

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ANÁLISE DE RISCO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO  
NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES**

**KARINE BASSANESI**

**São Carlos**  
**2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ANÁLISE DE RISCO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO  
NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES**

**KARINE BASSANESI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

**Área de Concentração:** Sistemas Construtivos

**São Carlos**

**2014**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B317ar Bassanesi, Karine.  
Análise de risco do aproveitamento da água de chuva  
para uso não potável em edificações / Karine Bassanesi. --  
São Carlos : UFSCar, 2014.  
114 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2014.


1. Águas pluviais. 2. Aproveitamento de água pluvial. 3.  
Água - qualidade. 4. Avaliação de riscos. I. Título.

CDD: 628.1 (20ª)

**KARINE BASSANESI**

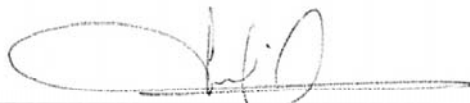
**Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 29 de agosto de 2014.**

**Banca Examinadora constituída pelos membros:**



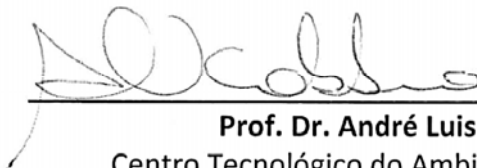
---

**Prof. Dr. Douglas Barreto**  
Departamento de Engenharia Civil/PPGECiv/UFSCar  
**Orientador**



---

**Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim**  
Departamento de Engenharia Civil/PPGECiv/UFSCar  
**Membro Interno**



---

**Prof. Dr. André Luis Gonçalves Scabbia**  
Centro Tecnológico do Ambiente Construído/CETAC/IPT  
**Membro Externo**

*Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu*

*Irmão.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Douglas Barreto, por todo o conhecimento e experiência que conquistei com este trabalho e por toda a paciência e compreensão por esses dois anos.

Agradeço a todos os professores que participaram comigo desse crescimento de conhecimento durante esta etapa. Em especial, ao professor Cristóvão Scapulatempo, da Universidade Federal do Paraná, por plantar em mim a semente da paixão pela pesquisa e por me ensinar que devemos ir sempre atrás de nossos objetivos, mesmo quando eles parecem impossíveis no primeiro olhar e por estar sempre presente, mesmo longe.

Agradeço aos meus pais e meus familiares pela compreensão da mudança de casa logo após terminar a graduação para satisfazer meus desejos pessoais. E por todos os conselhos dados que me ajudaram a ser a pessoa que sou hoje.

Agradeço em especial a minha tia Maria Liette, pelos puxões de orelha, conselhos e ajuda em tudo que foi preciso durante essa etapa da minha vida.

Agradeço aos meus amigos formados na UFSCAR durante esses dois anos que me ajudaram. Especialmente a Lícia Negreiros, Ivan Rossiti, Gildásio Silva e Netto Rodrigues pela amizade formada e por todas as horas de conversa.

Agradeço as minhas colegas de casa, Lícia e Verônica Amparo, que foram primordiais para uma boa convivência e para meu crescimento pessoal.

Agradeço também à incorporadora que fez parte desta pesquisa com por ter cedido seus empreendimentos, tempo e informações e especialmente Alan Toigo, Alexander Guerra e Marina Zamboni pelas horas cedidas e paciência para me ajudar quando precisei.

Gostaria de agradecer a CAPES pela oportunidade de fornecer a bolsa de estudos para que eu pudesse me dedicar somente ao Mestrado, a UFSCar pela oportunidade de participar do programa e agradecer a todos que me ajudaram na produção deste trabalho.

*“Consideramos estas verdades por si mesmo evidentes, que todos os homens são criados iguais, sendo-lhes conferidos pelo seu Criador certos Direitos inalienáveis, entre os quais se contam a Vida, a Liberdade e a busca da Felicidade.”*

*Thomas Jefferson.*

*“Isso de ser exatamente o que se é ainda vai nos levar além”.*

*Paulo Leminski.*

## RESUMO

O presente trabalho de mestrado contém uma revisão bibliográfica sobre a conservação da água, o aproveitamento pluvial, qualidade e tratamento da água, legislações e análise de risco. Foi constatado que os sistemas de aproveitamento pluvial variam bastante de tipologia e seria importante poder correlacionar a água precipitada com os usos e os modelos para cada situação. Assim, para o presente trabalho foi utilizada a análise de risco com enfoque na análise preliminar de perigos. Com os estudos dos trabalhos apresentados e todos os guias e legislações, foi possível concluir parâmetros de controle da qualidade para o aproveitamento pluvial não potável, e determinar um tempo para análise desses parâmetros para controle do funcionamento do sistema. O estudo da análise preliminar foi utilizado para estudar os maiores perigos dentro do sistema de aproveitamento pluvial relacionado à qualidade de água, os pontos críticos de controle, riscos ao usuário, as medidas de controle e as medidas mitigadoras. Para o estudo de caso, foi abordada a mesma análise preliminar de perigos para o conhecimento sobre a contaminação da água da chuva em relação aos parâmetros de controle e sobre o próprio conhecimento do desenvolvimento do projeto para o aproveitamento pluvial. Por meio das duas análises, foi realizada uma proposta de diretrizes para a implantação do sistema de aproveitamento pluvial para o estudo de caso e existe a possibilidade de uma adequação real para o uso seguro.

**Palavras-chave:** aproveitamento pluvial, qualidade da água, análise de riscos.



## **ABSTRACT**

This master degree contains a literature review on the conservation of water, rainwater utilization, quality and water treatment, legislation and risk analysis. Was verified that rainwater utilization systems vary widely in type and would be important to be able to correlate the precipitated water, uses and models for each situation. And for this work was used the risk analysis focusing the preliminary hazard analysis. A bibliographic review carried out presented some guides and legislation that could complete quality control parameters for non-potable rainwater utilization, and determine the time to review these parameters to control the operation of the system. The study's preliminary analysis was used to study the greatest dangers in the use of rain-related water quality system, critical control points, the user risks, control measures and mitigation measures. For the case study was addressed the same preliminary hazard analysis for knowledge about the contamination of rainwater in relation to the control parameters and on their own knowledge of project development for rainwater utilization. Through the two analyzes a proposal of guidelines was performed for implantation of rainwater utilization system for the case study and there is a possibility of a real fitness for safe use.

**Keywords:** rainwater harvesting, water quality, risk analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plano de Aplicação para conservação da água em edificações novas. Fonte: ANA, 2005.....	12
Figura 2. Esquema do sistema de captação pluvial. Fonte: ANA, 2005.....	16
Figura 3. Modelo possível de aproveitamento de água da chuva e água da rede pública. Fonte: TOMAZ, 1999. ....	17
Figura 4. Modelo de projeto para captação da água da chuva. Aquabrasilis. Fonte: Prado, 2007.....	22
Figura 5. Fatores que influenciam os estudos de análise de riscos (adaptado). (CETESB 2011).....	62
Figura 6. Objetivos do Plano de Segurança da água (adaptado). (BASTOS, 2010) .	63
Figura 7. EAR no objeto de estudo (SCABBIA, 2004).....	64
Figura 8. Cabeçalho da APP. Fonte: CETESB, 2011.....	66
Figura 9. Sequência para análise preliminar de perigos. Fonte: Adaptado APP - Análise Preliminar de Perigos Base Portuária do E&P no Espírito Santo – PETROBRAS S./A. ....	68
Figura 10. Diagrama de causa e efeito (SEBRAE, 2005).....	71
Figura 11. Níveis de qualidade da água pluvial que podem ser obtidos. Fonte: Autor .....	77
Figura 12. Cabeçalho da APP modificado. Fonte CETESB, 2011. ....	80
Figura 13. Diagrama de Causa e efeito do uso seguro do aproveitamento pluvial. Fonte: Autor.....	81
Figura 14. Sistema de Aproveitamento Pluvial Definido. Fonte: Autor .....	83
Figura 15. Superfície de captação e reservatórios de acumulação e distribuição para o aproveitamento pluvial – Edifício Tipo. Fonte: Autor. ....	89
Figura 16. Filtro Residencial VF1 3P Technik – Edifício Tipo. Fonte: Autor .....	89
Figura 17. Conexões entre reservatórios e sistema de bombeamento – Edifício Tipo. Fonte: Autor.....	90
Figura 18. Pontos de uso dentro da edificação – Edifício Tipo. Fonte: Autor. ....	91
Figura 19. Os climas do Brasil pela classificação de Köppen. Fonte: Rossato (2011). ....	93

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Ações que definem a conservação da água.....	10
Quadro 2. Sistema de Aproveitamento das águas de chuva para fins não potáveis.	23
Quadro 3. Estimativa de Consumo Predial Médio Diário .....	24
Quadro 4. Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos não potáveis. ....	31
Quadro 5. Padrões microbiológicos de potabilidade para consumo humano.....	32
Quadro 6. Padrão de aceitação para consumo humano. ....	32
Quadro 7. Padrões de Balneabilidade.....	33
Quadro 8. <i>Rainwater Harvesting potential and Guidelines for Texas</i> - Parâmetros .	37
Quadro 9. BS 8215 - <i>Rainwater Harvesting Systems - Code of Practice</i> - 2009 (Reino Unido) – parâmetros microbiológicos.....	38
Quadro 10. BS 8215 - <i>Rainwater Harvesting Systems - Code of Practice</i> - 2009 (Reino Unido) – parâmetros químicos e físicos.....	39
Quadro 11. E2727 - Práticas padrão para avaliação da qualidade da água da chuva (ASTM, 2010) - <i>Standard Practice for Assessment of Rainwater Quality</i> .....	41
Quadro 12. Parâmetros de Qualidade da água.....	42
Quadro 13. Parâmetros de qualidade da água da chuva antes de entrar em contato com a superfície e após passar por uma superfície de captação.....	50
Quadro 14. Parâmetros de qualidade para água da chuva no reservatório de acumulação.....	52
Quadro 15. Parâmetros de qualidade para água pluvial com tratamento. ....	54
Quadro 16. Sugestões para o tratamento da água da chuva devido ao uso.....	56
Quadro 17. Parâmetros de controle de qualidade para o aproveitamento pluvial. ....	61
Quadro 18. Métodos qualitativos para análise de risco.....	66
Quadro 19. Matriz qualitativa de priorização de riscos.....	68
Quadro 20. Matriz semiquantitativa de priorização de riscos .....	69
Quadro 21. Probabilidade de ocorrência e de consequência dos riscos.....	70
Quadro 22. Modelo de decisão para análise de risco para o aproveitamento pluvial em edificações para uso não potável. ....	75
Quadro 23. Matriz de Análise preliminar de perigos – Levantamento e Medidas de Controle – Parâmetros de qualidade da água – Contaminação física, química e microbiológica – uso seguro da água.....	86

Quadro 24. Maiores acumulados de chuva em 24 horas registrados em Caxias do Sul.....	94
Quadro 25. Dados Climatológicos de Caxias do Sul.....	94
Quadro 26. Matriz de Análise preliminar de perigos – Levantamento e Medidas de Controle – Parâmetros de qualidade da água – Contaminação física, química e microbiológica – uso seguro da água – Estudo de Caso. ....	96

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>APP</b>	Análise Preliminar de Perigos
<b>AWWA</b>	American Water Works Association
<b>BSI</b>	British Standard Internacional
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxigênio
<b><i>E. coli</i></b>	<i>Escherichia coli</i>
<b>OD</b>	Oxigênio Dissolvido
<b>PCA</b>	Programa de conservação da água
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeniônico
<b>PNCDA</b>	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
<b>PSA</b>	Planos de Segurança da Água
<b>PURA</b>	Programa de Uso Racional da Água
<b>PVC</b>	Policloreto de Vinila
<b>IPTU</b>	Imposto Predial e Territorial Urbano
<b>SCC</b>	Sistema de Classificação Climática
<b>UFC</b>	Unidades formadores de colônia
<b>UNFPA</b>	United Nations Population Fund
<b>UNICEF</b>	The United Children's Fund
<b>UT</b>	Unidade de Turbidez

**WHO** Organização Mundial da Saúde

**UV** Ultra Violeta

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. OBJETIVOS .....	6
2.1. Objetivo Geral .....	6
2.2. Objetivos Específicos.....	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	7
3.2. Sistema Predial nas edificações residenciais: conservação da água.....	8
3.3. Aproveitamento da água da chuva .....	13
3.4. Marcos legais sobre aproveitamento pluvial e qualidade da água da chuva.....	25
3.4.1. Legislação Municipal.....	25
3.4.2. Legislação Federal .....	30
3.4.3. Legislações e Guias Internacionais .....	34
3.5. Qualidade da água pluvial.....	42
3.5.1. Parâmetros da qualidade da água para usos não potáveis .....	46
3.5.2. Estudos com dados de parâmetros de controle da qualidade da água pluvial	49
3.6. Tratamentos para água da chuva para diversos usos .....	55
3.6.1. Descarte da água de limpeza do telhado e gradeamento .....	57
3.6.2. Filtração .....	58
3.6.3. Desinfecção.....	59
3.6.4. Parâmetros de controle de qualidade da água.....	60
3.7. Análise de Risco para o Aproveitamento Pluvial.....	61
3.7.1. Caracterização da região do estudo e objeto de estudo.....	64
3.7.2. Análise Preliminar de Perigos – Identificação dos riscos.....	65
4. MÉTODOS E TÉCNICAS DA PESQUISA .....	72
4.1. Considerações Preliminares .....	72
4.2. Delimitação da Pesquisa.....	72
4.3. Metodologia de Pesquisa.....	73
5. RESULTADOS.....	76
5.1. Níveis de qualidade da água pluvial que podem ser obtidos .....	76
5.2. Aplicação da Análise de Risco .....	79
5.3. Sistema de captação pluvial definido para edificações para uso não potável.....	82
5.4. Análise Preliminar de Perigos aplicada ao Sistema Definido.....	84
5.5. Estudo de Caso .....	87
5.6. Análise Preliminar de Perigos aplicada ao Estudo de Caso .....	91

5.6.1. Coleta das informações sobre a região das instalações e das substâncias perigosas envolvidas e dos processos .....	92
5.6.2. Análise Preliminar de Perigos .....	94
5.6.3. Proposta de diretrizes para implantação do sistema de aproveitamento pluvial seguro no estudo de caso .....	97
6. CONCLUSÕES.....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100
ANEXOS .....	108



## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Souza (2008), várias leis municipais e estaduais foram elaboradas visando promover a conservação e o uso racional da água. Dentre as medidas a serem adotadas para uma eficiente gestão dos recursos hídricos, estão: o reúso, a reciclagem, o aproveitamento da água da chuva, a redução de perdas, a utilização de tecnologias economizadoras de água e a redução na geração de efluentes que poderiam ser utilizados em mais uma etapa.

A American Water Works Association – AWWA, em 31 de janeiro de 1993, definiu a conservação da água como a prática, tecnologias e incentivos que aperfeiçoam a eficiência do uso da água. (TOMAZ, 2003). Segundo Hinrichsen, Hobey e Upadhyay (1997), 69% do consumo de água doce no mundo é destinada à agricultura, 23% à indústria e 8% ao uso urbano.

O processo de urbanização, para Martins (2004), afeta profundamente o balanço hídrico de uma bacia. As condições de um terreno ou de um lote natural, com a formação básica de árvores, vegetações rasteiras e plantações, garantem a infiltração das águas da chuva. Com o desmatamento e a retirada da camada original do solo, gera-se sua planificação e compactação e, conseqüentemente, o balanço hídrico do local sofre a perda da capacidade de retenção da precipitação no solo.

Outro fator do processo de urbanização é a impermeabilização do solo devido à construção de áreas de estacionamento, ruas pavimentadas e outras áreas impermeáveis, assim como à construção de telhados, contribuindo no aumento da parcela de volume de precipitação que é convertida em escoamento superficial.

Dentro do contexto hidrológico, o uso das medidas de controle na fonte geradora exerce a função de controle do volume excedente ou das vazões, conforme Souza (2008). Para a redução dos volumes, encontram-se as estruturas de infiltração, assim como os reservatórios contribuem para redução das vazões através da retenção temporária das águas pluviais.

A captação da água da chuva é uma alternativa que pode ser utilizada nesse contexto como parte do processo de gestão dos recursos hídricos, juntamente com o

uso racional de água. As políticas de recursos hídricos também são facilitadores para o auxílio da população na economia de água.

Os critérios para o uso da água pluvial nas edificações devem ser baseados, principalmente, na proteção da saúde do usuário e na proteção do sistema de captação. O estabelecimento de diretrizes para a utilização do sistema depende de alguns fatores, como o conhecimento dos riscos associados a sua utilização, a disponibilidade e característica da água captada, o tratamento dessa água, bem como sua eficiência e segurança.

No Brasil, a experiência com a qualidade da água da captação pluvial é ainda bastante restrita no que diz respeito às informações para o estabelecimento de padrões. A legislação em vigor sobre o assunto fornece informações generalistas para a adoção da prática do sistema. Em 2007, entrou em vigor a NBR 15.527: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisito (ABNT, 2007). A norma fornece alguns requisitos para o aproveitamento pluvial em ambientes urbanos para fins não potáveis. De uma maneira geral, estabelece as diretrizes, critérios e parâmetros para a instalação do sistema de captação pluvial nas edificações. A norma considera como usos não potáveis, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Devido à dificuldade da determinação de todos os riscos de um sistema de captação pluvial, no atual estágio de conhecimento, pode-se adotar uma gestão de práticas e validações para aplicação de alternativas seguras no sistema de captação pluvial. Uma metodologia que pode ser utilizada para determinação de alguns riscos é a APP (Análise Preliminar de Perigos). Dessa maneira, para o estabelecimento das diretrizes para a implantação do sistema de captação pluvial, pode-se considerar como base de dados as experiências de sucesso de sistemas já implantados.

Com as normas atuais e com a dificuldade para determinação dos riscos que o sistema de captação pluvial pode ocasionar tanto para o usuário, como para os componentes do sistema, no estágio atual de conhecimento, para a validação do sistema, se escolheu a análise de risco como metodologia de pesquisa.

Como método de avaliação do nível de segurança, será utilizada a metodologia de análise de risco para a qualidade da água da chuva dentro de edificações residenciais, buscando o uso seguro dos usuários e do sistema. Assim, apontando quais os pontos importantes do sistema e riscos que devem ser avaliados previamente à instalação do sistema sem causar danos ao usuário, como contaminação por aspersão, ingestão, contato com a pele, pontos de uso e contaminação da água potável na instalação do sistema.

