com isso, pretende-se que as instituições e órgãos indiquem as pessoas adequadas para as tarefas. Entretanto, não raro tal chamamento é feito de forma com que os funcionários e membros se voluntariem a participar do projeto, em vez de haver designações.

Quadro 7 — Matriz de responsabilidades.

Atividades/Instituições	CORSAN	COMITÊ	FEPAM	SES	Universidade	AGERGS	Prefeitura	
<b>Coordenação Geral</b>	R	A	A	E	E	A	E	
<b>Levantamento de dados secundários</b>	R	R	R	R	R	A	R	
<b>Levantamento de dados primários</b>	R	A	A	A	R	A	E	
<b>Descrição do Sistema de Abastecimento</b>	R	A	A	A	E	A	E	
<b>Mediação do processo de gestão de riscos</b>	E	A	A	E	R	A	A	
<b>Gerenciamento dos riscos</b>								
<i>Etapas</i>	<i>Bacia</i>	R	R	R	E	E	A	R
	<i>Tratamento</i>	R	A	A	E	E	A	R
	<i>Distribuição/reservação</i>	R	A	A	E	E	A	R
<b>Elaboração dos Planos de Gestão</b>	R	A	A	A	A	A	A	
<b>Comunicação para a sociedade</b>	R	A	A	R	A	A	R	
<b>Auditoria</b>	A	A	A	A	A	R	R	

Fonte: adaptado de Godfrey et al. (2002). Nota: R — responsável direto pelas ações; E — envolvimento; A — acompanhamento das ações.

Ademais, dada a complexidade do sistema deverá haver diferentes grupos para executar partes do projeto, sob a coordenação de uma equipe. A equipe coordenadora deve contar com a Administração da CORSAN, bem como especialistas em qualidade da água e operações da companhia, assim como representantes das demais instituições envolvidas (SES, Prefeitura e Universidade ocupando as funções de representante da bacia, da saúde, de titular dos serviços e de apoio técnico, respectivamente). Subgrupos poderão ser formados, conforme a necessidade, para as diferentes etapas da produção de água (bacia de captação, tratamento, distribuição e reservação) de forma a contribuir com conhecimentos específicos — com a adesão de integrantes provisórios, como especialistas da FEPAM, especialistas em planejamento territorial, especialistas em distribuição de água entre outros. É essencial ainda o engajamento de funcionários ligados à operação e manutenção

dos sistemas, nos subgrupos formados, de forma a contribuir com suas experiências práticas.

### 8.3. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES

O levantamento das informações é crucial para a mais abrangente identificação e caracterização dos riscos, assim é fundamental que sejam obtidos dados previamente à elaboração do PSA (Quadro 2). Por outro lado, muitas informações não previstas de antemão deverão ser levantadas concomitantemente com as demais etapas.

O supracitado Projeto Piloto do Ministério da Saúde (BASTOS, 2009) elaborou, a partir de extensa equipe de colaboradores (geralmente, professores, graduandos e pós-graduandos da Universidade Federal de Viçosa), grande número de informações a respeito do sistema de abastecimento de água estudado. Para isso diversos estudos tiveram de ser feitos previamente à elaboração do PSA. Já, para o presente caso de Bento Gonçalves, há dois Planos já elaborados que podem contribuir com informações, de modo a não ser necessária grande geração de dados primários: o Plano Municipal de Saneamento Básico de Bento Gonçalves (ENCOP, 2009) — exigido pela Lei nº 14.445/2007 — e o Plano da Bacia Taquari-Antas<sup>16</sup> — ferramenta da Lei nº 9.433/2007. A equipe deverá avaliar se os dados disponíveis em tais planos são adequados para o nível de detalhamento requerido na elaboração do PSA. Ao utilizar prioritariamente informações desses planos —, além de informações da CORSAN referentes à operação — recursos econômicos e tempo podem ser economizados.

Ademais, informações sobre a legislação dos municípios que compõem a sub-bacia do Rio Burati (como seus Planos Diretores Municipais e o ordenamento territorial quanto ao licenciamento de atividades potencialmente poluidoras) devem ser investigadas.

---

<sup>16</sup> O Plano de Bacia pode ser consultado no endereço digital: <http://www.taquariantas.com.br/>.