Por meio de um fluxograma do sistema, a análise de risco permite identificar áreas que podem contribuir para um risco em potencial, permitindo determinar pontos críticos de controle que devem ser monitorados para garantir o funcionamento seguro do sistema.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O objetivo principal é a identificação dos riscos associados ao aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edificações.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar os parâmetros mais adequados para avaliação da qualidade de água no sistema e sua aplicação como fonte alternativa segura;
- ✓ Identificar os perigos e pontos críticos nos sistemas de captação pluvial através da metodologia de análise de risco;
- ✓ Estabelecer os pontos principais que exijam controle pra o uso de água da chuva no sistema de captação pluvial para o uso seguro do sistema.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A revisão bibliográfica foi dividida em sete capítulos, os quais foram organizados para apontar os dados e informações para geração dos resultados do uso seguro do aproveitamento pluvial em edificações. São eles:

- Considerações Iniciais
- Sistema Predial nas edificações residenciais: conservação da água
- Aproveitamento da água da chuva
- Marcos legais sobre o aproveitamento pluvial e a qualidade da água da chuva
- Qualidade da água pluvial
- Tratamentos possíveis para água da chuva nos diversos usos
- Parâmetros de qualidade da água para usos não potáveis
- Estudo da Análise de Risco para o Aproveitamento Pluvial

#### **3.1. Considerações Iniciais**

O processo acelerado de urbanização resulta em problemas de infraestrutura. Este acréscimo de novas áreas que antes eram permeáveis tem como característica favorecer o escoamento superficial e sobrecarregar as galerias de água pluvial, assim como a acentuação das inundações urbanas nestas regiões (OHUMA JR, 2005).

Naturalmente, a descaracterização da cobertura vegetal reduz a capacidade de retenção do solo. Segundo Semads (2001), este processo se dá por desmatamento, mudança dos padrões naturais da drenagem e impermeabilização do solo. O processo de impermeabilização provocado pelo crescimento urbano de forma desordenada tem como resultado uma elevação dos picos de cheia nos córregos e canais.

A urbanização tende a alterar o tempo de resposta na ocorrência das chuvas, devido à redução da parcela de água que é infiltrada e, conseqüentemente, do tempo de deslocamento dessas águas (FCTH, 1999). Contudo, o uso de medidas alternativas para o retardo do escoamento da água da chuva para as galerias pluviais ou o uso de reservatórios de captação ainda é pouco empregado no Brasil. Embora desde a antiguidade já fosse comum o uso de cisternas para aproveitamento de águas pluviais, esta tecnologia ainda é muito pouco adotada no

cenário atual de controle e preservação dos recursos hídricos. A Fortaleza dos Templários, por exemplo, na cidade de Tomar, em Portugal, desde o ano de 1160, já possuía abastecimento por água da chuva (TOMAZ, 2003).

Das várias formas de controle do escoamento urbano, destacam-se aquelas que se encontram na micro e macrodrenagem, como renaturalização de canais, bacias de amortecimento de cheias, retenção e detenção em reservatórios, etc. Dentro do contexto hidrológico, o uso das medidas de controle na fonte exerce a função de controle do volume excedente ou das vazões, como afirma Souza (2008).

Uma maneira de controle é a aplicação de medidas compensatórias na fonte geradora para melhoria no uso das águas urbanas, como o uso de sistemas de captação pluvial, que são capazes de promover sua percolação ou seu armazenamento, com o objetivo da melhoria de proteção dos recursos hídricos.

Desta forma, o presente trabalho destaca como parte das instalações do local e metodologia adotada, o uso de sistemas de captação pluvial em coberturas convencionais como medidas compensatórias, assim como a aplicação do conceito de uso racional e conservação das águas, com a possibilidade do não descarte dessa água captada inicialmente e sua utilização no sistema hidrossanitário das edificações para fins menos nobres, ou seja, que não necessitam de água potável.

### **3.2. Sistema Predial nas edificações residenciais: conservação da água**

A conservação da água consiste em estabelecer ações para aperfeiçoamento do consumo de água e, conseqüentemente, a redução do volume a partir do conceito do uso racional.

*Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”. (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2005, p. 11).*

O mesmo conceito pode ser transportado para as edificações residenciais como princípio para gestão da conservação da água, considerando que para cada uso é possível utilizar águas com qualidades distintas.

Na década de 90, foram criados dois programas para conservação da água, um para o estado de São Paulo, o PURA (Programa de Uso Racional da Água), e um nacional, o PNCDA (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água), possibilitando a promoção do uso racional da água tanto para o abastecimento público, como para os sistemas prediais e promovendo um conjunto de ações possíveis para adoção de um programa de conservação da água que contribua com o uso racional dentro das edificações.

Segundo MALINOWSKI (2006), o foco da gestão da conservação da água está baseado no uso racional dos recursos hídricos, de modo a obter um bom rendimento, garantindo a recuperação, preservação e a conservação do recurso. Pelo manual da Conservação e Reuso da água em Edificações (Agência Nacional de Águas, 2005), o conceito do uso racional para a conservação de água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior.

Conforme o manual supracitado, para implementar o uso racional da água, é preciso sistematizar as intervenções que precisam ser realizadas em uma edificação, de maneira que ações de redução do consumo sejam resultantes do conhecimento do sistema, garantindo sempre a qualidade necessária para realização das atividades consumidoras, com o mínimo de desperdício, considerando, assim, esse tipo de ação como uma metodologia que pode ser usada na consolidação da demanda de água na edificação.

A conservação da água pode ser definida por meio de algumas ações que são tomadas dentro das edificações, como apresenta o Quadro 01.

**Quadro 1.** Ações que definem a conservação da água.

<i>Reduza a quantidade de água extraída em fontes de suprimento;</i>
<i>Reduza o consumo de água</i>
<i>Reduza o desperdício de água</i>
<i>Aumente a eficiência do uso de água</i>
<i>Aumente a reciclagem e o reuso de água</i>

Fonte: (ANA, 2005).

Implementar um programa de conservação da água (PCA) implica em otimizar seu consumo e, conseqüentemente, reduzir o volume de efluentes gerados, a partir da otimização do uso (gestão da demanda) e da utilização de água com diferentes níveis de qualidade para atendimento das necessidades existentes (gestão da oferta), resguardando-se a saúde pública e os demais usos envolvidos, gerenciados por um sistema de gestão da água adequado (ANA, 2005).

Para consolidar o sistema de gestão de um PCA, é preciso integrar as ações de demanda e oferta da água como relata Sautchuk (2004). Os grandes motivadores para a implantação se destacam:

- Economia gerada pela redução do consumo de água;
- Economia criada pela redução dos efluentes gerados;
- Conseqüente economia de outros insumos como energia e produtos químicos;
- Redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação;
- Aumento da disponibilidade de água (proporcionando, no caso das indústrias, por exemplo, aumento de produção sem incremento de custos de captação e tratamento);
- Agregação de valor ao “produto”;
- Redução do efeito da cobrança pelo uso da água;
- Melhoria da visão da organização na sociedade – responsabilidade social.

Porém, mais do que razões operacionais, o maior obstáculo ao uso disseminado dessas técnicas está relacionado com a falta de um gerenciamento eficiente da água. Garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade e



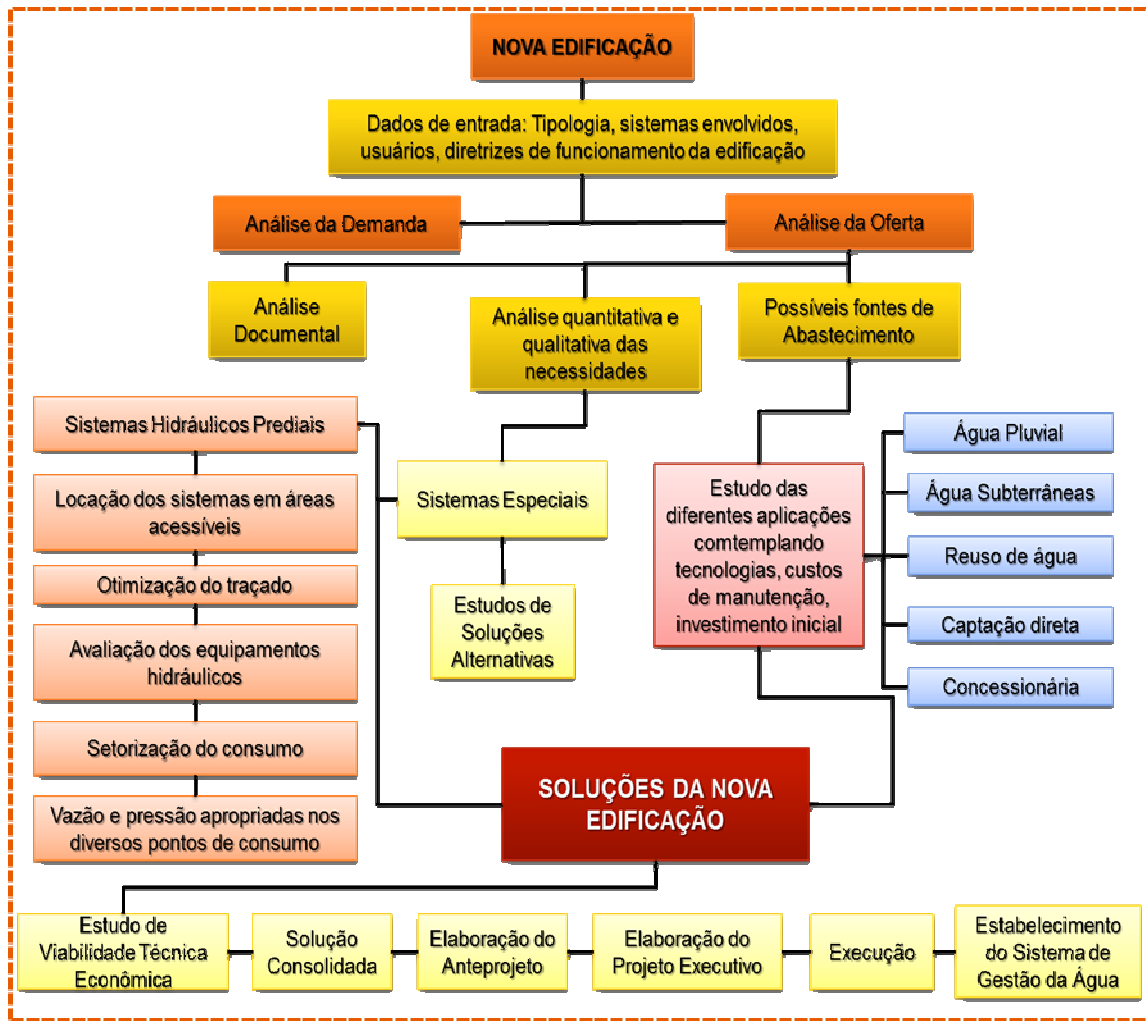
combater a cultura da abundância, do desperdício e da degradação torna-se fundamental para viabilizar qualquer proposta de desenvolvimento socioeconômico sustentável no país (LEAL, 1999).

Para o presente trabalho, os fatores que contribuem na escolha do uso do sistema de aproveitamento pluvial de forma geral são a redução do consumo de água potável, o aumento da disponibilidade e a melhoria da visão da organização da sociedade.

A escolha de fontes alternativas de abastecimento de água deve considerar não somente custos envolvidos na aquisição, mas também custos relativos à descontinuidade do fornecimento e à necessidade de se ter garantida a qualidade necessária a cada uso específico, resguardando a saúde pública dos usuários internos e externos. No entanto, cabe salientar que, na maioria das edificações, a água potável é utilizada para a realização de quase todas as atividades, independentemente de uma análise prévia da qualidade da água necessária.

Consideram-se fontes alternativas de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso, ou ainda, que fornecem água com composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias.

Em edificações residenciais, os usos de água internos distribuem-se principalmente em atividades de limpeza e higiene, enquanto os externos ocorrem devido à irrigação, lavagem de veículos e piscinas, entre outros. Considerando-se a implantação da conservação da água em novas edificações, segundo o Manual da Conservação e Reuso da Água em Edificações, o projeto de sistemas prediais deve ser concebido considerando a otimização do consumo, a aplicação de fontes alternativas de água nos usos menos nobres, bem como a facilidade de gestão do insumo por meio de projetos otimizados em traçados e ferramentas de monitoramento, ou seja, plano de setorização de medição preestabelecido em projeto de acordo com as necessidades. Neste caso, os limitantes executivos são minimizados. Isso pode ser observado de maneira esquematizada na Figura 1.



**Figura 1.** Plano de Aplicação para conservação da água em edificações novas. Fonte: ANA, 2005.

Segundo a ANA (2005), quando existe a possibilidade de utilização de outras fontes, alguns cuidados devem ser tomados. O uso negligente de fontes alternativas de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é utilizada pelo uso inconsciente de água com padrões de qualidade inadequados.

Utilizar água não proveniente da concessionária traz o ônus de alguém se tornar “produtor de água” e, portanto, responsável pela gestão qualitativa e quantitativa deste insumo. Cuidados específicos devem ser considerados para que não haja risco de contaminação a pessoas ou produtos ou de dano a equipamentos.

O sistema hidráulico deve ser independente e identificado, torneiras de água não potável devem ser de acesso restrito, equipes devem ser capacitadas, devem

ser previstos reservatórios específicos, entre outras ações, para garantia de bons resultados.

Ressalta-se que a normalização brasileira ainda não contempla todos os requisitos necessários para a implementação do sistema de alternativa de oferta de água (ANA, 2005). Mesmo com a publicação da NBR 15527 (ABNT, 2007), ainda existem fatores muito abrangentes dentro da norma que podem ser melhores estudos.

### **3.3. Aproveitamento da água da chuva**

O gerenciamento do uso da água e a procura por novas alternativas de abastecimento, como o aproveitamento das águas pluviais, a dessalinização da água do mar, a reposição das águas subterrâneas e o reuso da água, estão inseridos no contexto do desenvolvimento sustentável, o qual propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações (AGENDA 21, 2001).

*“A água da chuva é um recurso valioso, porém, subestimado. Soluções locais de coleta melhoram a segurança da água e proporcionam importante alívio à comunidade. Por isso, é necessário promover boas políticas de captação por meio de organizações estaduais e não governamentais.” (Cartas das águas do Rio Grande do Sul, 2012).*

Existem várias maneiras de obter fontes alternativas de água e uma delas é o aproveitamento da água da chuva. Segundo Hespanhol (1999), o conceito de substituição de fontes se mostra como uma alternativa para atender demandas menos restritivas, deixando a água de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

May (2009) explica que sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinza são mais utilizados em países que incentivam a conservação de água potável devido à sua escassez, como a Alemanha, Estados Unidos e o Japão, assim como a Austrália. O aproveitamento pluvial pode ter vários usos, sendo uma parte do conceito do uso racional da água e podendo ser utilizado como fonte alternativa o abastecimento.

O relatório da OMS / UNICEF - Programa Conjunto de Monitoramento de Abastecimento de Água e Saneamento (UNICEF, 2012) apontou que 1,3% da população mundial utiliza a água da chuva como fonte principal para uso doméstico. Nos países em desenvolvimento, 2,4% da população rural ou mais de 76 milhões de pessoas em todo o mundo dependem da água da chuva, e em muitos casos esta água é usada até mesmo para beber.

Segundo Heijnen (2012), a utilização da água da chuva não se limita apenas aos países em desenvolvimento. Texas, Havaí e outras áreas com escassez de água nos EUA também utilizam esta fonte, assim como, Austrália e Nova Zelândia que são exemplos de países onde a água da chuva é aproveitada para jardinagem, conservação e uso doméstico, incluindo o uso potável em alguns casos.

O Instituto Australiano de Estatísticos, relatou em 2010 que as famílias que vivem em uma residência com reservatórios para captação pluvial aumentaram a instalação desse sistema de 24% em 2007 para 32% em 2010. Quase a metade, 49%, das famílias do sul australiano utilizaram a água da chuva, seguido pelos estados de Queensland, com 36%, e Vitória, com 30% (HEIJNEN APUD INSTITUTO AUSTRALIANO DE ESTATÍSTICOS, 2010).

Para May (2009), o consumo da água residencial constitui mais da metade do consumo total da água nas áreas urbanas. Segundo Rodrigues (2005), na região metropolitana de São Paulo, por exemplo, o consumo residencial de água corresponde a 84,4% do consumo total urbano (incluindo o consumo em pequenas indústrias).

A captação da água da chuva proporciona uma melhora na segurança hídrica e pode alimentar áreas frágeis e semiáridas. Países como a Cingapura utilizam a água da chuva para aumentar seus recursos limitados de água doce, assim como na Europa Ocidental. Em particular na Alemanha, a gestão da água da chuva, principalmente para uso doméstico, é promovida para redução dos fluxos máximos das descargas de drenagem e aperfeiçoamento da gestão local de recursos hídricos (HEIJNEN, 2012).

Heijnen (2012) relata que a quarta edição das Diretrizes para a Qualidade de Água Potável, publicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2011) reconheceu que a captação da água da chuva para uso doméstico e para consumo

humano é uma realidade para muitas famílias e, portanto, orientações apropriadas sobre a captação, armazenamento e utilização são necessárias. O aproveitamento da água da chuva como uma prática para o abastecimento doméstico e comunitário de água potável foi integrado no Quadro da OMS para água potável da 4ª edição e faz parte da abordagem do Plano de Segurança Hídrica (PSH). Uma reunião recente do Comitê de Qualidade da Água Potável da OMS, realizada em Cingapura, comprometeu-se a desenvolver um documento separado de orientação de apoio em captação de água de chuva para aprofundar as boas práticas para garantir água potável.

As Orientações da OMS para Água Potável destinam-se a apoiar o desenvolvimento e implementação de estratégias de gestão de risco que irão garantir a segurança do abastecimento de água potável através do controle de substâncias perigosas na água. Essas estratégias podem incluir normas nacionais ou regionais desenvolvidas a partir da base científica fornecidas nas orientações. As Diretrizes devem também fazer parte de uma estratégia global de proteção da saúde, que inclui saneamento básico e outras estratégias como o gerenciamento de contaminação dos alimentos. As orientações fornecem um ponto de partida científico às autoridades nacionais para desenvolver regulamentos e normas para água potável apropriada para a situação nacional (Organização Mundial da Saúde, 2011).