Finalmente, é importante que tais informações sejam disponibilizadas previamente em uma plataforma de *Internet* (como as de compartilhamento de arquivos) para a livre consulta de toda a(s) equipe(s) envolvida(s). Documentos preparatórios a partir de tais dados deverão ser feitos de forma com que os atores envolvidos no processo possam divulgar suas posições e informações angariadas.

#### 8.4. GERENCIAMENTO DOS RISCOS

As metodologias utilizadas para a identificação e caracterização dos riscos devem ser consensuadas pela equipe coordenadora do projeto, entretanto este trabalho apresenta uma proposta para a identificação e caracterização dos riscos, de acordo com experiências coletadas no mundo e no Brasil.

Cabe ressaltar que esta etapa deverá ser realizada através de *workshops*, ou oficinas, em que os membros das equipes envolvidas se reúnem por um ou mais dias consecutivos de forma a completar cada etapa do PSA.

##### **8.4.1. Gerenciamento dos Riscos na Bacia de Captação (Sub-Bacia do Rio Burati)**

No escopo (seção 8.1) foi sugerido que análise dos riscos da sub-bacia do Rio Burati seja realizada através de métodos tradicionais, visto que se optou por focar esforços no sistema de distribuição. Assim, é possível verificar no Quadro 1, os requisitos de cada técnica. Uma opção interessante para a presente proposta é a Análise Preliminar de Riscos, visto que ela é flexível no nível de detalhamento gerado, não sendo necessária experiência prévia com análises de risco e necessitando de pessoal qualificado para a identificação e caracterização dos riscos.

Nesse caso, é imprescindível a presença de representantes atuantes do Comitê de Bacia, que têm contato com as diferentes atividades exercidas na bacia. Os órgãos de saúde também colaboram nesse processo, a partir de suas visões regionais sobre as ameaças à

saúde pública na região. Cabe espaço ainda para contribuições da Universidade e também da CORSAN.

Sugere-se assim a utilização de *checklists* de perigos (como aqueles do Quadro 3), de forma a auxiliar a identificação dos mesmos, devendo ser adicionadas as particularidades da bacia a partir da experiência do grupo. Tais perigos podem ser registrados em uma planilha como o Quadro 8.

Quadro 8 — Exemplo de planilha de registro para identificação de perigos.

Elemento	Perigo	Ref.	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso				Tipo de perigo					Consequências potenciais		
				P (projeto)	O (operação)	E (externos)	OS consequência de perigo em outro sistema	Biológico	Químico	Radiológico/Físico	Inviabilidade	Segurança	Danos Externos	Descrição	para o sub sistema
<b>1.1 Área de Captação</b>															
Zona de Captação	Contaminação de Água Bruta	1.1.1	Descarga industrial			X		X	X					Água bruta contaminada (organismos não-patogênicos, produtos químicos não tóxicos)	3 e 4
		1.1.2	Erosão de Sedimentos por dragagem			X		X	X					Água bruta contaminada (sedimentos, produtos químicos tóxicos)	3 e 4
		1.1.3	Acidentês de trânsito com veículos			X		X	X	X	X	X		Água bruta contaminada (substâncias tóxicas)	3 e 4

Fonte: adaptado de Rodrigues (2012).

A identificação de perigos deve ser segmentada por etapa do sistema de abastecimento de água. No exemplo acima, estão relacionados alguns perigos na área de captação. Dentro da área de captação, foi escolhida especificamente a zona de captação para a análise, identificando a contaminação da água bruta como perigo principal, proveniente de atividades como descarga industrial, erosão de sedimentos e acidentes de trânsito. Cada um desses eventos perigosos foi caracterizado a partir de quatro tipos: eventos na fase de projeto, operação, externos ao sistema de abastecimento e consequência de outros perigos identificados. Os eventos são enquadrados em diferentes tipos de perigos (biológicos, químicos, radiológicos etc.), tendo finalmente as consequências descritas. Finalmente, alocam-se essas consequências para os sub-sistemas diretamente por eles

afetados. Tais sub-sistemas são definidos pela equipe, variando com o nível de detalhe de segmentação do sistema de abastecimento de água.

Ademais, a caracterização dos riscos deve ser desenvolvida a partir de uma abordagem qualitativa com o preenchimento de uma matriz que relacione frequências e consequências dos eventos perigosos identificados. Utilizando a matriz de riscos (Figura 7), os riscos são avaliados quanto à sua tolerância, através da definição de três regiões da matriz: baixo, médio e alto risco. Via de regra, a região da matriz indicativa de alto risco demanda medidas de controle imediatas e efetivas para que eles sejam minimizados; os riscos enquadrados na região indicativa de médio risco devem ser avaliados quanto a viabilidade técnico-financeira para que medidas de controle sejam estabelecidas; já os riscos de baixo grau, em geral, são ignorados, em prol dos cuidados com os demais riscos.