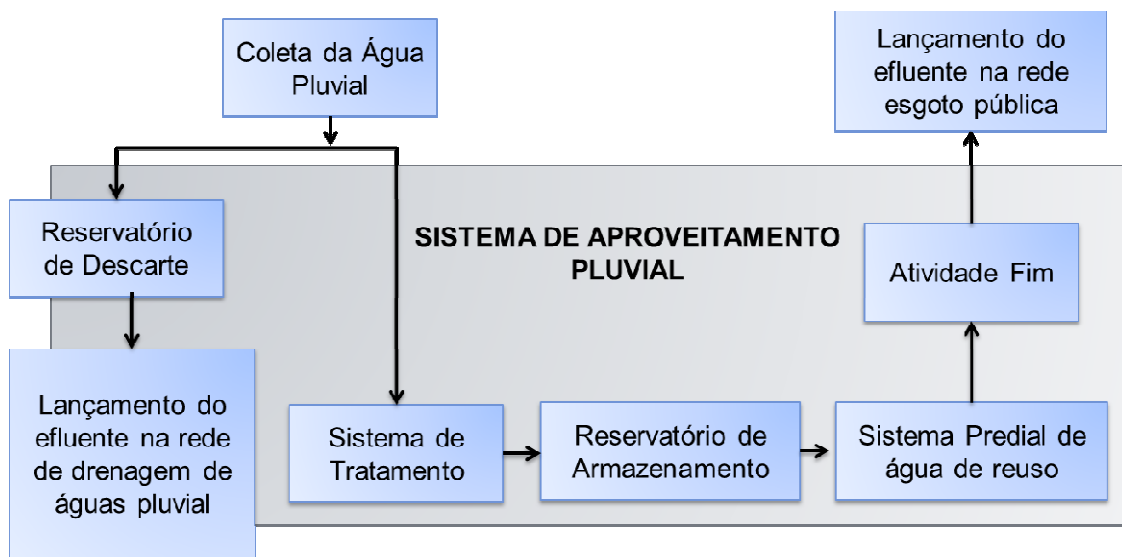
Deve-se considerar que os componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais variam de acordo com as características de cada edificação. Dependendo do uso pretendido, da qualidade desejada para a água tratada, das características da bacia coletora do edifício, das fontes de água que alimentarão a cisterna, do espaço existente para instalação dos equipamentos e do orçamento disponível, pode-se alterar o *layout* da instalação, adequando o sistema às exigências locais (PRADO, 2007).

O Manual de conservação e reuso da água em edificações, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2005), por exemplo, exemplifica uma metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva que envolve as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;

- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto dos reservatórios;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

Este mesmo manual exemplifica de forma esquemática (Figura 2) principais passos que um sistema de captação pluvial deve possuir dentro de uma edificação.

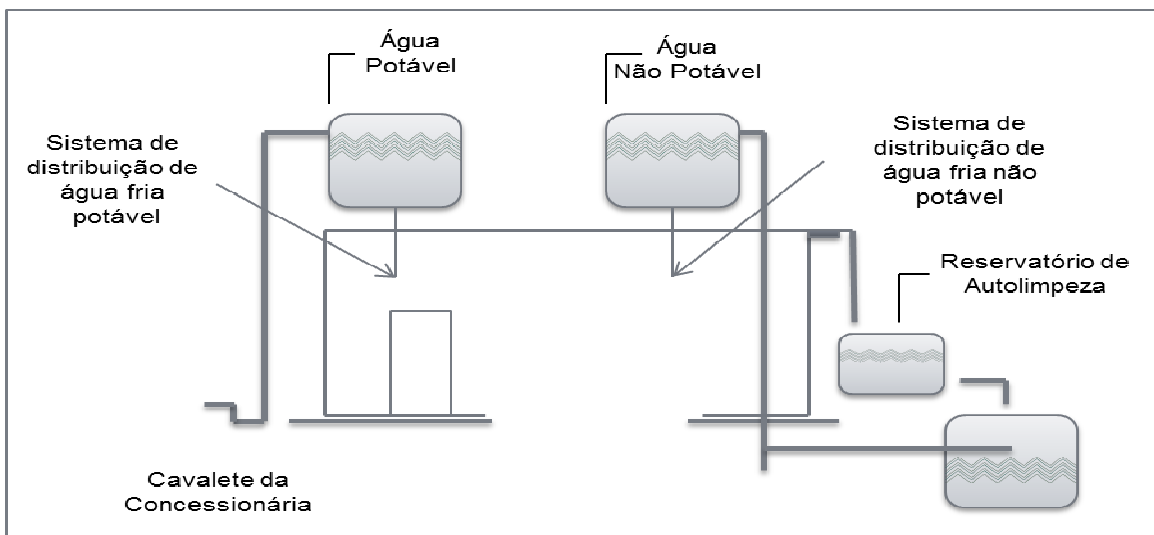


**Figura 2.** Esquema do sistema de captação pluvial. Fonte: ANA, 2005.

Os sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais requerem cuidados gerais e características construtivas que permitam a segurança do abastecimento, a manutenção da qualidade da água armazenada e níveis operacionais adequados e econômicos para água não potável. Entre estes podem ser ressaltados (ANA, 2005):

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- Manter a tampa de inspeção fechada;
- Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor para evitar a entrada de pequenos animais;
- Realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os depósitos de sedimentos;

- Projetar o reservatório de armazenamento com declividade no fundo na direção da tubulação de drenagem, para facilitar a limpeza e retirada de sedimentos;
- Assegurar que a água coletada seja utilizada somente para fins não potáveis;
- Prever a conexão (sem possibilidade de contaminação) da água potável com o reservatório de armazenamento, assegurando o consumo diário por ocasião de estiagens prolongadas;
- Prever dispositivo no fundo do reservatório de armazenamento para evitar turbulência evitando a ressuspensão do material sedimentado;
- Pintar de cor diferenciada as linhas de coleta e de distribuição de águas pluviais. Conexões e sistemas de roscas também devem ser diferenciados para evitar a possibilidade de ocorrência de conexão cruzada com o sistema de distribuição de água potável. As torneiras externas deverão ser operadas com sistemas de chaves destacáveis para evitar consumo como água potável;
- Colocar placas indicativas junto das torneiras de acesso geral, com a inscrição “água não potável”;
- Submeter a qualidade da água distribuída a um processo de monitoramento programado.



**Figura 3.** Modelo possível de aproveitamento de água da chuva e água da rede pública.  
Fonte: TOMAZ, 1999.

Para o sistema de captação pluvial, é possível considerar um modelo de aproveitamento pluvial para edificações, como o esquematizado na Figura 3. Para o

presente trabalho foi a utilizado conceito da água da chuva para fins menos nobres, Tomaz (1999) propõe um esquema dentro das edificações para o uso de dois sistemas: água potável e água não potável. Relacionado com a interface de outros sistemas, é preciso considerar a interferência do sistema de água potável com o sistema de água não potável, para evitar a contaminação dos sistemas e consequentemente do usuário.

O fator de maior relevância para o sucesso desse tipo de sistema é o cuidado que se deve ter no processo de instalação do mesmo. Por motivos de contaminação, a água da chuva não pode estar misturada à água potável no mesmo reservatório de distribuição, por isso são necessários dos sistemas separados. Outro fator que influencia o uso de água de chuva em relação à contaminação para limpeza de vasos sanitários é a necessidade de desinfecção da água, pois podem ocorrer respingos de água, causando riscos à saúde de seus usuários (MAY, 2004).

Com a redução do volume de água consumido, há uma emissão do efluente com uma maior concentração de poluentes. Entretanto, Vanzolini (2013) aponta a possibilidade do uso do sistema de aproveitamento pluvial como uma maneira de reduzir o consumo de água potável, neste caso, limitando o uso da água potável para a alimentação e higienização corporal e considerando, para usos não potáveis, água para bacia sanitária, lavagem de pisos e irrigação de jardim.

Vanzolini (2013) atenta também para a otimização da gestão das águas pluviais, pois o aproveitamento pluvial pode prevenir o risco de inundações em zonas críticas e a redução da poluição difusa. Para a implantação do sistema, deve-se conhecer o contexto do empreendimento, observando dados como área urbana ou rural, densidade, dados pluviométricos; redes existentes; natureza da água; poluições potenciais; usos previstos; topografia, etc.

O documento Referencial Técnico de Certificação - Edifícios habitacionais – Processo AQUA (Vanzolini, 2013) é separado em cinco partes. O interessante deste documento sobre o aproveitamento pluvial é o capítulo referente à gestão da água, que aperfeiçoa alguns pontos do sistema, sendo subdividido em gestão de retenção, gestão de infiltração e aproveitamento das águas.

Tal documento sugere ao projetista prever sistema de aproveitamento das águas pluviais coletadas de telhados e coberturas para utilização no exterior da



unidade para usos não potáveis como: irrigação de jardins, espaços verdes, lavagens de ferramentas, piso e lavagem de automóveis, considerando que:

- Os dispositivos de coleta, armazenamento, transporte e utilização devem ser totalmente separados das instalações de alimentação e distribuição de água potável da edificação;
- Deve ser realizado estudo técnico prévio por empresa especializada (dimensionamento, características, manutenção das instalações e controle de qualidade da água). Os sistemas de coleta, armazenamento e utilização da água pluvial devem ser projetados de forma a limitar os riscos de refluxo, conexão cruzada e a saúde humana.

As exigências previstas para os projetos de aproveitamento pluvial segundo Vanzolini (2013) deve considerar a captação e utilização da água pluvial para o uso não potável é aceitável para usos externos e internos, desde que não implique na criação de uma dupla rede de distribuição no interior da construção, a qual apenas é aceita para uso em válvulas de descarga de vasos sanitários e mictórios e com a adoção das seguintes medidas mínimas de segurança:

- Os projetos hidráulicos devem demonstrar claramente as diferentes redes de distribuição, potável e não potável, bem como os pontos de consumo de água potável;
- Os projetos hidráulicos devem garantir que não haja nenhuma possibilidade de comunicação entre as redes de água potável e não potável;
- As tubulações de água não potável deverão estar claramente identificadas com cores (roxo ou lilás) e inscrições (“água não potável”) que as diferenciem das de água potável.

Os proprietários deverão receber informações claras sobre os cuidados a serem adotados durante reformas, a fim de evitar ligações equivocadas na rede de água não potável. Além disto, o manual deverá apresentar os riscos associados ao não cumprimento destas orientações.

Em situações excepcionais e para certos usos limitados ao esgoto e aos usos relacionados, se aceita a presença de uma dupla rede no interior da construção. Esta tolerância deve ficar bem definida e disposições técnicas rigorosas devem ser implantadas no projeto, na sinalização, nas informações sobre o uso e a

manutenção, especialmente a separação e a distinção das diferentes redes, a separação total entre a instalação de distribuição da água pluvial e a rede de água potável.

Outra fonte de consulta referente à água da chuva que auxilia nos componentes dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais é a NBR 15.527 “Águas de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos” (ABNT, 2007), que estabelece os seguintes critérios:

- Filtro instalado à jusante de cada condutor vertical da água pluvial, conduzindo água até seu local de armazenamento;
- Sistema de desvio da água pluvial até o armazenamento instalado num condutor vertical (no caso de descida única) ou de dispositivo que reúna toda a água captada;
- Separador de sólidos, desmontável para limpeza e com malha inferior a 5mm, localizado à montante do armazenamento;
- Sistema de reservação que contenha um ou vários reservatórios conectados entre si com as exigências mínimas seguintes: estanqueidade; resistência às variações de volume de preenchimento; feito de material opaco; fechado com trava de segurança; contenha um sistema de ventilação munido de tela à prova de insetos, entrada de água pela parte inferior e extravasor munido de válvula anti-refluxo, que possa ser esvaziado e limpo integralmente;
- Tubulações de conexão entre o sistema de desvio e o armazenamento, e entre o extravasor e o local de coleta;
- Dreno com chave de segurança;
- Placa de informação fixada próxima ao dreno, especificando de maneira visível a mensagem [água não potável].

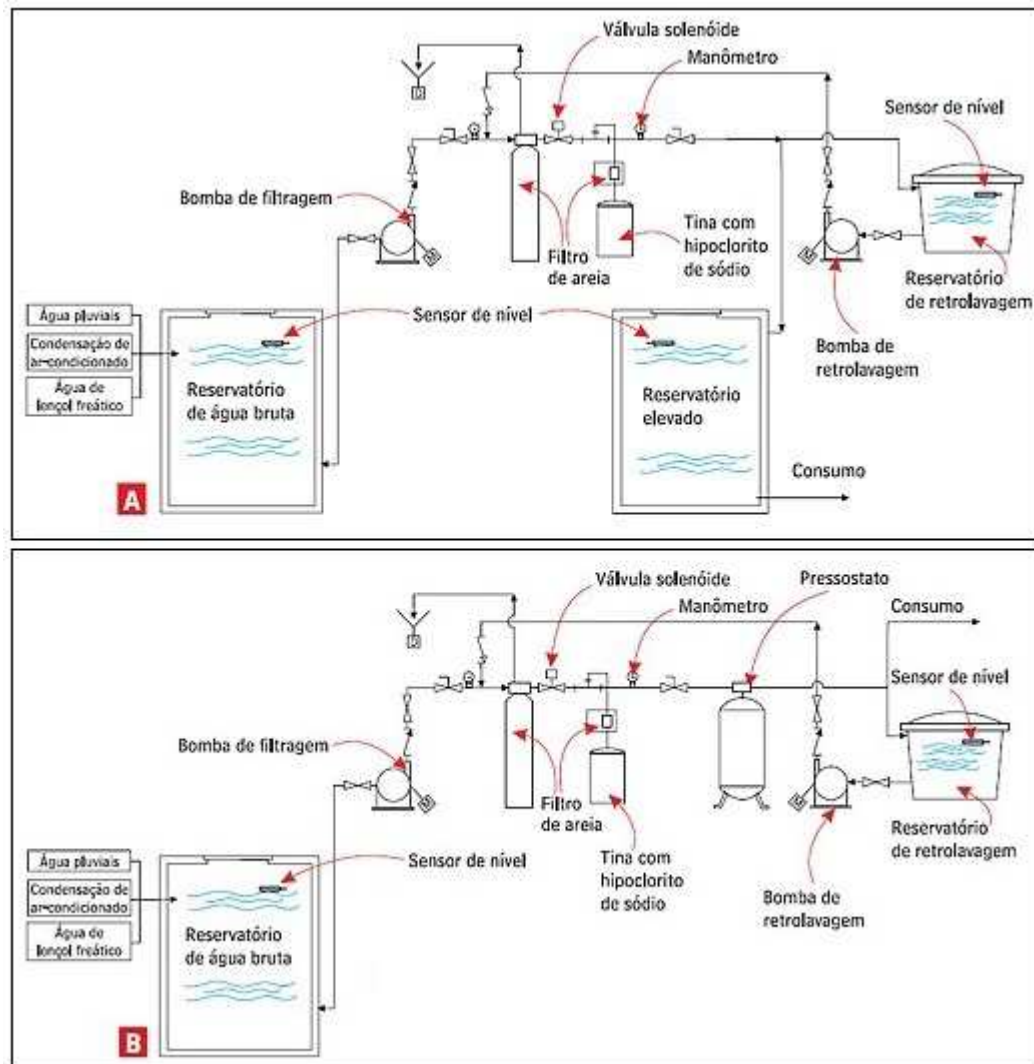
Prado (2007) demonstra um caso do aproveitamento pluvial em uma edificação, onde o sistema abastece os vasos sanitários, irrigação e limpeza de pátios. Para cada componente do sistema há uma explicação de projeto para o uso. Resumidamente, os principais componentes de um sistema de aproveitamento pluvial são:

- Bacia Coletora: compreende toda a superfície impermeável do edifício exposta à chuva e atendida por sistemas de drenagem, como telhados, lajes

de cobertura, pátios, passeios, quadras poliesportivas, etc. Preferencialmente, somente a água coletada em telhados e lajes de cobertura é aproveitada;

- Condutores Verticais e Horizontais: tubulações e calhas do sistema de drenagem de águas pluviais do edifício, responsáveis pela condução da água na bacia coletora até a cisterna;
- Peneiras, Grades e Grelhas: peças especiais dispostas ao longo da rede de drenagem de águas pluviais, cuja função é reter sólidos grosseiros como galhos, folhas, etc.
- Câmara de pré-decantação (opcional): reservatório que recebe água pluvial coletada no edifício. Sua principal função é a abstração da primeira chuva (*first flush*), que normalmente carrega boa parte das impurezas presentes nas águas pluviais;
- Cisterna: reservatório dimensionado para armazenar a água de chuva e suprir a demanda por água potável do edifício;
- Filtros de areia: filtros de pressão com leito filtrante composto por carvão antracitoso e areia ou somente areia, responsáveis pela retenção da maior parte de contaminantes presentes na água bruta;
- Equipamentos de Bombeamento: bombas centrífugas responsáveis pela alimentação e retrolavagem dos filtros de areia e de desferrização;
- Reservatório de retrolavagem: reservatório de acúmulo de água da chuva tratada, a qual é empregada nas operações de retro lavagem dos filtros;
- Unidades de desinfecção: a desinfecção é etapa indispensável para garantir a segurança sanitária de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, pois sua função é inativar microrganismos patogênicos presentes na água da chuva. Para esse fim, podem ser empregados cloro (hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio), ozônio ou radiação ultravioleta;
- Sistema de Pressurização: para o encaminhamento da água tratada aos pontos de utilização, é necessária a pressurização da rede de distribuição. Isso pode ser alcançado de duas formas: bombeando a água tratada para reservatório elevado ou pressurizando a rede de distribuição por meio de sistema de bombeamento direto com ou sem tanque pulmão;
- Componentes auxiliares de controle e comando: equipamentos como pressostatos, medidores de nível, válvulas solenoides, válvulas automáticas para

filtros e painel elétrico de controle são itens empregados na automação completa ou parcial do sistema.



**Figura 4.** Modelo de projeto para captação da água da chuva. Aquabrazilis. Fonte: Prado, 2007.

A Figura 4 demonstra as duas possibilidades do sistema de captação utilizadas em uma edificação, na qual Prado (2007) relata que, dependendo do uso, é possível utilizar dois sistemas com componentes um pouco diferentes. No sistema A, a água do aproveitamento possui pressão e pode ser utilizada em vasos sanitários. Neste caso, sendo necessário o uso de mais tubulações para a elevação da água. Já no sistema B, a água possui somente um reservatório inferior de aproveitamento e pode ser usada somente para usos que precisam de menos pressão, como irrigação de jardins e lavagem de pátios, tendo, assim, um custo de implantação do sistema menos elevado.

Considera-se que de forma simplista o custo de implantação do sistema de captação pluvial, assim como a economia gerada para os usuários varia conforme os usos e superfície de captação. Sichermann (2002) compara as diferenças de custo com a economia de água dos sistemas de aproveitamento da água da chuva para finalidades não potáveis por tipos de edificações. O autor ressalta que cada caso é único, mas podem-se definir algumas regras gerais, identificadas no quadro 2. Este dado é importante para uma avaliação inicial sobre a implantação do sistema de captação pluvial.

**Quadro 2.** Sistema de Aproveitamento das águas de chuva para fins não potáveis.

<b>Tipo de Edificação</b>	<b>Custo de Implantação</b>	<b>Economia de água</b>
<b>Condomínio Vertical</b>	Baixo	Menor
<b>Condomínios Horizontais e Residências Unifamiliares</b>	Menor se projetado antes da construção	Depende do tamanho do reservatório
<b>Galpões e Armazéns</b>	Retorno aceitável	Depende da intensidade de uso
<b>Loteamentos indústrias e residências e aeroportos</b>	Relativamente baixo	Boa

Fonte: SICHERMANN (2002)

Existem muitos fatores que interferem no sistema de captação pluvial. Um dado de projeto importante para que o sistema atenda a demanda pretendida é o reservatório de acumulação.