Para classificar os riscos dentro da matriz, entretanto é necessário estabelecer critérios que definam o que significa “baixa” ou “alta” frequência<sup>17</sup>, bem como “baixo” ou “alto” impacto. Tais definições deverão ser acordadas entre a equipe, a partir do que for conveniente para a classificação dos riscos.

Os demais passos de identificação e avaliação de medidas de controle, bem como os Pontos Críticos de Controle devem ser efetuados de acordo com a metodologia da WHO, tal como descrito na seção 5.3.2, sendo realizados sempre pela mesma equipe que identificou os riscos. Entretanto, como colocado por Staben, Mälzer e Merkel (2008), bem como por Vieira (2013), o alcance das medidas elaboradas pela companhia de abastecimento de água são limitadas no âmbito da bacia, sendo necessária a articulação com outros órgãos para a implantação de barreiras. Insere-se nesse contexto o já citado Comitê, bem como o órgão ambiental licenciador (FEPAM e secretarias municipais de

---

<sup>17</sup> Alguns exemplos de classes de frequência utilizados são: todos os dias; pelo menos uma vez por semana; pelo menos uma vez por mês; pelo menos uma vez no ano etc.

meio ambiente de Bento Gonçalves, Farroupilha e Garibaldi, principalmente) e secretarias municipais de planejamento urbano (responsáveis pelos Planos Diretores dos municípios).

A partir do fortalecimento dessas parcerias institucionais, a etapa de Monitoramento Operacional (seção 5.3.3) poderá estabelecer um sistema de alerta, gerido pela CORSAN e alimentado por demais órgãos, para os Pontos Críticos de Controle da bacia, a partir de parâmetros e limites operacionais estabelecidos pela equipe de trabalho.

#### **8.4.2. Gerenciamento dos Riscos na Estação de Tratamento de Água**

Optando-se por focar o PSA prioritariamente na etapa de distribuição, sugere-se o mesmo tipo de abordagem (a Análise Preliminar de Riscos) para a análise e avaliação dos riscos provenientes do tratamento da água. Diferem, entretanto, os órgãos envolvidos com o processo (como mostrado no Quadro 7), visto tratar de uma etapa com especificidades técnicas diferenciadas. Assim, para a identificação e caracterização dos riscos, a participação de funcionários da CORSAN acostumados com os serviços de operação das etapas de tratamento, bem como as gerências ligadas a essa área, devem atuar prioritariamente, com supervisão da Prefeitura (possivelmente, SMS) e da SES.

Também difere o tipo de informações requeridas para essa etapa, sendo muito relevante o uso de dados históricos e registros para comprovar a frequências de ocorrências de certos eventos perigosos, de forma a elaborar a matriz de risco (figura 7). De todo modo, o uso de *checklists* e experiência profissional permanecem importantes para a execução das tarefas.

Por ser a etapa sob a qual a CORSAN tem maior controle, visto que o tratamento é realizado exclusivamente pela empresa, é também a mais passível de medidas de controle e monitoramento operacional, fato que deve ser valorizado pela equipe, quando do estabelecimento das medidas e dos Pontos Críticos de Controle.

### 8.4.3. Gerenciamento dos Riscos na Rede de Distribuição e Reservatórios

Sugere-se, portanto que a gestão dos riscos do sistema de distribuição e reservação seja o foco do estudo. Dessa forma, uma abordagem mais detalhada para a identificação e caracterização dos riscos deve ser utilizada. É natural que técnicos da CORSAN componham o subgrupo responsável pela análise e avaliação dos riscos dessa etapa. Cabe ainda a participação dos órgãos de saúde, cuja atuação na vigilância da qualidade da água na distribuição é fundamental, a partir dos planos de amostragens existentes (Brasil, 2011).

Em um PSA em Uganda, Godfrey et al. (2002) optaram por caracterizar os riscos na rede de distribuição, através de um mapa de riscos. Foram utilizadas informações básicas como densidade populacional, topografia, atributos dos condutos (idade, material, comprimento, diâmetro), registro de ocorrências (vazamentos, rompimentos de condutos e intermitência) e indicadores socioeconômicos que compuseram um quadro geral de estimativa de risco. Entretanto, insatisfeitos com tal abordagem sugeriram ainda a utilização de dados de qualidade do solo (como corrosividade) para compor a noção de risco. A elaboração de mapas de risco para a rede de distribuição permite que sejam priorizados os trechos mais críticos, de forma a alocar os recursos destinados à manutenção.