*“A eficiência e a confiabilidade dos sistemas de aproveitamento de água da chuva estão ligados diretamente ao dimensionamento do reservatório de armazenamento, necessitando de um ponto ótimo na combinação do volume de reserva e da demanda a ser atendida, que resulte na maior eficiência, com o menor gasto possível” (GHISI, 2006).*

O armazenamento é um sistema composto por reservatório com objetivo de armazenar a água da chuva. Se a área de coleta, a precipitação média da região e a demanda mensal são conhecidas, pode-se calcular o volume mínimo do reservatório de água de chuva. Segundo Soares (2000), o problema do tamanho do reservatório pode ser visto de duas maneiras: a quantidade de água necessária para suprir a demanda ou encontrar a demanda com um grau de confiabilidade alto.

Para May (2004), geralmente, o reservatório de acumulação é o componente mais dispendioso do sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva, por isso, seu dimensionamento requer certo cuidado para não tornar a implantação do sistema inviável. Dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água de chuva poderá ser realizado para atender as seguintes situações:

- Armazenar água somente para suprir a demanda por alguns dias;
- Armazenar água para suprir a demanda por 1 a 2 meses;
- Armazenar água para suprir a demanda por 6 meses;
- Armazenar água para suprir a demanda do ano inteiro;

Segundo Inamini (1985), é importante fazer o planejamento da utilização do sistema de aproveitamento de água de chuva para: verificar a quantidade de água que poderá ser coletada e armazenada; verificar a necessidade de tratamento da água de chuva; e analisar os benefícios da mistura da água da chuva com água servida. Certamente, é preciso que a água coletada seja devidamente armazenada, filtrada e que garanta uma qualidade compatível com os usos previstos.

Neste mesmo contexto, em se tratando de demanda para cálculo de reservatório, um dado necessário é a identificação dos valores médios do consumo de água do objeto de estudo, assim como os pontos de maior e menor consumo dentro da edificação. A norma técnica Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação - NST 181 (Sabesp, 2012) contém alguns dados que contribuem para a caracterização do consumo de água em edifícios, identificados no Quadro 3. Esses dados são importantes para referenciar que tipo de edificação está sendo analisada.

**Quadro 3.** Estimativa de Consumo Predial Médio Diário

Edificação	Consumo (L/dia)
<b>Apartamentos</b>	200 per capita
<b>Garagens</b>	50 por automóvel
<b>Jardins</b>	1,5 por m <sup>2</sup>
<b>Lavanderias</b>	30 por kg de roupas

Fonte: SABESP, 2012.

Considerando as possibilidades dos componentes do aproveitamento pluvial, é possível definir a utilização desta água. Soares (1999) relatou que o sistema de água de chuva pode ser aplicado na lavagem de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, sistemas de controle de incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e, ainda, na irrigação de jardins. Nas indústrias e estabelecimentos comerciais, a água de chuva pode ser utilizada para resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial, lava jatos de caminhões, carros e ônibus e limpeza industrial.

### **3.4. Marcos legais sobre aproveitamento pluvial e qualidade da água da chuva**

Existem legislações nacionais que podem auxiliar na tomada de decisão e nas diretrizes que podem ser consideradas para o aproveitamento pluvial nas edificações. Este tópico discorrerá sobre este assunto.

Os marcos legais serão separados em legislações municipais, legislações federais e legislações e guias internacionais. Algumas delas ainda são generalistas e não proporcionam uma base sólida no que se refere à qualidade da água da chuva. Neste contexto serão apresentadas algumas legislações, normas e guias internacionais, que podem auxiliar como base de dados para escolha dos parâmetros e índices de qualidade da água pluvial abordados nos próximos capítulos. No Brasil, até o momento, existe somente uma norma que aborda aspectos da qualidade de água de chuva: a NBR 15.527 - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007).

Soares e Gonçalves (2001) relatam que, para a implantação do sistema de reuso de água servida e aproveitamento de água de chuva, seria necessário o governo atribuir uma política de incentivo à instalação desses sistemas. Estes incentivos poderão vir como forma de subsidiar taxas e impostos, tendo como consequência o aumento da oferta e diminuição da demanda de água potável.

#### **3.4.1. Legislação Municipal**

No Município de São Carlos, no ano de 2003, foi sancionada a Lei nº 13.246, que propõe a construção de reservatórios de detenção de águas pluviais em

conjuntos habitacionais, áreas comerciais e industriais, loteamentos ou parcelamentos em áreas urbanas. A Lei nada trata sobre qualidade da água, somente obriga proprietários com lotes de metragens diferentes a construir reservatórios de retenção. Os artigos principais desta Lei dizem o seguinte:

- Art. 6º Nos reservatórios de retenção ou retenção cobertos, a área superior poderá ser aproveitada para jardins, campos de esporte, ou outro embelezamento. Parágrafo Único - Os reservatórios de retenção ou retenção elevados e ou abertos poderão ter formas arquitetônicas que embelezem a paisagem.
- Art. 7º Deverão ser apresentados estudos para a manutenção dos vertedores dos reservatórios de retenção ou retenção, principalmente nos abertos, e para os resíduos sólidos depositados.
- Art. 8º Deverão ser estudadas ou sugeridas soluções alternativas, que tenham viabilidade de construção e segurança de funcionamento, assim como atender aos estudos de benefícios e custos.
- Art. 10. O órgão municipal gestor dos recursos hídricos regulamentará, sempre que achar adequado, detalhes do projeto ou de construção do reservatório de retenção ou retenção.
- Art. 11. A água da chuva contida no reservatório de retenção ou retenção poderá ser reutilizada para regar jardins, lavagens de passeio, utilizada como água industrial, ou nas descargas sanitárias.
- Art. 12. Será obrigatória a construção de um reservatório de retenção nos lotes urbanos, nas reformas ou no licenciamento da obra, conforme parâmetro a seguir relacionado:
  - I - área de lote de 250 m<sup>2</sup>, volume de retenção 1000 litros;
  - II - área de lote de 300 m<sup>2</sup>, volume de retenção 1500 litros;
  - III - área de lote de 400 m<sup>2</sup>, volume de retenção 2000 litros;
  - IV - área de lote de 500 m<sup>2</sup>, volume de retenção 2500 litros;
  - V - área de lote de 600 m<sup>2</sup>, volume de retenção 3500 litros.
- § 1º Os lotes com dimensão acima de 600 m<sup>2</sup> terão os reservatórios de retenção ou retenção com dimensionamento de volume de seis litros por metro quadrado de área de lote.



Em Curitiba, vigora a Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003, que regulamenta o Programa de Conservação e Uso Racional de Águas em Edificações, institui medidas de conservação de água, do uso racional de água e da utilização de fontes alternativas para a captação de água em novas edificações. O programa tem como objetivo a conscientização dos usuários sobre a importância do uso racional da água potável.

O Art. 7º da referida lei explica que a captação pluvial deve ser coletada da cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requerem o uso de águas não tratadas, provenientes da Rede Pública de Abastecimento como:

1. Rega de jardins e hortas;
2. Lavagem de roupas;
3. Lavagem de veículos;
4. Lavagem de vidros, calçadas e pisos.

Nesse contexto pode se ressaltar a importância do uso de águas pluviais para fins não potáveis, reduzindo o desperdício de água potável nos casos onde ela não é necessária, como na limpeza de jardins, gramados, descargas, lavagens de carros, sem que prejudique o usuário.

Em Maringá-PR, a Lei nº 6345, de 15 de outubro de 2003, institui o programa de reaproveitamento de águas da cidade. Esta Lei possibilita a captação da água da chuva para utilização em descargas de vasos sanitários, lavagem de mictórios, lavagem de pisos, terraços e outros procedimentos similares.

Na cidade do Rio de Janeiro, por sua vez, a Lei nº 4.393, de 16 de setembro de 2004, dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover dispositivo para captação de água da chuva em imóveis residenciais e comerciais e dá outras providências.

No ano de 2007, em São Paulo, foi aprovada a Lei nº 12.526, que torna obrigatória a implantação de sistema para captação e retenção de águas pluviais coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup> no Estado de São Paulo. (Artigo 1º da Lei nº 12.526). Os objetivos principais da lei são:

- Reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;

- Controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;
- Contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.

Ressalta, também, as finalidades principais da contida presente no reservatório após o evento pluviométrico, que são: infiltrar-se no solo, preferencialmente; ser despejada na rede pública de drenagem, após uma hora de chuva; e ser utilizada em finalidades não potáveis, caso as edificações tenham reservatório específico para essa finalidade.

A Lei nº 129/2007 cria o sistema de reuso de água de chuva no município de Campinas/SP para utilização não potável em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais edificações. O ponto importante desta lei é conceder incentivo fiscal aos proprietários dos imóveis que optarem pela utilização do programa.

Na cidade de São José do Rio Preto, em São Paulo, no ano de 2008, foi criado o Programa Permanente de Gestão das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Preto (Lei nº 10.290). O artigo segundo apresenta os objetivos do programa. Os interesses do presente trabalho referem-se ao terceiro objetivo que visa viabilizar a realização das melhoras de interesse da sociedade, visando ao controle das cheias, de modo a minimizar situações de riscos ambientais, econômicos, sociais e humanos delas decorrentes, em função da situação atual e da tendência futura da ocupação do solo da bacia do Rio Preto.

Já o quinto artigo dessa mesma lei, complementa que toda edificação cuja superfície impermeável resulte em área superior a 100 m<sup>2</sup> deverá contemplar em seu projeto a construção de dispositivos de retenção/detenção das águas pluviais que retardem o escoamento para a rede pública de drenagem.

Quando houver a intenção do reuso da água pluvial para fins não potáveis, mesmo na lavagem de veículos ou áreas externas, deverão ser atendidas as normas sanitárias vigentes e as condições técnicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável pela vigilância sanitária, como relata o artigo 11, visando:

- Evitar o consumo indevido, definindo sinalização de alerta padronizada a ser colocada em local visível junto ao ponto de água não potável e determinando os tipos de utilização admitidos para água não potável;
- Garantir padrões de qualidade da água apropriados ao tipo de utilização previsto, definindo os dispositivos, processos e tratamentos necessários para a manutenção desta qualidade;
- Impedir a contaminação do sistema predial destinado à água potável proveniente da rede pública, sendo terminantemente vedada qualquer comunicação entre este sistema e o sistema predial destinado à água não potável.

Em Sorocaba, foi aprovado um projeto de lei que institui o “IPTU Ecológico”, que resultou na Lei nº 9571 de 2011 e que incentiva o uso de políticas sustentáveis em edificações residenciais. De acordo com o texto da Lei, podem ser adotadas algumas medidas como:

- Sistema de captação da água da chuva;
- Sistema de reuso de água;
- Sistema de aquecimento hidráulico solar;
- Sistema de aquecimento elétrico solar;
- Construções com material sustentável, em caso da utilização de madeira esta deverá ter sua origem comprovada;
- Calçadas verdes e plantio de espécies arbóreas nativas com no mínimo 2 metros de altura e diâmetro do caule a um metro e trinta do solo de, no mínimo, cinco centímetros.

Assim, como relata o artigo quinto da lei:

*“A título de incentivo será concedido o desconto de 10% no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) aos novos imóveis, que adotarem as medidas previstas.”.*

No município de Caxias do Sul - RS, a Lei Complementar nº 375, de 2010, que discorre sobre o assunto do aproveitamento de água de chuva, é bem específica, disposto no artigo 67 que:

*“Todas as instalações hidrossanitárias devem obedecer aos seguintes dispositivos específicos, além das disposições previstas em normas específicas. Os novos empreendimentos residências que abriguem mais de oito unidades condominiais ou familiares e os comerciais com mais de 500 m<sup>2</sup> de área construída devem dispor de reservatório de armazenamento e distribuição de água de chuva, separado do recipiente de água potável, para uso secundário”*

Em 2007, foi adicionado um artigo à Lei nº 290, que institui o Plano Diretor do Município de Caxias do Sul. O artigo adicionado promove um benefício para acréscimo ao índice de aproveitamento de uma edificação em 10% para edificações cujo projeto e efetiva execução adotem o reaproveitamento de águas tanto de chuva, como de reuso.

#### **3.4.2. Legislação Federal**

Poucos documentos legais podem ser utilizados para consulta como referência de conhecimento sobre a qualidade da água necessária nos diversos usos do aproveitamento pluvial. Além da NBR 15527 (ABNT, 2007), já citada anteriormente, que regulamenta os parâmetros de qualidade da água para usos não potáveis, a legislação brasileira também estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade através da Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Existe também outro instrumento legal que pode servir como consulta para esta avaliação: a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 274/00, que define os padrões de balneabilidade.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) fornece requisitos para o aproveitamento pluvial em áreas urbanas como parâmetros de qualidade (Quadro 4), assim como algumas diretrizes que podem ser seguidas quando se pretende utilizar esse tipo de sistema:

- Os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista;
- Para desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado.

- Quando utilizado o cloro residual livre, deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

A norma recomenda, ainda, que as tubulações e demais componentes sejam claramente diferenciados das tubulações de água potável com a utilização de duas cores distintas para as tubulações. Recomenda também que o sistema de distribuição de água de chuva seja independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada, de acordo com NBR 5626 - Instalação predial de água fria (ABNT, 1998).

**Quadro 4.** Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos não potáveis.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>	<b>Análise</b>
<b>Coliformes termotolerantes</b>	Ausência em 100 ml	Semestral
<b>Coliformes totais</b>	Ausência em 100 ml	Semestral
<b>Cloro residual livre</b>	05 a 3,0 mg/L	Anual
<b>Cor Aparente</b>	< 15,00 uH	Anual
<b>pH</b>	6,00 a 8,00 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado	Anual
<b>Turbidez</b>	<2,0 uT, para uso menos restrito <5,0 uT	Anual

Fonte: NBR 15527/ (ABNT, 2007).

O mesmo deve ocorrer com os pontos de consumo, como, por exemplo, uma torneira de jardim. Esta deve ser de uso restrito e identificada com placa de advertência com a inscrição "*água não potável*" e identificação gráfica. Por fim, recomenda que os reservatórios de água de distribuição de água potável e de água de chuva sejam separados.

A Portaria nº 2.914/2011 (MS, 2011) estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos à qualidade da água para consumo humano, assim como seu padrão de potabilidade. Considerando a possibilidade do uso potável para a água da chuva, pode-se considerar como parâmetros de qualidade necessários os valores dos Quadros 5 e 6. A portaria não foi elaborada especificamente para o aproveitamento pluvial nas edificações, mas considerando que, para o presente trabalho umas das possibilidades de uso da água da chuva seria para fins potáveis, uma base possível para a análise da qualidade da água e os riscos para o usuário é a Portaria nº 2.914 (MS, 2011).

**Quadro 5.** Padrões microbiológicos de potabilidade para consumo humano.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores</i>
<b><i>Escherichia coli</i> ou Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)</b>	Ausência
<b>Coliformes Totais</b>	Ausência

Fonte: Portaria MS Nº 2914 (MS, 2011)

**Quadro 6.** Padrão de aceitação para consumo humano.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores</i>
<b>Alumínio</b>	0,2 mg/L
<b>Amônia (NH<sub>3</sub>)</b>	1,5 mg/L
<b>Cloreto</b>	250 mg/L
<b>Cloro residual</b>	2,0 mg/L
<b>Cor aparente</b>	15 UH
<b>Dureza</b>	500 mg/L
<b>Etilbenzeno</b>	0,2 mg/L
<b>Ferro</b>	0,3 mg/L
<b>Manganês</b>	0,1 mg/L
<b>Monoclorobenzeno</b>	0,12 mg/L
<b>Odor</b>	Não objetável
<b>pH</b>	6,0 a 9,5
<b>Gosto</b>	Não objetável
<b>Sódio</b>	200 mg/L
<b>Sólidos dissolvidos totais</b>	1000 mg/L
<b>Sulfato</b>	250 mg/L
<b>Sulfeto de Hidrogênio</b>	0,05 mg/L
<b>Surfactantes</b>	0,5 mg/L
<b>Tolueno</b>	0,17 mg/L
<b>Turbidez</b>	5 mg/L
<b>Zinco</b>	5 mg/L
<b>Xileno</b>	0,3 mg/L

Fonte: Portaria MS Nº 2914 (MS, 2011)

A portaria subdivide os padrões de potabilidade em três fases, que são: a água para consumo, a água na saída do tratamento e a água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede). Em todos os casos, os coliformes termotolerantes em 100 ml precisam estar ausentes nas amostras analisadas. Recomenda, ainda, que os coliformes totais, no caso da análise do sistema com 40 amostras ou mais

por mês, podem apresentar 95% de ausência em 100 ml. Porém, se o sistema analisa menos de 40 amostras por mês, apenas uma amostra poderá apresentar resultado positivo em 100 ml.

O capítulo IV da portaria refere-se aos padrões de potabilidade necessários para consumo humano. Neste capítulo, há a recomendação de que em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e uma vez excedida 500 unidades formadoras de colônia (UFC), deve ser feita nova análise e inspeção do local. O mesmo ocorre com os organismos patogênicos, que devem ter o mesmo caráter de ausência em 100 ml, como Enterovírus, cistos de *Giardia spp.* e oocistos de *Cyptosporidium sp.*

De acordo com a Portaria citada, para garantia da qualidade microbiológica da água, devem ser considerado valores de turbidez em três estágios de tratamento: desinfecção (1,0 UT em 95% das amostras), filtração rápida (tratamento completo ou filtração – 1,0 UT) e filtração lenta (2,0 UT em 95% das amostras). Ademais, após desinfecção a água deve conter um teor mínimo de cloro residual de 0,5 mg/L e obrigatoriamente uma manutenção de 0,2 mg/L em qualquer ponto de distribuição. A aplicação deve ser realizada com um pH inferior a 8,0 e com tempo de contato mínimo de 30 minutos.

A resolução considera necessária a criação de instrumentos que avaliem a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos para a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário. Para isso, estipula alguns parâmetros e valores para garantia da qualidade dessa água (Quadro 7).

**Quadro 7.** Padrões de Balneabilidade.

<i>Parâmetros</i>	<i>Qualidade da água</i>	<i>Valores</i>
<b>Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)</b>	Águas Excelentes	250
	Águas Muito Boas	500
	Águas Satisfatórias	1000
<b><i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml)</b>	Águas Excelentes	200
	Águas Muito Boas	400
	Águas Satisfatórias	800
<b>pH</b>	6 a 9	

Fonte: Portaria MS Nº 274/2000 (MS, 2000)

A Resolução do CONAMA nº 274/00 define os critérios de balneabilidade das águas brasileiras. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2000), a balneabilidade é a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário, sendo este entendido como um contato direto e prolongado com a água (natação, mergulho, esqui-aquático e outros usos), em que a possibilidade de ingerir quantidades consideráveis de água é elevada.

### **3.4.3. Legislações e Guias Internacionais**

Guias e legislações internacionais são a maior fonte de referência dos parâmetros de controle de qualidade devido à escassez de leis brasileiras sobre o aproveitamento da água da chuva em edificações para usos não potáveis. O enfoque principal deste capítulo são os parâmetros de qualidade da água para aproveitamento não potável nas edificações. Mas também serão abordadas algumas diretrizes apontadas pelos guias e legislações sobre projeto e manutenção do sistema.