Já, Bastos (2009), no Projeto Piloto do Ministério da Saúde descreve a elaboração de um mapa de risco a partir de uma análise multicritério. São utilizados três critérios que se relacionam para formar a noção de risco: perigos relacionados a pressões, ocorrência de reclamações de consumidores e dados de qualidade de água. Primeiramente, é elaborado um mapa de pressões na rede, a partir de simulações hidráulicas (através de *softwares* específicos). Tal produto necessita de dados básicos do sistema de distribuição, armazenados pela companhia de água, como: informações cadastrais da rede de distribuição (traçado da rede, diâmetro das tubulações, cotas dos nós, localização de



válvulas, *boosters* e reservatórios de distribuição) e informações de micromedição de consumo de água. Na segunda etapa é realizado um mapa a partir das ocorrências geradas por reclamações (como manifestações quanto ao aspecto da água, informações sobre rompimento de condutos, entre outras), gerando um segundo mapa. Finalmente, são gerados mapas de qualidade da água da rede, para cada parâmetro monitorado (cloro residual, pH, turbidez, coliformes totais, cor, flúor). Ao analisar todos os mapas em conjunto, são identificadas as regiões da rede onde se encontram os maiores riscos.

Conforme visto por esses dois casos, a informação utilizada para gerar os mapas pode ser variável. Assim, tal mapa pode ser elaborado após uma Análise Preliminar de Perigos, a qual é responsável por identificar os perigos associados ao sistema de distribuição, de forma a inseri-los como dados de entrada no mapa de risco. Ainda, de acordo com um técnico da Vigilância Ambiental de Bento Gonçalves, o município possui passivos ambientais devido a indústrias antigas, colaborando para a presença de alto risco à saúde pública quando ocorrem pressões negativas na rede de distribuição.

Portanto a partir das necessidades do município, sugere-se, para o gerenciamento dos riscos do sistema de distribuição, a abordagem de mapa de risco aliada a simulações hidráulicas da rede de distribuição, conforme Bastos (2009). De acordo com o Quadro 1, tal abordagem exige bom nível de informações e a disponibilidade de experts para a construção e execução dos modelos físicos — dependendo da contratação de consultores ou parceria com Universidade, caso a CORSAN não possua quadro especializado.

Inclusive, como benefício dessa abordagem, uma posterior investigação dos passivos ambientais municipais pode ser balizada pelo resultado obtido no mapa de riscos, verificando os pontos da rede mais vulneráveis.

## 8.5. PLANOS DE GESTÃO

Os Planos de Gestão, como já descritos na seção 5.3.4, são documentos que compilam os procedimentos operacionais para atividades normais, anormais e de emergência, além de estabelecerem programas de suporte à atividade da CORSAN (podendo ser tão diversos como: planos de calibração de instrumentos e planos de recomposição de matas ciliares). O Plano Municipal de Saneamento Básico (ENCOP, 2009), elaborado em 2009, já previa alguns planos de contingências, como: inundações, enxurradas, deslizamentos, rompimento de adutoras e redes de água, falta de energia, contaminação nos mananciais<sup>18</sup>, ocorrência de doenças vinculadas à água. Também são necessários programas de suporte relativos à preservação da mata ciliar dos reservatórios de captação, os quais dependem de articulações com a Prefeitura de Bento Gonçalves, e de Farroupilha para a prevenção da ocupação das margens dos corpos hídricos da bacia do Rio Burati.

Ademais, para que a empresa obtenha reais benefícios na implantação do PSA, é fundamental a implantação de um sistema de gestão. Rodrigues (2012) coloca que a certificação da SABESP em ISO 9000 foi suficiente para cumprir este requisito do PSA. Como não há um sistema de gestão certificado na unidade de saneamento de Bento Gonçalves da CORSAN — o que não é exigido pelo PSA —, a adequação da companhia a essa etapa deverá ser efetivada, sob sua responsabilidade, mantendo atualizados os registros de procedimentos, formulários e instruções necessários para uma operação adequada.

---

<sup>18</sup> Com destaque para os acidentes com cargas rodoviários, próximos aos mananciais, como já citado o caso da Barragem Barracão.

## 8.6. CONTEXTO E OBJETIVOS DE SAÚDE PÚBLICA

Como observado na seção 5.1, são objetivos elaborados pela Saúde Pública: resultado de saúde, metas de qualidade da água e desempenho do processo de tratamento. Com relação aos resultados de saúde, é importante a vigilância em saúde (epidemiológica e ambiental) monitorar os avanços ocorridos em termos de ocorrências de doenças relacionadas à água, dada a implantação do PSA, bem como do Plano Municipal de Saneamento Básico.

Cabe, ainda, uma particularidade ao PSA proposto. Embora os objetivos tradicionais não tratem dos sistemas de distribuição, é conveniente elaborar objetivos técnicos relacionados ao desempenho de tal sistema, como metas para ocorrência de falhas, número de horas perdidas, índices de perda de água, entre outros objetivos. Tais metas, sem o rigor da lei ou de um contrato, ao menos firmariam o compromisso da CORSAN com a melhoria dos serviços prestados.

## 8.7. VIGILÂNCIA INDEPENDENTE

O papel da vigilância independente cabe tradicionalmente aos serviços de saúde (Secretaria Estadual de Saúde e Secretaria Municipal da Saúde, de Bento Gonçalves), os quais deverão participar colaborativamente na elaboração do Plano de Segurança da Água, dado o caráter piloto de tal projeto. Tal vigilância terá o sentido de verificar a qualidade da água para o consumo humano (como já ocorre, de acordo com a Portaria MS nº 2.914/2011), além de suas atribuições legais rotineiras. É importante que tal abordagem se dê de modo que seja sensível ao verificar as mudanças que o PSA traga para o gerenciamento do controle da qualidade da água gerada, projetando perspectivas sobre os benefícios e desafios obtidos a partir dessa experiência.

Ademais, como já colocado, sugere-se que a AGERGS, como reguladora dos serviços, audite o cumprimento do PSA. Para tal, é fundamental o acompanhamento da mesma na elaboração do Plano desde o início, visto se tratar de uma novidade no âmbito estadual.

Como todas as instituições estarão de certo modo envolvidas na elaboração do PSA, a vigilância independente ocorre de maneira não convencional, ao não ser tão independente. Em consonância com isso, a própria equipe do PSA também deverá auditar o processo periodicamente para verificar os avanços gerados na gestão da qualidade da água.

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho teve como objetivo propor metodologia de Plano de Segurança da Água aplicável ao município de Bento Gonçalves, além de contribuir para a difusão dos preceitos do PSA. A importância da difusão dessa abordagem inovadora se dá pelos benefícios alcançados pelas instituições envolvidas com a prestação dos serviços de abastecimento de água, tais como: o melhor entendimento dos processos e operações pela equipe; a necessidade de ações para evitar os eventos perigosos identificados; a identificação de problemas técnicos a serem resolvidos; a documentação das boas práticas a serem seguidas nos procedimentos operacionais; e a priorização de ações a partir dos riscos medidos (STABEN et al., 2008).

Entretanto, para definir metodologias utilizáveis cada caso de estudo, é fundamental definir o seu escopo, a partir das particularidades que o sistema de abastecimento de água apresenta e dos objetivos a serem perseguidos. Dessa forma, este trabalho se propôs a simplificar as propostas das etapas do sistema consideradas menos críticas, para que as maiores questões possam ser abordadas mais detalhadamente. Cabe destacar que, apesar do

detalhamento por vezes requerido, o Plano deve perseguir a simplicidade sempre que possível (seja pelo uso de ferramentas mais básicas, ou pelo uso preferencial de dados secundários).

A difusão do Plano de Segurança da Água no contexto brasileiro ainda carece de aplicações. Uma importante experiência foi o Projeto Piloto do Ministério da Saúde, que foi desenvolvido basicamente por uma equipe da Universidade de Viçosa. É pertinente, também, que sejam fomentados projetos pilotos planejados e executados pelas empresas produtoras de água (públicas ou privadas), de modo com que as limitações práticas sejam mais bem compreendidas, em vez da contratação de atores externos, como Universidades. Assim, as metodologias de avaliação de risco também poderão ser testadas quanto a sua acessibilidade para o entendimento dos envolvidos.