Durante a etapa de pesquisa e busca de dados para revisão bibliográfica, encontraram-se normas e guias em alguns países que determinam parâmetros mínimos necessários para garantia da qualidade da água em diversos usos, potáveis e não potáveis. Cada país possui parâmetros relativos à realidade de sua população e consideram o aproveitamento pluvial como uma forma alternativa de abastecimento de água tanto para usos menos nobres, como para a potabilidade em alguns casos. Dentre esses documentos, serão apresentados códigos de boas práticas, que também possibilitam um maior conhecimento sobre o assunto e algumas diretrizes de ponto de partida.

A primeira legislação a ser apresentada é o Guia e Potencial para o Aproveitamento Pluvial do Texas (*Texas Water Development Board - Austin, Texas*), publicado em 2006, para avaliação do potencial de aproveitamento da água da chuva no Texas, Estados Unidos.

O manual foi publicado com a intenção de promover diretrizes mínimas de qualidade da água para dois usos no estado, potável e não potável. A responsável pela sua elaboração foi a Comissão de Avaliação do Texas para o Aproveitamento da Água Pluvial, que formulou suas recomendações sobre as diretrizes mínimas de



qualidade da água, padrões e métodos de tratamento para o uso seguro da água para fins residências e formas de incorporar o aproveitamento de águas pluviais ao sistema público de abastecimento.

O Estado do Texas considerou a importância de expansão do seu papel na promoção do aproveitamento da água da chuva e determinou que novas instalações com 10.000 metros quadrados ou mais de área de cobertura (e menores instalações quando possível) incorporassem o sistema pluvial durante o projeto e construção para sua utilização nas instalações sanitárias e em regas de jardins. Considerou ainda, apropriação, bienal de US\$ 500.000, em 2006, para o Conselho de Desenvolvimento do Texas a fim de ajudar o fornecimento de recursos a projetos de desenvolvimento do aproveitamento pluvial.

Neste mesmo guia sobre aproveitamento pluvial foram apontados alguns benefícios e potenciais para o uso da água da chuva, que são os seguintes:

- Fonte alternativa de água sem impostos, tendo somente os custos iniciais de implantação do sistema, tratamento;
- Fornecimento de água quando não há outro tipo de fonte;
- Aumento ou substituição de volumes limitados de água subterrânea;
- Fornecimento de água de boa qualidade, quando a qualidade das águas subterrâneas é inaceitável;
- Redução do escoamento superficial;
- Redução da poluição difusa;
- Redução da erosão em ambientes urbanos;
- Fornecimento de água que é naturalmente macia;
- Fornecimento de água com pH neutro ou ligeiramente ácido;
- Fornecimento de água de boa qualidade para a irrigação;
- Fornecimento de água para usos internos não potáveis;
- Fornecimento de água potável para o consumo humano, após tratamento adequado;
- Fornecimento de água para refrigeração e ar condicionado;
- Redução das exigências sobre as águas subterrâneas;
- Fornecimento de água para proteção contra incêndios;
- Economia para o consumidor médio e longo prazo.

No que diz respeito ao aproveitamento pluvial dos que serão apresentados como fonte de referência, o Guia e Potencial para o Aproveitamento Pluvial do Texas possui poucas restrições para usos não potáveis. A relação dos sistemas que o documento considera são usos não potáveis e potáveis em edificações residenciais e usos para água potável e não potável para comunidades, considerando que uma comunidade é constituída por no mínimo 25 pessoas. No entanto, no presente trabalho, só serão abordados os aspectos relativos a edificações residenciais.

Os balizadores que o guia apresenta para uso não potável são somente em relação à contaminação microbiológica, considerando como uso não potável a lavagem de roupas e o uso em vasos sanitários. A recomendação para análise em laboratório da contaminação do sistema é anual. Recomenda, também, que quando o sistema for de uso interno na edificação, para que não haja contaminação da água proveniente do abastecimento público, algum dispositivo mecânico deve ser instalado a fim de evitar a ligação cruzada dos sistemas.

Já para o uso potável, o guia recomenda que a área de coleta seja somente pela cobertura da edificação e, que para um uso seguro desta água, a análise do sistema seja microbiológica e química e feita a cada três meses. Os usos pretendidos para esta água podem ser para cozinha, como lavagem de louças e preparação de comida.

Por fim, recomenda que a água da chuva para uso potável deva atender a um maior nível de exigências para a turbidez e contaminação microbiológica do que a água da chuva não potável. E considera que a presença em suspensão do material em água como material orgânico finamente dividido, como argila e lodo, pode ser determinada pela análise da turbidez, sendo um indicador importante, pois interfere na desinfecção.

Outro aspecto importante é a filtragem que é considerada essencial para controlar a entrada das partículas no sistema. É recomendável que os usuários do sistema troquem os filtros regularmente, conforme a indicação do fabricante para garantir que os níveis de turbidez sejam controlados.

Obviamente, a água deve estar livre de contaminantes microbiológicos. Assim, o guia sugere que a análise seja realizada tanto para coliformes totais, quanto coliformes fecais. Além disso, não deve haver nenhum protozoário como

*Giárdia Lamblia* e *Cyptosporidium* e nenhum vírus presente da água da chuva após tratamento.

Resumidamente, o Guia do Estado do Texas estabelece medidas mínimas de qualidade que devem ser levadas em consideração. Uma das primeiras afirmações é que embora a água da chuva seja uma das formas mais puras de água, ainda assim, é necessário estabelecer diretrizes mínimas de qualidade da água para o seu uso, porque a água pode tornar-se contaminada durante o processo de captação (Quadro 8). Nesse contexto, adotam-se parâmetros mínimos para a qualidade da água pluvial potável e não potável.

**Quadro 8.** *Rainwater Harvesting potential and Guidelines for Texas - Parâmetros*

<i>Categoria de Uso</i>	<i>Qualidade da água pluvial para uso não potável</i>	<i>Periodicidade de teste</i>
<b>Edificação Unifamiliar</b>	Coliformes Totais <500 CFU/100 ml Coliformes Fecais <100 CFU/100 ml	Anual

Fonte: *Texas Water Development Board Austin, Texas, 2006*

A segunda norma estudada foi o BS 8215 – Código de Práticas – Sistemas de Aproveitamento Pluvial – 2009 (BRITISH STANDARDS, 2009). A norma fornece recomendações do aproveitamento pluvial sobre projeto, instalação, qualidade da água e manutenção do sistema de captação para utilização de água não potável no Reino Unido. Contempla os sistemas de fornecimento de água para usos em instalações residenciais, comerciais, industriais ou públicos que não exigem a qualidade da água potável, tais como lavagem de roupas, lavagem de carros, uso em descargas, irrigação e fins ornamentais. A norma não abrange os sistemas de abastecimento de água para beber, preparar alimentos e cozinhar, lavar louça e higiene pessoal.

O código de boas práticas BS 8215 define que a escolha da superfície de captação deve ter relação com o tipo de material, características de permeabilidade, níveis de poluição e riscos de contaminantes entrarem no sistema, pois afetam a qualidade e a quantidade de água captada. Superfícies impermeáveis de telhados são consideradas mais adequadas para o aproveitamento pluvial. É importante ressaltar que a maioria das superfícies de captação está suscetível à contaminação por excrementos de animais e aves, solo, hidrocarbonetos e produtos químicos diversos. Estes contaminantes podem ter efeito negativo sobre a qualidade da água captada. Outras superfícies podem ser adotadas, porém, antes de deve ser feita

uma avaliação de risco específica para cada tipo de superfície (BRITISH STANDARDS, 2009).

O código recomenda o uso de pelo menos um reservatório de armazenamento primário para captação pluvial. E indica que o reservatório utilizado no sistema seja construído a partir de materiais que criam uma estrutura estanque que não possibilitem o crescimento microbiano como o concreto, o vidro plástico reforçado (GRP), o polietileno ou polipropileno e o aço inox (op. cit.).

Outra recomendação do BS 8215 para controle do sistema de aproveitamento pluvial é que a unidade de controle seja incorporada ao sistema para que os usuários estejam cientes que o sistema funciona de maneira eficaz. Tal unidade deve conter controle das bombas, o acionamento do reservatório de água potável automático quando existir a falta da água da chuva e que as válvulas que ligam o sistema de água potável com o de aproveitamento sejam facilmente vista para evitar o desperdício.

Recomenda, ainda, que antes da entrega do sistema de aproveitamento pluvial, toda a instalação seja testada para garantir que as tubulações e conexões estejam estanques e que não existam ligações cruzadas com o sistema de abastecimento potável (BRITISH STANDARDS, 2009).

**Quadro 9.** BS 8215 - *Rainwater Harvesting Systems - Code of Practice - 2009* (Reino Unido) – parâmetros microbiológicos.

Parâmetros	Valores de uso		Tipos de Sistema
	Sprinkles	Rega de Jardins e Descargas	
<b>Escherichia Coli em 100 ml</b>	1	250	Local único e sistema doméstico
<b>Intestinal enterococci em 100 ml</b>	1	100	Local único e sistema doméstico
<b>Legionella por Litro</b>	100	-	Análise necessária quando indicada ver capítulo 8
<b>Coliformes Totais em 100 ml</b>	10	1000	Local único e sistema doméstico

Fonte: BS 8215/2009 (BSI, 2009)

No que concerne aos parâmetros de controle da qualidade do aproveitamento pluvial, o BS 8215 os separa em dois quadros. O Quadro 9 contém a qualidade da água medida em relação aos valores de referência apresentados para os parâmetros relacionados a risco de saúde. Já o Quadro 10, os parâmetros relativos

à operação do sistema, que fornecem uma indicação da qualidade da água de um sistema bem concebido e mantido para obter a maioria das condições de operação. Ressalta-se que a qualidade da água poderá mudar após eventos de chuva.

**Quadro 10.** BS 8215 - *Rainwater Harvesting Systems - Code of Practice - 2009* (Reino Unido) – parâmetros químicos e físicos.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores de uso</i>	<i>Tipos de sistema</i>
<b>OD no reservatório</b>	> 10% de saturação ou > 1,0 mg/L O <sub>2</sub> para todos os usos	Todos os sistemas
<b>Sólidos Suspensos</b>	Visualmente clara e livre de detritos flutuantes para todos os usos	Todos os sistemas
<b>Cor</b>	Não desagradável para todos os usos	Todos os sistemas
<b>Turbidez</b>	< 10 NTU para todos os usos e < 1 NTU para desinfecção com UV	Todos os sistemas
<b>pH</b>	5,0 a 9,0 para todos os usos	Local único e sistema doméstico
<b>Cloro residual</b>	< 0,50 mg/L para rega de jardins < 2,00 mg/L para demais usos	Todos os sistemas
<b>Bromo residual</b>	< 2,00 mg/L para todos os usos	Todos os sistemas

Fonte: BS 8215 (BSI, 2009)

Sobre os testes dos parâmetros de controle de qualidade, o BS 8215 recomenda que sejam realizados durante as visitas de manutenção para verificar o desempenho do sistema. Os testes devem ser realizados para investigar a causa de qualquer parte do sistema que não funcione de maneira satisfatória e também em relação a qualquer reclamação de doença associada ao sistema de aproveitamento pluvial.

Para a manutenção do sistema, o ideal é que não exista contato humano com a água dos reservatórios e que, quando isso acontecer, seja por pessoas autorizadas. Os procedimentos de manutenção devem ser de acordo com o fabricante, mas na ausência deve ser seguido o quadro no anexo A (BRITISH STANDARDS, 2009).

Há mais um capítulo no BS 8215, o qual recomenda uma avaliação de risco para determinar se o sistema é seguro para uso. Esta etapa deve ocorrer durante a fase de projeto e a avaliação de risco deve seguir os procedimentos da ISO 31100. A avaliação de risco deve considerar o projeto, instalações, testes de funcionamento, operação e manutenção do sistema, incluindo a qualidade da água, estabilidade estrutural, segurança elétrica e fornecimento da água. Assim como deve considerar os efeitos de exposição e possíveis impactos no sistema e ao usuário. A

avaliação de risco deve ser usada para identificar as ações adicionais, melhorias de processos e controles avançados que podem reduzir os riscos.

Em 2010, nos Estados Unidos, o Comitê da ASTM (*American Society for Testing and Materials*) publicou a norma E2727 - Práticas padrão para avaliação da qualidade da água da chuva (*Standard Practice for Assessment of Rainwater Quality*). A norma foi criada para fornecer uma metodologia de avaliação para a qualidade da água da chuva e dá algumas referências (ASTM, 2010):

- Objetiva orientar o desenvolvimento do aproveitamento pluvial, sintetizar as boas práticas para avaliação da qualidade da água da chuva e estabelecer seu padrão;
- Em áreas urbanas, o aproveitamento de águas pluviais pode ajudar a reduzir os picos da demanda dos sistemas públicos e ajudar a retardar a necessidade de expansão das estações de tratamento;
- O aproveitamento pluvial pode reduzir o escoamento superficial, a poluição difusa e erosão em ambientes urbanos;
- O aproveitamento pluvial diversifica o sistema de abastecimento e contribui para problemas de segurança associados com instalações centralizadas;
- A água da chuva é descontaminada até entrar em contato com algum tipo de superfície;
- As substâncias presentes na água da chuva podem variar de acordo região geográfica e por local. A água pode conter partículas de transporte e detritos e acaba funcionando como um solvente e absorvedor de contaminantes e sais minerais;
- É preciso realizar uma avaliação da qualidade da água para determinação apropriada dos usos, captação e sistema de armazenamento. Essa prática identifica um conjunto de requisitos de pesquisa e de relatórios que permitirá ao usuário a avaliar a qualidade da água da chuva do local de implantação do sistema de aproveitamento pluvial;
- A manutenção adequada do sistema é fornecida de acordo com as recomendações do fabricante do sistema;

A norma fornece uma planilha que permite ao usuário a avaliar a qualidade de água da chuva em determinado local (anexo B). Esta prática caracteriza a qualidade

da água da chuva em geral e identifica as condições do local que podem afetar a qualidade da água da chuva. O Quadro 11 contém os parâmetros de controle de qualidade para o aproveitamento pluvial não potável da norma E2727.

**Quadro 11.** E2727 - Práticas padrão para avaliação da qualidade da água da chuva (ASTM, 2010) - *Standard Practice for Assessment of Rainwater Quality*.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores</i>
<b>Coliforme Fecal</b>	Ausência em 100 mL
<b>Cloro</b>	Ausência em 100 mL
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</b>	≥10 mg/L
<b>Enterovírus</b>	Ausência em 100 mL
<b>pH</b>	6.0 – 7.0
<b>Sódio</b>	200 mg/L
<b>Unidade de Turbidez Nefelometria</b>	≥2 UTN

Fonte: E 2727/2010 (ASTM, 2010)

Outro documento analisado foi o guia australiano sobre aproveitamento da água pluvial, chamado de Guia para Uso de Reservatórios para Aproveitamento Pluvial (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010). Este não relata os índices de qualidade pluvial necessários para o uso seguro, mas mostra algumas diretrizes que podem contribuir para um bom funcionamento do sistema.

O guia é organizado em possíveis fontes de água para uso potável e, quando se refere à água pluvial, considera como pequenos sistemas de abastecimento. Também considera os sistemas de descarte dos primeiros milímetros de chuva seguros quando usados para água não potável.

*“Os sistemas de água da chuva, particularmente aqueles que envolvem o armazenamento em tanques acima do solo, em geral, proporcionam uma fonte segura de água. As principais fontes de contaminação são aves, pequenos animais e detritos recolhidos em telhados. O impacto destas fontes pode ser minimizado por algumas medidas simples: limpeza regular das calhas, retirada de galhos, o uso de peneiras na tubulação e na entrada dos tanques. Assim como descartar os primeiros 20-25 litros de precipitação.”.* (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010)

O único problema desse valor de descarte dos primeiros milímetros de chuva é que não é possível relacionar com a área do telhado (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010).

Outro ponto interessante deste guia sobre a qualidade pluvial é a indicação de que não se utilize a água bruta, pois não atende às condições mínimas para o uso seguro. Como uma alternativa, uma família deve considerar que a água deve ser testada para quaisquer características essenciais de saúde identificadas como sendo de interesse local. Indica que a coleta seja realizada nos pontos de consumo e que sejam utilizados os parâmetros e índices do Quadro 12.

**Quadro 12.** Parâmetros de Qualidade da água.

PARÂMETROS	VALORES
pH	6,5 – 8,5
STD (Sólidos Totais Dissolvidos)	500/1000 mg/L e 1800 mg/L <sup>(1)</sup>
Turbidez	1 NTU
Cloro	0,50 a 2,00 mg/L
Dureza	60 mg/L a 200 mg/L
Fluoreto	0,7 a 1,0 mg/L
Arsênico	< 0,007 mg/L
Chumbo	< 0,005 mg/L a 0,01 mg/L
Urânio	< 0,02 mg/L
Ferro	< 0,3 mg/L
Nitrato	50 mg/L a 100 mg/L <sup>(2)</sup>
Sódio	200 mg/L
<i>Escherichia Coli</i> (E. Coli)	Não detectável em 100 ml

Fonte: Commonwealth and enHealth, 2010

### 3.5. Qualidade da água pluvial

Um dos aspectos que ainda possui um grande campo de estudo no uso da água pluvial nas edificações é a qualidade da água, um dos objetivos desta dissertação. Existem muitos pontos que precisam ser considerados e analisados dentro dos parâmetros de qualidade e uso nas edificações sem afetar o sistema e o usuário.

A qualidade da água pode ser representada por meio de diversos parâmetros que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas, e podem ser utilizados para caracterizar águas de abastecimento, residuárias, mananciais e corpos receptores. São, normalmente, expressas como valores de referência das substâncias microbiológicas ou químicas de interesse (WHO, 2011).

Segundo Gould e Nissen-Petersen (1999), nenhuma fonte de abastecimento de água é 100% segura o tempo inteiro. A questão a ser analisada é o nível de risco



aceitável baseado nos padrões socioeconômicos de uma sociedade em face à qualidade da fonte alternativa de abastecimento.

Como apontado pelos autores (op. cit.), a poluição ou a contaminação da água da chuva são influenciadas fortemente pela ação do homem. A urbanização, com a elevada concentração das atividades econômicas da sociedade moderna em áreas relativamente pequenas como as cidades, gera altas concentrações de poluentes (como metais pesados e substâncias resultantes da queima de combustíveis), que, em contato com a precipitação, contamina-a, tornando-a inadequada para alguns usos.

Mesmo em áreas rurais, a aplicação intensiva de fertilizantes, pesticidas, herbicidas ou inseticidas pode tornar a água da chuva imprópria para o seu uso (MACOMBER, 2001). A qualidade da água e, conseqüentemente, o nível de risco aos usuários que se suprem desta forma de abastecimento alternativo é definida pela sua origem e tipo de contaminação. Assim como quando a água passa por uma superfície de captação, pode incorporar impurezas como sujeira, folhas ou excrementos fecais a partir de aves e outros animais.

O escoamento superficial transporta uma ampla variedade de poluentes que afetam a qualidade da água. Estes poluentes provêm dos diversos usos do solo (residencial, comercial e industrial) que ocorrem na bacia. Com o desenvolvimento urbano, as atividades que ocorriam em determinado local transformam-se e são intensificadas, e poluentes (como pesticidas, fertilizantes, excrementos humanos e animais, resíduos sólidos, nutrientes e metais pesados) são carregados pelo fluxo superficial até os corpos hídricos em concentrações elevadas que anteriormente não ocorriam. Portanto, a impermeabilização decorrente do processo de ocupação do solo reduz a oportunidade de depuração natural da água através do solo. A qualidade da água de chuva pode variar de acordo com o local onde é feita a coleta.

Para que se possa fazer o aproveitamento da água de chuva, é necessário estabelecer os padrões de qualidade que a mesma deve atender, sendo que estes devem estar de acordo com os usos que se pretende fazer da mesma. Philippi (2006) enfatiza que diversos fatores influenciam a qualidade da água da chuva e dentre estes se destacam: a localização geográfica da área de captação (proximidade do oceano, áreas urbanas ou rurais), a presença de vegetação, a presença de carga poluidora e a composição dos materiais que formam o sistema de

captação e o armazenamento (telhados, calhas e reservatório). As condições meteorológicas como intensidade, duração e tipo de chuva, o regime de ventos e a estação do ano também têm forte influência sobre as características das águas pluviais.

De maneira geral, com os riscos de contaminação por microrganismos e substâncias químicas diversas, as águas pluviais requerem algum tratamento para serem utilizadas. O nível de tratamento a ser empregado depende principalmente do uso pretendido (potável ou não potável) e da qualidade da água bruta captada (HELMREICH, 2009).

Segundo a Agência Nacional de Águas (2005), a qualidade da água de chuva é influenciada por:

- Localização, regime de chuvas, condições climáticas da região, zona urbana ou rural;
- Características da bacia, densidade demográfica, área impermeabilizada, declividade, tipo de solo, área recoberta por vegetação e seu tipo;
- Tipo e intensidade de tráfego;
- Superfície drenada e tipo de material constituinte: concreto, asfalto, grama, etc.;
- Lavagem da superfície drenada, frequência e qualidade da água de lavagem;

O estudo desenvolvido por Despins et.al. (2009) coletou amostras em sete diferentes cidades em um raio de 30 km da cidade de Guelph, no Canadá. Os resultados obtidos indicaram que os parâmetros físico-químicos da água pluvial sofreram modificações em função do material da cobertura, do material do reservatório e das condições ambientais do local em que o sistema se encontra. Com relação às condições ambientais, verificou-se que a estação do ano, a temperatura e o nível de tratamento empregado foram os fatores que mais influenciaram a qualidade microbiológica da água, pois durante o verão e outono, os coliformes fecais e totais foram detectados em um maior número de amostras.

À medida que a qualidade da água melhora com o tempo de armazenamento, arranjos de entrada devem ser de forma que a água de entrada não perturbe o material assentado no fundo. Do mesmo modo, como a água na parte inferior pode

ser mais suja, seria desejável ter um arranjo de saída com uma entrada flutuante, retirando a água da parte superior da cisterna (THOMAS; MARTINSON, 2007).

Há métodos disponíveis de análise de qualidade de água que poderiam ser usados em situações de baixa renda. Entre eles, estão a contagem de termotolerantes coliformes (também conhecido como contagem de coliformes fecais) e a contagem de *Escherichia coli* (*E. coli*). Contudo, poucos dos testes identificados são ideais para situações de baixos recursos, se implementados de acordo com seus protocolos padrão. Este é especialmente o caso para testes quantitativos (BAIN et al., 2012).

Coombes PJ et al (2000) monitoram a qualidade físico-química e microbiológica da água durante um período de dois anos e avaliaram a conformidade com as diretrizes australianas de qualidade de água potável. Mesmo sob o "pior caso", o cenário no lugar Figtree e a densidade de trânsito aparentemente alto, a qualidade físico-química da água dos tanques foi boa.

É importante que a água seja aceitável para o consumidor em termos da sua cor turbidez e sabor. Como em tudo, beber água de chuva é um gosto adquirido. A água de chuva tem um baixo conteúdo mineral e pode parecer 'sem gosto'. Enquanto a água de chuva é bem aceita para beber nas Maldivas, onde tem sido a única fonte por muito tempo, ainda não é bem aceita na zona rural do Sri Lanka, onde a captação a água de chuva só foi introduzida há pouco mais de uma década atrás. Às vezes, a água de chuva é acusada de ter alguns efeitos adversos à saúde devido ao seu baixo conteúdo mineral. No entanto, a água não é a principal fonte de micronutrientes e é normalmente possível obter todos os minerais a partir de uma dieta equilibrada. As principais fontes de gosto e odor (exceto animais mortos) são:

- Sedimentos e mucilagens no fundo dos tanques ou tubulações que podem armazenar água parada;
- Solo e vegetação em decomposição acumulados em calhas;
- Crescimento das algas em tubulações ou tanques abertos.

Para a coleta de água de chuva doméstica, o desenvolvimento de planos de segurança da água é um pouco pesado. A abordagem de inspeção sanitária, que faz parte do conceito do plano de água de segurança, deve ser suficiente.

### 3.5.1. Parâmetros da qualidade da água para usos não potáveis

No Brasil, a norma de potabilidade da água do Ministério da Saúde (Portaria MS nº 2.914/2011) recomenda a análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para definição do tipo de tratamento mais adequado no uso para água potável, não necessariamente para o aproveitamento pluvial.

Os parâmetros físicos são: cor; turbidez (para água pós-filtração ou pré-desinfecção); gosto e odor; temperatura; e radioatividade. Os químicos referem-se ao pH; cloraminas; dióxido de cloro; cloro residual livre; fluoreto; e produtos secundários da desinfecção. Já os microbiológicos avaliam coliformes totais, *Escherichia coli*, cianobactérias e cianotoxinas.

Os coliformes termotolerantes são definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter* (CETESB, 2009).

Os coliformes termotolerantes não são, dessa forma, indicadores de contaminação fecal tão bons quanto a *E. coli*, mas seu uso é aceitável para avaliação da qualidade da água. São disponíveis métodos rápidos, simples e padronizados para sua determinação, e, se necessário, as bactérias isoladas podem ser submetidas à diferenciação para *E. coli*. Além disso, na legislação brasileira, os coliformes fecais são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas a abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura (CETESB, 2009).

Os coliformes totais são formados por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB, 2009).

A cor aparente de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. É importante

ressaltar que a coloração, realizada na rede de monitoramento, consiste basicamente na observação visual no instante da amostragem (op. cit.).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) refere-se à quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica carbonácea por decomposição microbiana aeróbia para a forma inorgânica estável. As maiores elevações em termos de DBO5 em um corpo d'água são provocadas por despejos de origem predominantemente orgânica, de modo que a presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água (CETESB, 2009).

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Normalmente, é considerada como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de cinco dias, numa temperatura de incubação de 20°C, é frequentemente usado e referido como DBO5,20 (CETESB, 2009).

O *Escherichia coli* (*E. coli*) é um grupo grande e diverso de bactérias. Embora a maioria das variedades de *E. coli* seja inofensiva, outras podem provocar doenças. Alguns tipos podem causar diarreia, enquanto outros provocam infecção urinária, doença respiratória, pneumonia e outras doenças. Como visto, há ainda outros tipos de *E. coli*, que são usados como marcadores de contaminação na água (CETESB, 2009)

O parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD) representa a quantidade de oxigênio proveniente da atmosfera que se encontra dissolvido nas águas naturais. Desta forma, por ser consumido na oxidação da matéria orgânica, é utilizado para determinar o grau de poluição e a capacidade de oxidação da matéria orgânica em cursos d'água, quando se toma por base apenas a concentração deste parâmetro. (CETESB, 2009).

A temperatura desempenha importante papel de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Um destes é o Oxigênio Dissolvido, que varia, entre outros fatores, em função da temperatura e da pressão atmosférica (CETESB, 2009).

Já o Potencial Hidrogeniônico (pH) é padrão de potabilidade, devendo as

águas para abastecimento público apresentar valores entre 6,0 a 9,5, de acordo com a Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde (CETESB, 2009).

Nas estações de tratamento de águas, são várias as etapas cujo controle envolve as determinações de pH. A coagulação e a floculação que a água sofre inicialmente é um processo unitário dependente do pH. Existe uma condição denominada “pH ótimo” de coagulação, que corresponde à situação em que as partículas coloidais apresentam menor quantidade de carga eletrostática superficial.

A desinfecção pelo cloro é outro processo dependente do pH. Em meio ácido, a dissociação do ácido hipocloroso formando hipoclorito é menor, sendo o processo mais eficiente. A própria distribuição da água final é afetada pelo pH. Sabe-se que as águas ácidas são corrosivas, ao passo que as alcalinas são incrustantes (CETESB, 2009).

Em relação à concentração de sódio, deve-se levar em conta que todas as águas naturais contêm algum sódio, já que ele é um dos elementos mais abundantes na Terra e seus sais são altamente solúveis em água, encontrando-se na forma iônica ( $\text{Na}^+$ ), e nas plantas e animais, já que é um elemento ativo para os organismos vivos. (CETESB, 2009). As concentrações de sódio nas águas superficiais variam consideravelmente, dependendo das condições geológicas do local, descargas de efluentes e uso sazonal de sais em rodovias. Os valores podem estender-se de 1 mg/L ou menos até 10 mg/L ou mais em salmoura natural. Somente a concentração acima de 200 mg/L pode dar à água um gosto não aceitável (CETESB, 2009).

Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis) (CETESB, 2009).

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, a turbidez é a medida do grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, devido à presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas (areia, silte, argila), detritos orgânicos, algas, bactérias, entre outros. A turbidez

representa, de forma indireta, a quantidade de sólidos em suspensão presentes no corpo hídrico.

### **3.5.2. Estudos com dados de parâmetros de controle da qualidade da água pluvial**

Os Quadros 13, 14 e 15 apresentam alguns indicadores, parâmetros físicos, químicos e biológicos, de estudos sobre qualidade da água e seus respectivos valores. O que pode se notar é a diferença da qualidade dependendo do local-ponto do sistema em que a água foi coletada. Como foram coletados dados de algumas dissertações e teses e como em cada um contém análise da qualidade da água da chuva em várias etapas do processo de captação, a comparação dos parâmetros será feita através dos Quadros 13, 14 e 15. No Capítulo 4.4. foram apontadas algumas referências nacionais e internacionais de normas sobre aproveitamento da água da chuva e visto que somente algumas possuem índices de qualidade da água para uso não potáveis.

A qualidade das águas pluviais pode variar de acordo com a localização do sistema de coleta, com as condições meteorológicas, com a presença ou não de vegetação e com a presença de carga poluidora. Por isso, é extremamente importante a verificação da qualidade das águas pluviais e a definição do tipo de tratamento adequado a ser aplicado a essas águas para que seu uso não ofereça risco à saúde pública (MAY, 2009). No Quadro 13, são apresentados alguns resultados de caracterização de águas pluviais obtidos em diferentes pesquisas. As pesquisas citadas consideraram amostras provenientes da caracterização da chuva da região de pesquisa e após passar por uma superfície de captação.

**Quadro 13.** Parâmetros de qualidade da água da chuva antes de entrar em contato com a superfície e após passar por uma superfície de captação.

PARÂMETROS	UNIDADE	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA			ÁGUA DA CHUVA APÓS PASSAR POR SUPERFÍCIE DE CAPTAÇÃO					
		Zerbinatti (2011)	Hernandes (2006)	Hagemann (2009)	Zerbinatti (2011)			Hernandes (2006)		Hagemann (2009)
					BN	BV	FC	DD	VCF	UFSM
Alcalinidade	mgCaCo3/L	-	-	4,78	-	-	-	-	44,10	35,42
Amônia	mg/L			0,844	-	-	-	-	-	1,148
Cloretos	mg/L	-	-	3,58	-	-	-	-	4,4	4,88
Cloro Residual					-	-	-	-	-	-
Condutividade	µS/cm	35,41	-	24,60	35,44	49,37	54,90		105,30	80,40
Cor Aparente	mg Pt/L	-	5,42	5,00	-	-	-	12,50	100	12,00
Col. Termotol.					-	-	-	0		
Col. Total					-	-	-	59		
DBO	mg/L	-	-	5,80	-	-	-	-	7,0	5,20
DQO	mg/L	-		15,80	-	-	-	-	28,00	19,60
Dureza	mgCaCo3/L	-	-	3,20	-	-	-	-	52,10	39,72
<i>E. Coli</i>	NMP/100 ml	-	-	1,20	-	-	-	67%	21,00	10,60
Ferro	mg/L	-	-	0,064	-	-	-	-	N.D.	0,07
Fosfato	mg/L	-	-	0,372	-	-	-	-	0,19	0,426
Manganês	mg/L	-	-	0,02	-	-	-	-	0,06	0,0225
Nitrato	mg/L	-	-	0,788	-	-	-	-	1,03	0,788
Odor	-	-	Ausente	-	-	-	-	Ausente	-	-
OD	mg/L	10,59	-	-	6,51	9,92	7,61	-	-	-
pH	-	6,18	5,62	5,88	4,81	6,00	5,72	6,70	7,25	7,26
SDT	mg/L	-	24,00	-	-	-	-	283,90	66,50	50,60
Sólidos Totais	mg/L	24,58	-	-	14,00	26,40	27,48	-	89,25	82,40
Sulfatos	mg/L			2,14	-	-	-	-	5,10	3,80
Turbidez	NTU	14,40	5,02	7,6	36,21	41,97	23,38	132,29	14,75	20,60

Fonte: Autor



No trabalho de Zerbinatti (2011), foram comparados três tipos de cobertura: telha de barro nova (BN), telha de barro antiga (BV) e telhas de fibrocimento (FB) e os melhores resultados foram para a BN, exceto a turbidez. No estudo de Hagemann (2009) o ponto 1 - VCF (Rodovia RST 287) possui captação com reservatório de fibrocimento e captação por meio de telhas de fibrocimento, calhas de zinco e cinco reservatórios de concreto de 80 litros cada. E o ponto 2, na Universidade de Santa Maria (UFSM), a superfície de captação são telhas de cimento amianto e reservatórios de fibras de vidro. No caso de Hernandes (2006), o estudo da qualidade foi realizado em quatro pontos: dispositivo de descarte, cisterna e ponto de consumo (sem tratamento) e água precipitada.

No Quadro 14 são apresentados alguns resultados de caracterização de águas pluviais obtidos em diferentes pesquisas. Todas as pesquisas citadas consideraram amostras provenientes de reservatório de acumulação de águas pluviais.

O potencial Hidrogeniônico (pH) determina a concentração de íons  $H^+$  nas águas e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Segundo Libânio (2005), o pH influi no grau de solubilidade de várias substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo inclusive o potencial de toxicidade de vários elementos.

No Quadro 14, pode se observar a variação dos resultados obtidos nas diferentes pesquisas. Esses resultados comprovam que a qualidade das águas pluviais pode variar de acordo com o local onde a chuva ocorre. Pode ser observar uma grande variação do pH nos trabalhos apresentados. Sobral (1996) relata que em análises de águas pluviais realizadas na cidade de São Paulo no período de 1984 a 1990 foram obtidos, como parâmetros de pH, valores entre 4,2 e 4,5.

Nas águas pluviais, a caracterização do pH é extremamente importante para a verificação da acidez da água. A acidez das águas pluviais pode causar corrosão de peças e equipamentos no sistema de coleta, tratamento e distribuição das águas pluviais.

**Quadro 14.** Parâmetros de qualidade para água da chuva no reservatório de acumulação.

PARÂMETROS	UNIDADE	PARÂMETROS DE QUALIDADE PARA ÁGUA DA CHUVA NO RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO											
		<i>Hernandes (2006)</i>	<i>May (2009)</i>	<i>Neto (2011)</i>	<i>Paiva (1994)</i>	<i>Rocha (1988)</i>	<i>Fornaro (2000)</i>	<i>Adhityan (1999)</i>	<i>Appan (1999)</i>	<i>Fonini (2004)</i>	<i>Philippi (2005)</i>	<i>McCarton (2009)</i>	<i>Vialle (2010)</i>
<b>Amônia (NH<sub>3</sub>)</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	-
<b>Alcalinidade</b>	mg/L	-	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cálcio</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,32	4,40
<b>Chumbo</b>	mg/L	-	5,3		22,40	25,0	10,00	-	-	-	-	5,74	-
<b>Condutividade</b>	µS/cm	-	54,50	41,00	-	-	-	-	-	-	-	-	56,20
<b>Cor Aparente</b>	mg Pt/L	3,13	25,20	-	-	-	-	8,70	-	-	37,10	-	18
<b>Col. Termotol.</b>	UFC/ 100ml	0	Presença	NR	-	-	-	92,0	7,80	-	23,90	-	-
<b>Col. Total</b>		19	54,00*	-	-	-	-	6,70	-	70,00	-	217	96
<b>(DBO<sub>5</sub>)</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<30
<b>DQO</b>	mg/L	-	-	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	<3,0
<b>Dureza</b>	mg/L	-	-	11,00	-	-	-	0,10	-	19,30	-	-	0,16
<b>E. Coli</b>	NMP/ 100 ml	35%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39	1
<b>Ferro Total</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,66	
<b>Fosfato</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27
<b>Fósforo Total</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,1
<b>Magnésio</b>	mg/L	-	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27
<b>Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,14	2,40
<b>Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-
<b>Nitrogênio Total</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,70
<b>Odor</b>	-	Ausente	Ausente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>pH</b>	-	7,78	6,70	7,20	4,50	5,20	4,7	4,1	4,1	7,7	7,9	7,24	6,5
<b>Sódio</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,15	1,20
<b>SDT</b>	mg/L	45,75	19,00	45	-	-	-	19,50	-	-	-	84,63	-
<b>SST</b>	mg/L	-	1,0	-	-	-	-	9,10	9,0	12,50	2,50	-	-
<b>Sólidos Totais</b>	mg/L	-	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sulfatos</b>	mg/L	-	5,60	-	38,70	21,00	16,00	-	-	-	-	8,66	1,9
<b>Turbidez</b>	NTU	2,46	0,90	2,23	-	-	-	4,6	5,10	1,7	-	1,1	2,0

Fonte: Autor

Os valores do parâmetro cor encontrado em Philippi (2005) indicaram grande concentração devido à presença de substâncias dissolvidas nas águas pluviais. Já o parâmetro turbidez, indicado pela presença de partículas suspensas na água, apresentou valores relativamente baixos, com exceção do valor encontrado por Adhityan (1999), de 4,6 UNT e por Appan (1999), de 5,1 UNT. No estudo de Fonini, Fernandes e Pizzo (2004) e de May (2004) foram encontrados valores de 1,7 e 0,9, respectivamente. A turbidez das águas pluviais coletadas de telhados tende a ser mais alta nos primeiros instantes de chuva. Isso ocorre porque, sob o telhado, há presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas e detritos orgânicos, algas, bactérias, etc.