Finalmente, como recomendações para próximos trabalhos na área dos Planos de Segurança da Água, sugere-se:

- implantação de PSA na área rural de Bento Gonçalves, não abrangida pela CORSAN, a partir de esquemas participativos, sob a responsabilidade da Secretaria Municipal da Saúde e da Secretaria Municipal de Agricultura;
- estudos mais detalhados da interface dos Planos de Segurança da Água com os Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos de Bacia Hidrográfica;
- estudos sobre a contribuição da vigilância em saúde municipal para contribuir de modo proativo na garantia da qualidade da água para consumo humano.

## REFERÊNCIAS

BAROANG, K. M.; HELLMUTH, M; BLOCK, P. *Identifying uncertainty and defining risk in the context of the WWDR-4*. Perugia: UNESCO, 2009. 33p.

BASTOS, R. K. X. (Coord.). *Relatório de Implantação do Plano de Segurança da Água: Projeto Piloto Brasil – PSA/UFV*. 2009. 151p.

BEUKEN, R. et al. *Identification and description of hazards for water supply systems: A catalogue of today's hazards and possible future hazards*. TECHNEAU, 2008.

BINNIE, C.; KIMBER, M. *Basic Water Treatment*. London: Royal Society of Chemistry, 2009.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro 2007. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Decreto nº 5.360, de 31 de janeiro de 2005. Promulga a Convenção sobre Procedimento de Consentimento Prévio Informado para Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos.

BRASIL. Decreto nº 5.472, de 20 de junho de 2005. Promulga o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.

BRASIL. Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Portaria MS/GM nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

BOGO, J.; DURANTI, R. R.; AHLERT, S. *Expansão urbana da aglomeração urbana do nordeste do Rio Grande do Sul no período 1975-2005*. In: Anais do XVIII Encontro Estadual de Geografia, Bento Gonçalves: AGB, 2008.

CAS. *Chemical Abstract Service Home Page*. Disponível em: <<http://www.cas.org>>. Acesso em: 17 de junho de 2014.

CCME. *From Source to Tap: Guidance on the Multi-Barrier Approach to Safe Drinking Water*. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, 2004. 242p.

CEBALLOS, B. S. O.; DANIEL, L. A.; BASTOS, R. K. X. Tratamento de Água para Consumo Humano: Panorama Mundial e Ações do Prosab. In: PÁDUA, V. L. (Coord.). *Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano*. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 19-43.

COMITÊ TAQUARI-ANTAS [Internet]. Quem somos. Disponível em: <<http://www.taquariantas.com.br/>>. Acesso em: 30/06/2014.

DE VITO, M. *Avaliação do Risco de Contaminação de Mananciais Hídricos para o Abastecimento: o caso da bacia da barragem do Descoberto*. 2007. 201 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

DOKAS, I. M. *Safety Approaches in Water Utilities and Systems Safety Engineering: A Comparison*. Technical Report. Cork: University College Cork, 2009. 24p.

ENCOP. *Plano de Saneamento do Município de Bento Gonçalves*. 2009.

FEE DADOS [Internet]. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://dados.fee.tche.br/>>. Acesso em: 23/06/2014.

FREUND, J. E. *Estatística Aplicada: economia, administração e contabilidade*. 11ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GODFREY, S. et al. *Water Safet Plans for Utilities in Developing Countries: A case study from Kampala, Uganda*. Loughborough: WEDC, 2002.

HILACO, S. I. C. *Implementação do Plano de Segurança da Água para consumo humano em Portugal*. 2012. 154 f. Dissertação (Mestrado em Globalização e Ambiente) - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

HRUDEY, S. E.; HRUDEY, E. J.; POLLARD, S. J. T. Risk management for assuring safe drinking water. *Environment International*, volume 32, issue 8, p. 948-957, dezembro de 2006.

IWA WATER WIKI [Internet]. *Bonn charter principles for safe drinking water*. Disponível em: <<http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/Bonncharterprinciplesforsafedrinkingwater>>. Acesso em: 10 de junho de 2014.

JORNAL SEMANÁRIO [Internet]. Empresários solicitam novas áreas industriais. *Jornal Semanário*, Bento Gonçalves, edição digital, 11 abr 2014. Disponível em: <<http://www.jornalsemanario.com.br/noticia/empresarios-solicitam-novas-areas-industriais>>. Acesso em: 02/07/2014.