De modo geral, os resultados dos parâmetros de cálcio, magnésio e dureza apresentaram-se relativamente baixos, indicando que as águas pluviais apresentam concentração de dureza branda ou mole. Essa baixa concentração indica que as águas pluviais apresentam baixa possibilidade de incrustações.

As concentrações de sulfato em águas naturais podem abranger uma faixa de 2 a 80 mg/L, podendo, em áreas próximas a descargas industriais ou áreas áridas, onde sulfatos minerais como gesso estão presentes, ultrapassar 1.000 mg/L. Em águas para abastecimento industrial, o sulfato provoca incrustações em caldeiras e trocadores de calor. Verifica-se que, nos resultados apresentados na tabela 21, o parâmetro sulfato apresentou-se baixo em todas as pesquisas. Esses valores demonstram o grande potencial do uso de águas pluviais em torres de resfriamento ou em trocadores de calor.

No Quadro 15 pode ser observada a diferença das qualidades da água com e sem tratamento, sendo que o único trabalho sem tratamento foi de Hernandes (2006). O trabalho da May (2009) utilizou como tratamento filtro de areia rápido de pressão com escoamento ascendente e desinfecção com hipoclorito de sódio. Já o sistema de estudo de Neto (2011) consiste em UPT (Unidade Piloto de Tratamento), captação com 150 m<sup>2</sup> (telhado – não descrito o material da cobertura), dois reservatórios de 3.000 litros (R1 e R2), dois filtros lentos (F1 e F2), uma unidade de desinfecção, um reservatório de armazenamento de 1.000 litros (R3) e dois reservatórios de distribuição de 5.000 litros (R4 e R5).

**Quadro 15.** Parâmetros de qualidade para água pluvial com tratamento.

PARÂMETROS	UNIDADE	PARÂMETROS DE QUALIDADE PARA ÁGUA PLUVIAL COM TRATAMENTO.		
		<i>Hernandes (2006)*</i>	<i>May (2009)</i>	<i>Neto (2011)</i>
Cloro Residual	mg/L	-	0,80	-
Condutividade	µS/cm	-	39,80	NR
Cor Aparente	mg Pt/L	3,13	8,20	-
Col. Termotol.	UFC/100ml	0	Ausente	NR
Col. Total		2,83	Ausente	-
DQO	mg/L	-	-	27,00
Dureza	mgCaCo3/L	-	-	11,00
<i>E. Coli</i>	NMP/100 ml	15%	-	Ausente
Odor	-	Ausente	Ausente	-
pH	-	7,28	6,50	6,80
SDT	mg/L	35,55	--	NR
SST	mg/L	-	-	46,00
Turbidez	NTU	1,55	0,80	1,19

\*Sem tratamento (somente análise no ponto de uso)

Fonte: Autor

### 3.6. Tratamentos para água da chuva para diversos usos

De maneira geral, com os riscos de contaminação por microrganismos e substâncias químicas diversas, as águas pluviais requerem algum tratamento para serem utilizadas. O nível de tratamento a ser empregado depende principalmente do uso pretendido (potável ou não potável) e da qualidade da água bruta captada (HELMREICH, 2009).

Tecnologias como a filtração lenta e a cloração são métodos tradicionais de baixo custo empregados há décadas com êxito na melhoria da qualidade bacteriológica da água para abastecimento público (FEWSTER, 2004; DRYDEN, 2009; KARON, 2010).

De acordo com a ANA (2005), considerando os usos não potáveis mais comuns em edifícios, são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou radiação ultravioleta. Eventualmente, podem-se utilizar sistemas mais complexos que proporcionem níveis de qualidade mais elevados. O tratamento da água da chuva depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. Para um tratamento simples, podem ser utilizadas sedimentação natural, filtração simples e cloração. Podem-se utilizar também tratamentos complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa.

Para a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), os tratamentos da água são divididos em três categorias: tratamento avançado, tratamento convencional e tratamento simplificado. Depois da caracterização da qualidade da água bruta e da escolha do uso da água proveniente do aproveitamento pluvial, pode se escolher um dos tratamentos.

- Tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir a água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;
- Tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;
- Tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

Segundo a ANA (2005), são recomendados tratamentos de acordo com os usos potenciais para as atividades domésticas, considerando a utilização do aproveitamento pluvial como fonte alternativa. Ressalta-se que são apenas recomendações, ou seja, para cada implantação do sistema, é necessário avaliar a qualidade da água para determinação do tratamento mais apropriado. Os sistemas de tratamento recomendados estão descritos no Quadro 16.

**Quadro 16.** Sugestões para o tratamento da água da chuva devido ao uso.

<b>Usos Potenciais</b>	<b>Tratamento para Aproveitamento Pluvial</b>
<b>Lavagem de roupas</b>	Sistema Físico – Gradeamento
<b>Descarga das bacias sanitárias</b>	Sistema Físico – Sedimentação e filtração simples
<b>Limpeza de pisos</b>	por meio de decantador e filtro de areia
<b>Irrigação e rega de jardins</b>	Desinfecção
<b>Lavagem de veículos</b>	Correção do pH
<b>Uso ornamental</b>	

Fonte: FIESP (2006).

Para o Guia e Potencial para o Aproveitamento Pluvial do Texas (*Rainwater Harvesting Potential and Guidelines for Texas*), uma série de medidas podem ser tomadas para ajudar a garantir o sucesso do uso da água da chuva para fins não potáveis. Por exemplo, deve haver um dispositivo que impeça que galho de árvore e vegetação entrem no sistema para que não haja o entupimento dos condutores e não contaminem a água ao longo do processo (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010).

Para as impurezas presentes na superfície de captação, tais como poeira e excrementos de pássaros ou poluição atmosférica, esse mesmo manual recomenda que para minimizar a entrada desta água no sistema, deve ser descartado os primeiros milímetros de chuva. Como uma regra geral, a primeira descarga deve ser capaz de desviar de pelo menos 100 litros por 1.000 metros quadrados de área de telhado.

O passo seguinte no processo de tratamento é a filtração da água para remover partículas finas. O nível de filtração e desinfecção requerido para a água da chuva depende da qualidade da água captada e da finalidade para a qual ela será utilizada. Além da filtração, a água da chuva para utilização não potável deve ser submetida à desinfecção para remoção de microrganismos. Basicamente, os

tratamentos empregados para usos não potáveis são o descarte da primeira chuva, filtração e desinfecção.

### **3.6.1. Descarte da água de limpeza do telhado e gradeamento**

A norma E2727 (ASTM, 2010) recomenda que a água do aproveitamento pluvial antes de chegar ao reservatório passe por uma telha de, no mínimo, oito milímetros para que detritos e folhas não entrem na água do sistema que será aproveitada e mais uma tela de um milímetro para retenção de insetos de malha de aço. Após a passagem desta água, deve ser feito o descarte dos primeiros milímetros de chuva (*first flush*) para posterior aproveitamento.

A água da chuva, dependendo da região onde for coletada, pode ter diversas substâncias químicas dissolvidas e material particulado, em maior ou menor proporção. Entretanto, a eliminação dos primeiros milímetros de precipitação, geralmente melhora a qualidade da água significativamente (ANDRADE NETO, 2003).

Há alguma evidência de que a primeira descarga de água em um evento de chuva lava a superfície de captação do telhado e, portanto, pode conter quantidades maiores do que a média de poeira acumulada e fezes de aves e de outros animais, assim como folhas e outros detritos. (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010). Coombes (2002) mostrou que, para um pequeno telhado, existe uma melhora na qualidade da água dos primeiros cinco litros de água precipitados.

Embora novos estudos sejam necessários para determinar a eficácia da descarga dos primeiros milímetros precipitados na redução da contaminação química e microbiana, em todas as áreas da Austrália (por exemplo, em zonas temperadas, subtropicais e tropicais), existe a instalação de dispositivos simples projetados para minimizar a contaminação da água que irá para o reservatório. Para uma média de descarte, sugere-se que os primeiros 20 a 25 litros sejam desviados ou descartados (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010).

Os primeiros dispositivos de descarga devem ser considerados como uma barreira adicional para reduzir a contaminação e não devem ser usado para substituir as atividades normais de manutenção criadas para manter captação dos telhados razoavelmente limpa (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010). O

reservatório de descarte dos primeiros milímetros de chuva deve estar vazio quando a chuva começar. Se ainda estiver com água, é possível que uma parcela da água que deveria ser desviada entre no sistema (op. cit.).

### 3.6.2. Filtração

Os filtros de areia são efetivos para a retenção de materiais sólidos em suspensão, como algas, outros materiais orgânicos, areias finas e partículas de silte (DASBERG; BRESSLER, 1985). Segundo Libânio (2005), a filtração tem por função principal a remoção das partículas responsáveis pela turbidez, cuja presença reduz a eficiência da desinfecção na inativação nos microrganismos patogênicos.

Para o Guia e Potencial para o Aproveitamento Pluvial do Texas (*Rainwater Harvesting Potential and Guidelines for Texas*), a filtração pode ser realizada com filtros de areia. Recomenda que, para garantir o fluxo adequado e a pressão do fornecimento de água, os filtros devem ser dimensionados em relação à utilização pretendida. Um número de diferentes filtros pode ser usado para fornecer a remoção necessária para usos não potáveis. Em geral, um filtro de cinco micra é suficiente para usos não potáveis (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010).

Além da granulometria do meio filtrante, outros fatores são determinantes para escolha do filtro, como a espessura da camada filtrante, a vazão e a pressão que a água exerce sobre a superfície da areia, assim como o processo de retrolavagem do filtro. Esses fatores afetam a eficiência de remoção das partículas. Para Vermerein e Jobling (1984), a altura da camada filtrante dentro do filtro não deve exceder de 0,5 a 1,0 m, de forma a impedir, após a retrolavagem, a formação de espaços com agregados de maior tamanho, reduzindo a eficiência de remoção das impurezas do filtro.

Um sistema de aproveitamento pluvial com filtração fornece uma qualidade adequada para usos em descargas sanitárias, lavagem de roupas, irrigação e usos ornamentais. A filtração deve ser incorporada ao sistema de aproveitamento pluvial antes do reservatório principal de distribuição para evitar que detritos se acumulem neste mesmo reservatório. (BSI, 2009)

O Código de boas práticas BS 8512 (BSI, 2009) recomenda que, quando existe a utilização do filtro como um dos componentes do sistema de aproveitamento



pluvial, o filtro deve ser: resistente a intempéries; que possa ser removido facilmente para manutenção; que tenha uma eficiência de pelo menos 90%; e que passe um tamanho máximo de partículas de 1,25 milímetros.

### 3.6.3. Desinfecção

Segundo Libânio (2005), a desinfecção das águas destinadas ao consumo humano pode ser realizada basicamente por dois grupos: agentes químicos e agentes físicos. A desinfecção química pode ser por compostos com potencial de oxidação como cloro, dióxido de cloro e ozônio. A desinfecção física, por sua vez, pode ser realizada com radiação ultravioleta (UV), radiação gama e radiação solar.

Para o Guia e Potencial para o Aproveitamento Pluvial do Texas (*Rainwater Harvesting Potencial and Guidelines for Texas*), a desinfecção para usos não potáveis é desejável para controlar crescimento dos microrganismos patogênicos. A desinfecção pode ser realizada pela passagem da água por meio de luz ultravioleta ou por tratamento com cloro. A sugestão do guia é a utilização de um dosador antes de chegar ao reservatório de distribuição e uma taxa de 60 gramas por cada 3,5 m<sup>3</sup> de água para atingir a desinfecção (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010).

O Código de boas práticas BS 8512 recomenda que, após a água do aproveitamento pluvial passar pelo tratamento de filtração e ainda não se encontrar adequado para o uso seguro, o sistema pode incorporar processos de tratamento de desinfecção como a luz ultravioleta ou de desinfecção química (BSI, 2009).

O guia australiano intitulado Guia para Uso de Reservatórios para Aproveitamento Pluvial (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010) recomenda três métodos para desinfecção das águas pluviais: cloração, radiação UV e fervura. Esta última não será aplicada, pois é considerado um tratamento para usos potáveis.

A cloração é eficaz contra bactérias nocivas e muitos vírus, mas tem efeito limitado contra *Cyptosporidium*. O método também pode remover os odores da água da chuva através da oxidação de substâncias químicas. A quantidade de cloro adicionado à água, que reage com a matéria orgânica e outras impurezas, irá depender das concentrações dessas impurezas (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010).

Para alcançar uma desinfecção eficaz, é necessário adicionar cloro suficiente para fornecer pelo menos 0,5 miligramas por litro de cloro residual livre, após um tempo de contato de 30 minutos. Isto pode ser medido usando um kit de teste de cloro. Por exemplo, um kit de piscina. (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010),

Como orientação geral, o Guia para Uso de Reservatórios para Aproveitamento Pluvial recomenda a adição de 40 ml de hipoclorito de sódio líquido (12,5% de cloro) para 1000 litros de água ou 7 g de hipoclorito de cálcio granular (75% de cloro) para 1000 litros de água. Este procedimento irá proporcionar uma garantia razoável de efetiva desinfecção. Ambos os métodos proporcionam dosagens de cloro residual de cerca de 5 mg/L.

Já a irradiação com luz ultravioleta pode ser utilizada para proporcionar uma garantia de qualidade da água contínua. Sistemas de iluminação de UV requerem relativamente pouca manutenção e têm a vantagem de não envolver a adição de produtos químicos. A luz UV pode ser instalada na tubulação do fornecimento de água do reservatório de distribuição. É importante notar que as doses de UV típicas para uso não água potável fornecem tratamento para inativação dos vírus. Se a irradiação de luz UV é usada, é importante que a instalação do sistema utilize um sensor que indica quando o dispositivo está operando ou não, tendo em vista que as lâmpadas UV têm uma vida útil limitada de nove a doze meses (COMMONWEALTH AND ENHEALTH, 2010).

#### **3.6.4. Parâmetros de controle de qualidade da água**

Por meio de três capítulos, foi possível correlacionar as legislações existentes com os dados de qualidade sobre o aproveitamento pluvial e os tratamentos para este sistema e sugerir um modelo de controle da qualidade com parâmetros físicos, químicos e biológicos e tempo de análise. Os valores dos parâmetros foram escolhidos em relação aos guias estudados e as correlações entre os parâmetros destes mesmos guias continham:

- Marcos legais sobre aproveitamento pluvial e qualidade da água da chuva;
- Qualidade da água pluvial;
- Tratamentos para água da chuva para diversos usos presentes nesta dissertação;

O Quadro 17 contempla o resumo dos parâmetros de controle de qualidade encontrados nas normas e guias nacionais e internacionais. Este quadro é dividido em usos internos e usos externos, sendo considerado que quando existe contato com o usuário deve se utilizar a coluna I, sendo a coluna II para usos externos sem contato com o usuário.

**Quadro 17.** Parâmetros de controle de qualidade para o aproveitamento pluvial.

PARÂMETROS	VALORES		ANÁLISE
	I	II	
<i>Col. Termotolerantes</i>	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml	Semestral
<i>Coliformes totais</i>	Ausência em 100 ml	10 NFU/100 ml	Semestral
<i>Cloro residual livre</i>	< 0,50 mg/	< 2,00 mg/L	Anual
<i>Cor Aparente</i>	< 15,00 uH	< 15,00 uH	Anual
<i>DBO</i>	≥10 mg/L	≥10 mg/L	Semestral
<i>E. coli</i>	1 NFU/100 ml	250 NFU/100 ml	Semestral
<i>OD no reservatório</i>	> 1,0 mg/L O <sub>2</sub>	> 1,0 mg/L O <sub>2</sub>	Semestral
<i>pH</i>	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	Anual
<i>Sódio</i>	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml	Semestral
<i>Sólidos Suspensos</i>	Visualmente Clara	Visualmente Clara	Semestral
<i>Turbidez</i>	<5,0 NTU	<2,0 NTU	Anual

*Legenda:*  
*Coliformes Termotolerantes - E2727, NBR 15527.*  
*Coliformes totais - E2727, NBR 15527.*  
*Cloro residual livre - BS 8215.*  
*Cor Aparente - BS 8215.*  
*DBO - E2727.*  
*E. coli - E2727, NBR 15527.*  
*OD no reservatório - BS 8215.*  
*pH - NBR 15527, E2727 e BS 8215.*  
*Sódio - E2727.*  
*Sólidos Suspensos - BS 8215.*  
*Turbidez - E2727 e BS 8215.*

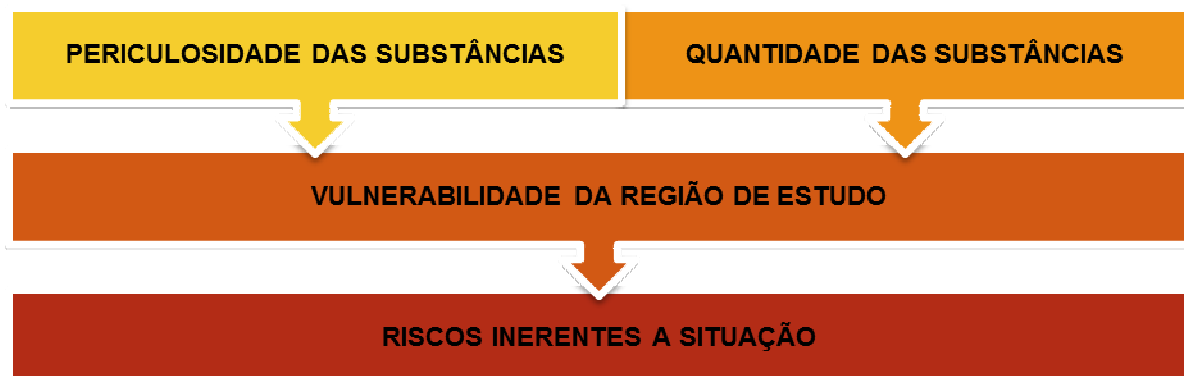
Fonte: Autor

### 3.7. Análise de Risco para o Aproveitamento Pluvial

A norma P4 261: Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência (CETESB, 2011), foi elaborada para análise de risco das instalações industriais. A partir dela, iniciou-se o estudo adaptado para aproveitamento pluvial nas edificações. A norma define que:

*“O risco de uma instalação industrial para a comunidade e para o meio ambiente, circunvizinha e externa aos limites de empreendimento, está diretamente associado às características das substâncias químicas manipuladas, suas respectivas quantidades e a vulnerabilidade da região onde a instalação esta ou será localizada” (CETESB, 2011).*

O princípio da metodologia para o critério de escolha dos fatores que influenciam no estudo de análise de risco é representado pelo diagrama da Figura 5.