LINDHE, A. et al. Quantitative risk assessments of water supply systems from source to tap. In: DEN HOVEN, T. V.; KAZNER, C (Editors). *Techneau: Safe Drinking Water from Source to Tap - State of the Art & Perspectives*. London: IWA, 2009. p. 203-216.

MIERZWA, J. C.; AQUINO, S. F. Contaminantes Orgânicos Presentes em Microquantidades em Mananciais de Água para Abastecimento Público. In: PÁDUA, V. L. (Coord.). *Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano*. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 44-73.

MILLER, R.; GUICE, J.; DEERE, D. *Risk Assessment for Drinking Water Sources*. Research Report nº 78. Adelaide: Water Quality Research Australia, 2009. 65p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012.

MINISTRY OF HEALTH. *A Framework on How to Prepare and Develop Water Safety Plans for Drinking-water Supplies*. Wellington: Ministry of Health, 2014. 16p.

MOSLEY, L; BILLINGTON, K. *The River Murray and Lower Lakes catchment risk assessment project for water quality: Introduction and Methods*. Stirling: EPA, 2007. 55p.

NHRMC. *Australian Drinking Water Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy*. Canberra: NHRMC, 2011. 1136p.

OLIVEIRA, D. C. Reunião Técnica Plano de Segurança da Água. IV Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública. Organização Pan-americana de Saúde, 2010. Apresentação em evento.

ONU. *Resolução A/RES/64/292*. Assembleia Geral das Nações Unidas, Julho 2010.

QUEIROZ, A. C. L. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua): lacunas entre a formulação do programa e sua implantação na instância municipal. *Saúde Soc.* São Paulo, volume 21, nº 2, p.465-478, 2012.

RENN, O. Concepts of Risk: A Classification. In: KRIMSKY, S.; GOLDING, D. (Eds.). *Social Theories of Risk*. Westport: Praeger Publishers, 1992. p. 53-79.



RENN, O.; SCHWEIZER, P.-J. Inclusive risk governance: concepts and application to environmental policy making. *Environmental Policy and Governance*, volume 19, issue 3, p. 174-185, maio/junho de 2009.

RODRIGUES, A. L. G. *Plano de Segurança da Água: SABESP*. Grupo de Trabalho PSA, Instituto Águas do Paraná. Curitiba, 2012. Apresentação. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=225>>. Acesso em: 02/07/2014.

ROSÉN, L. et al. *Generic Framework and Methods for Integrated Risk Management in Water Safety Plans*. TECHNEAU, 2007.

SACHER, F.; HAMBSCH, B. State-of-the-art in drinking water monitoring. In: DEN HOVEN, T. V.; KAZNER, C (Editors). *Techneau: Safe Drinking Water from Source to Tap - State of the Art & Perspectives*. London: IWA, 2009. p. 135-144.

SES. *Relatório de Inspeção Sanitária no Município de Bento Gonçalves, RS*. DVAS/CEVS/SES-RS. 2014.

SLOVIC, P. Perception of Risk: Reflections on the Psychometric Paradigm. In: KRIMSKY, S.; GOLDING, D. (Eds.). *Social Theories of Risk*. Westport: Praeger Publishers, 1992. p. 117-152.

SOUZA, R. M. G. L. *Princípios e métodos utilizados em segurança da água para consumo humano*. 2008. 54 f. Monografia (Especialização em Perícia e Auditoria Ambiental) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Ambientais, São Paulo, 2008.

STABEN, N.; MÄLZER, H.-J.; MERKEL, W. Implementation Of A Technical Risk Management Concept Based On Water Safety Plans: A Benefit For German Water Supply? In: *IWA World Water Congress*, 2008. Viena. Anais... Londres: IWA, 2008.

UNDP. *Human Development Report 2006*. New York: UNDP, 2006. 422p.

UNDP. *Reducing disaster risk: a challenge for development*. 2004.

VIEIRA, J. M. P.; MORAIS, C. *Planos De Segurança Da Água Para Consumo Humano Em Sistemas Públicos De Abastecimento*. Instituto Regulador de Água e Resíduos, Universidade do Minho, 2005. 173p.

VIEIRA, J. M. P. Plano de segurança da água em mananciais de abastecimento de água para consumo humano. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 1 n. 1, 2013, p. 87-97.

WHO. *Guidelines for Drinking-Water Quality: fourth edition*. Geneva: World Health Organization, 2011. 540p.

WHO. *Water Safety Plans: Managing drinking-water quality from catchment to consumer*. Geneva: World Health Organization, 2005. 244p.