**Figura 5.** Fatores que influenciam os estudos de análise de riscos (adaptado). (CETESB 2011)

Para o aproveitamento pluvial, os fatores de influência da análise de risco serão considerados da seguinte maneira: a periculosidade e quantidade das substâncias serão tanto os parâmetros de qualidade da água como as substâncias de tratamento que poderão ser utilizadas; a vulnerabilidade da região de estudo está relacionada com as características climáticas e pluviométricas da região; e os riscos inerentes serão os riscos possíveis para a implantação do aproveitamento pluvial em edificações.

A Figura 6 descreve três fases que podem ser pensadas quando se pretende elaborar uma análise de risco para o uso da água potável. Ela é baseada no Plano de Segurança da Água – PSA, que é uma orientação publicada em 2004 como parte da terceira edição dos guias da OMS para qualidade da água para consumo humano, no contexto da saúde pública, com resultados esperados em saúde e que permitem a avaliação e gestão dos riscos de forma sistematizada.

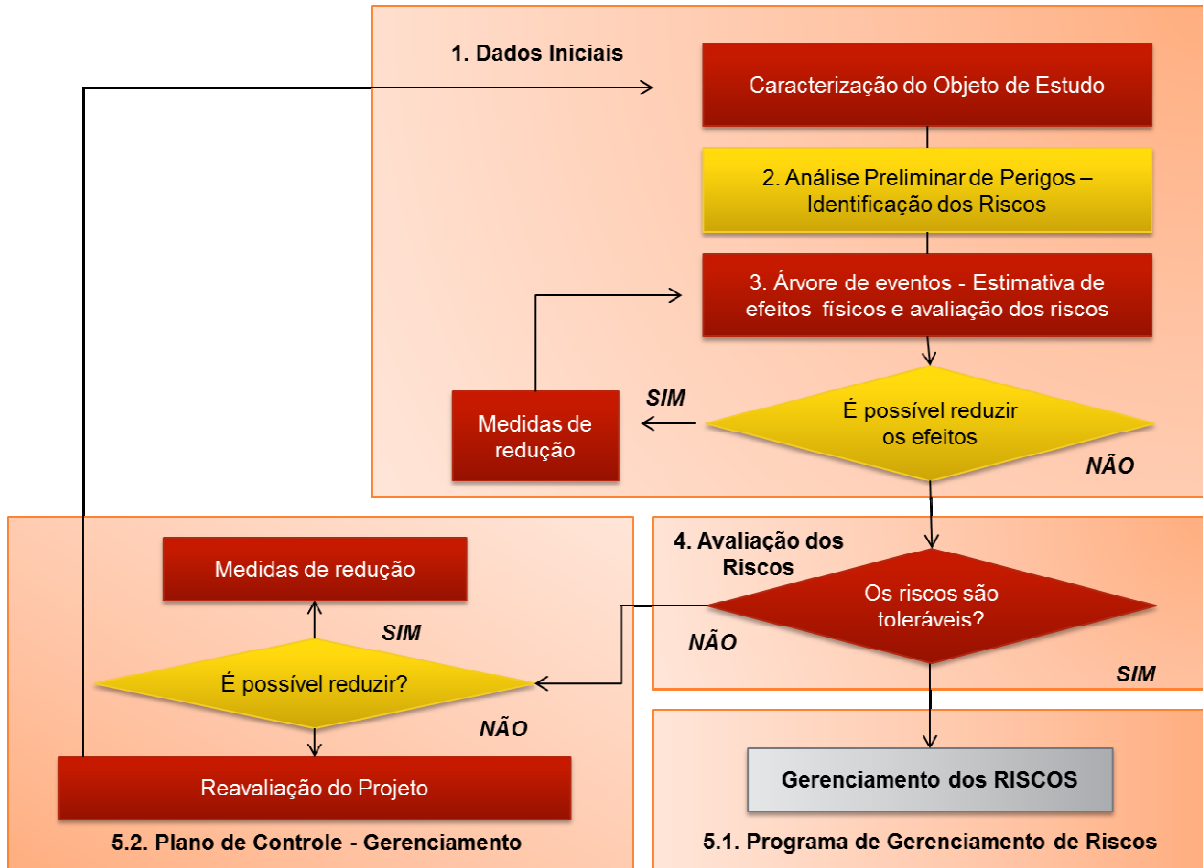


**Figura 6.** Objetivos do Plano de Segurança da água (adaptado). (BASTOS, 2010)

Mesmo que o Plano de segurança de água tenha sido elaborado para água potável é possível usar esses mesmo objetivos para o uso não potável. O primeiro objetivo é minimizar as fontes de contaminação; no caso do aproveitamento pluvial, isso pode ser utilizado escolhendo a superfície de captação e os materiais que serão utilizados dessas superfícies. O segundo objetivo é eliminar a contaminação durante o processo de tratamento; isso pode ocorrer se na edificação existir outra fonte de reuso ou quando uma das partes do sistema falhar ou existir interferência externa durante o tratamento. E o terceiro objetivo é prevenir a contaminação durante o armazenamento e distribuição; e isso é possível quando o tratamento não for eficiente ou algum ponto do sistema falhar.

Um dos objetos do estudo da análise de risco é um maior entendimento dos fatores que podem influenciar a escolha do uso do sistema e dos riscos inerentes do sistema. Para a base da análise de risco, será utilizada a norma técnica CETESB P4 261: Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência (CETESB, 2011). A Figura 7 exemplifica as possíveis etapas para um estudo de Análise de Riscos.

O estudo da Análise de Riscos tem algumas etapas que podem ser seguidas durante seu processo de elaboração. Segundo o manual da CETESB (2011), cada uma consiste em um ponto importante para o desenvolvimento e descoberta dos riscos possíveis do objeto de estudo.



**Figura 7.** EAR no objeto de estudo (SCABBIA, 2004)

Neste capítulo, não serão abordadas todas as etapas de um estudo de análise de risco, pois para a presente dissertação o estudo do aproveitamento pluvial será baseado na análise preliminar de perigos. Assim, após a finalização da APP, o próximo passo para continuação do estudo seria a estimativa dos efeitos físicos e a avaliação dos riscos apresentados na APP.

### 3.7.1. Caracterização da região do estudo e objeto de estudo

A primeira etapa da análise de risco é a caracterização do ambiente de trabalho, ou do empreendimento e da região onde será localizado o estudo de caso. Este item consiste na escolha do tipo de edificação em que será implantado o

estudo da análise de risco, assim como o local onde ela se encontra, e quais os pontos dentro da edificação que serão estudados, bem como suas condições de operação.

Adaptando-se procedimento de caracterização de Scabbia (2004), a caracterização engloba dados relativos à localização, tipo e configuração física do empreendimento, condições ambientais, interface com outros sistemas, descrição do processo de utilização e rotinas operacionais.

### **3.7.2. Análise Preliminar de Perigos – Identificação dos riscos**

A segunda etapa é a identificação dos perigos e consolidação das hipóteses acidentais. Neste caso, segundo o manual da CETESB (2011), a identificação de perigos consiste na aplicação de técnicas estruturadas para a identificação das possíveis sequências de acidentes a fim de definir os cenários acidentais a serem estudados de forma detalhada.

Assim, a Análise Preliminar de Perigos – APP é uma técnica qualitativa cujo objetivo consiste na identificação dos cenários de acidente possíveis em uma dada instalação, classificando-os de acordo com categorias pré-estabelecidas de frequência de ocorrência e de severidade, propondo medidas para redução dos riscos da instalação, quando julgadas necessárias.

A APP não impede que seja realizada outra avaliação de risco; ao contrário, ela é a precursora para uma análise de risco quantitativa subsequente, quando necessária. Assim, enquanto o projeto se desenvolve, os perigos principais podem ser eliminados, minimizados ou controlados.

O objetivo principal desse método é identificar os possíveis perigos que possam ocorrer em uma instalação industrial, numa fase preliminar do projeto e, com isso, economizar tempo e gastos no eventual replanejamento. Também é possível aplicar este procedimento para fazer avaliações rápidas dos perigos e direcionar a aplicação de técnicas de identificação de perigos mais detalhadas e que serão aplicadas em fases posteriores da vida útil da instalação.

Araújo (2000) define a APP como uma técnica estruturada que tem por objetivo identificar os perigos presentes em uma instalação, que podem ser

ocasionados por eventos indesejáveis. Segundo Scabbia (2004), esta análise deve focar todos os eventos perigosos cujas falhas tenham origem na instalação em estudo, contemplando tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, de instrumentos e materiais, assim como de erros humanos.

No Quadro 18 observa-se que os métodos têm duas finalidades: a identificação dos perigos e a identificação de oportunidades para reduzir as consequências. No caso do aproveitamento pluvial, como o objetivo da pesquisa é o conhecimento dos perigos do aproveitamento pluvial, foi utilizada a Análise Preliminar de Perigos. Foi utilizado, também, como conhecimento inicial para mapeamento dos riscos, o diagrama de Ishikawa, que auxiliou nos pontos possíveis para escolha dos eventos perigosos.

**Quadro 18.** Métodos qualitativos para análise de risco.

Passos do processo de avaliação de perigos	Análise da árvore de falhas	Análise da árvore de eventos	Análise de operabilidade e perigo – HAZOP	Análise Preliminar de Perigos
<i>Identificar perigos</i>	Análise superficial	Análise superficial	Não aplicável	<b>Principal finalidade</b>
<i>Identificar oportunidades para reduzir consequências</i>	Não aplicável	Não aplicável	Finalidade Complementar	Análise superficial

Fonte: Amorim (1991 apud SCABBIA, 2004)

Para elaboração da matriz propriamente dita, a P4 261 (CETESB, 2011) exemplifica um cabeçalho padrão para o estudo da Análise Preliminar de Perigos como mostra a Figura 8. Ele é separado em sete colunas que relacionam o evento perigo, a causa deste perigo, os efeitos que eles podem provocar, a frequência, a severidade, a categoria de risco e, por fim, as medidas preventivas e mitigadoras que podem ser realizadas para o evento perigoso.

<i>Evento Perigoso</i>	<i>Causas</i>	<i>Efeitos</i>	<i>Frequência</i>	<i>Severidade</i>	<i>Categoria de Risco</i>	<i>Medidas Preventivas / Mitigadoras</i>
------------------------	---------------	----------------	-------------------	-------------------	---------------------------	------------------------------------------

**Figura 8.** Cabeçalho da APP. Fonte: CETESB, 2011.

A coluna referente ao evento deve conter os perigos identificados para o sistema em estudo, ou seja, eventos que podem causar danos às instalações, aos funcionários e ao meio ambiente. As causas básicas de cada perigo são



discriminadas nesta segunda coluna; elas podem envolver tanto falhas intrínsecas de equipamentos, como erros humanos de operação e manutenção. Os efeitos são o resultado de uma ou mais causas. Nessa coluna, são identificados os efeitos danosos de cada perigo.

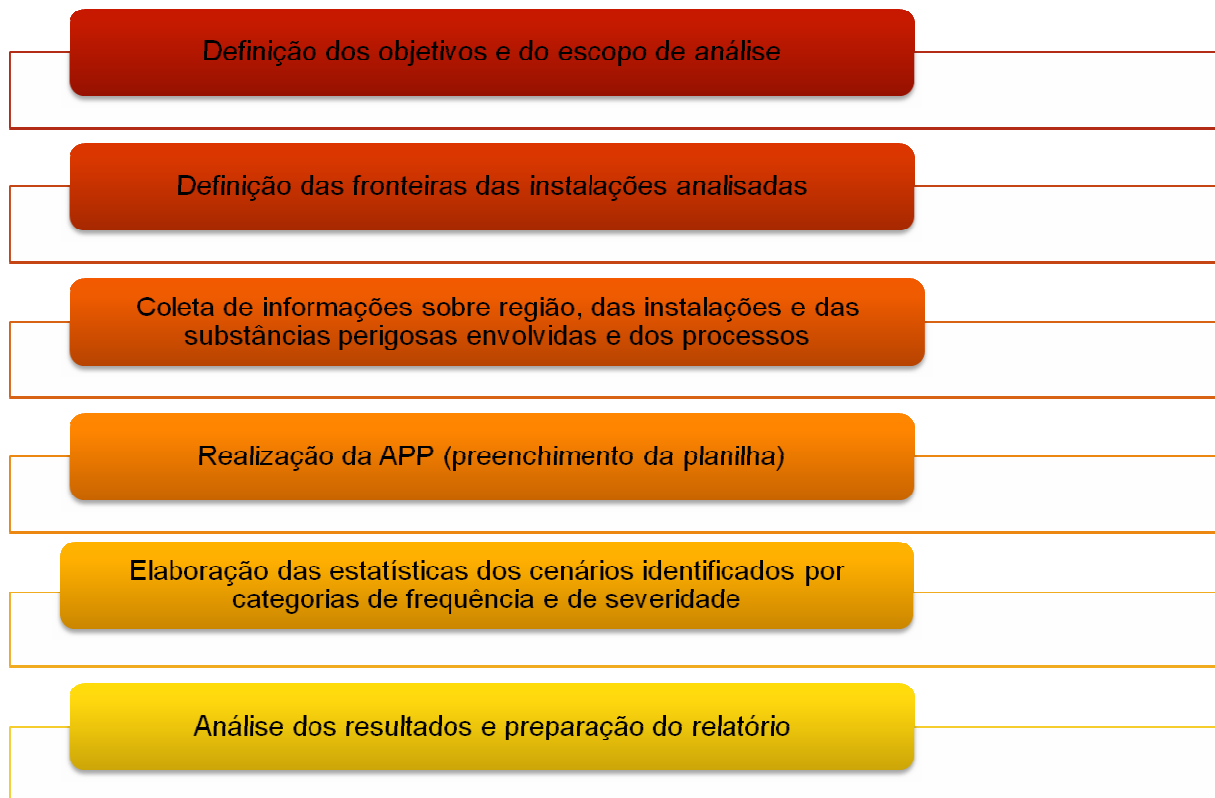
A frequência é quantidade de vezes que o evento pode ocorrer. Neste caso, é a ocorrência descrita nos quadros 19, 20 e 21, que pode variar de “quase certo” a “raro”. Um cenário de acidente é definido como o conjunto formado pelo perigo identificado, suas causas e cada um dos seus efeitos. E a categoria de severidade fornece uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências dos cenários identificados; é a consequência descrita nos quadros 18, 19 e 20, que pode variar de “insignificante” a “muito grave”.

Já o valor de risco é a determinação qualitativa do risco e é efetuado através da combinação de pares ordenados formado pela categorização da frequência e da severidade do evento, gerando uma matriz de riscos descritos nos quadros 23 e 24. E a coluna relativa às medidas preventivas e mitigadoras, contém as medidas de proteção sugeridas após a finalização das outras colunas que podem ser utilizadas para evitar ou minimizar o evento indesejável e suas consequências.

A caracterização dos riscos pode ser realizada com vários graus de detalhamento, dependendo do risco, da finalidade da análise, das informações, dos dados e dos recursos disponíveis (PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA, 2012).

Na Figura 09, estão detalhadas as seis etapas que a APP pode conter. O primeiro passo, ao se iniciar a análise, é definição dos objetivos e qual o escopo a ser seguido. A definição das fronteiras das instalações é a caracterização do entorno do sistema. Depois, pode ser realizada a coleta de informações pertinentes que envolvem o processo e, com esses dados, montar a matriz para realização da Análise Preliminar de Perigos.

A caracterização dos riscos pode ser conduzida utilizando-se técnicas qualitativas, semiquantitativas, semiquantitativas e/ou quantitativas do risco ou a combinação delas, dependendo das circunstâncias de exposição dos indivíduos e das populações aos perigos (AS/NZS, 2004).



**Figura 9.** Sequência para análise preliminar de perigos. Fonte: Adaptado APP - Análise Preliminar de Perigos Base Portuária do E&P no Espírito Santo – PETROBRAS S./A.

**Quadro 19.** Matriz qualitativa de priorização de riscos.

Ocorrência	Consequência				
	Insignificante	Baixa	Moderada	Grave	Muito Grave
Quase certo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Muito alto
Muito frequente	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Muito alto
Frequente	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Pouco frequente	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Raro	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto

**Legenda:**  
Muito Alto: risco extremo e não tolerável; necessidade de ação imediata;  
Alto: risco alto e não tolerável; necessidade de especial atenção;  
Médio: risco moderado; necessidade de atenção;  
Baixo: risco baixo e tolerável, controlável por meio de procedimentos de rotina.

Fonte: Adaptado de AS/NZS (2004 apud PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA, 2012).

A técnica qualitativa expressa a probabilidade de ocorrência e a intensidade das consequências de determinado risco, conforme o Quadro 19. É possível

construir a Matriz de Priorização Qualitativa de Risco cruzando-se os níveis de probabilidade de ocorrência e facilitando, dessa forma, a hierarquização dos riscos.

**Quadro 20.** Matriz semiquantitativa de priorização de riscos

Ocorrência	Consequência				
	<i>Insignificante</i> Peso 1	<i>Baixa</i> Peso 2	<i>Moderada</i> Peso 4	<i>Grave</i> Peso 8	<i>Muito Grave</i> Peso 16
<i>Peso 5</i> <i>Muito Frequente</i>	5	10	20	40	80
<i>Peso 4</i> <i>Frequente</i>	4	8	16	32	64
<i>Peso 3</i> <i>Pouco Frequente</i>	3	6	12	24	48
<i>Peso 2</i> <i>Raro</i>	2	4	8	16	32
<i>Peso 1</i>	1	2	4	8	16

**Legenda:**  
Muito Alto > 32: risco extremo é não tolerável; necessidade de adoção imediata de medidas de controle e/ou ações de gestão ou de intervenção física, a médio e longo prazo, sendo necessário, quando couber, o estabelecimento de limites críticos e monitoramento dos perigos para cada ponto identificado.  
Alto - 16 a 24: risco alto é não tolerável; necessidade de adoção de medidas de controle e/ou ações de gestão ou de intervenção física, a médio e longo prazo, sendo necessário, quando couber, o estabelecimento de limites críticos e sendo necessário, quando couber, o estabelecimento de limites críticos e monitoramento dos perigos para cada ponto identificado.  
Médio - 8 a 12: risco moderado; necessidade de adoção de medidas de controle e/ou ações de gestão ou de intervenção física, a médios e longos prazos, sendo necessário, quando couber, o estabelecimento de limites críticos e monitoramento dos perigos para cada ponto identificado.  
Baixo < 8: risco baixo, tolerável, sendo controlável por meio de procedimentos de rotina, não constituindo prioridade.

Fonte: Adaptado de AS/NZS (2004 APUD PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA, 2012).

A técnica semiquantitativa, por sua vez, atribui valores numéricos às probabilidades e consequências de forma que de seu cruzamento resulte em um valor numérico. A priorização de riscos é determinada após a classificação de cada perigo com base em escalas (de 1 a 5). Essas pontuações são obtidas por meio do cruzamento da escala de probabilidade de ocorrência (linhas) com a escala de severidade das consequências (colunas), conforme o Quadro 20.

O Quadro 21 mostra um exemplo da probabilidade de ocorrência e de consequência dos riscos para o abastecimento da água potável. Neste caso, a matriz é semiquantitativa, pois correlacionam consequências qualitativas com níveis de ocorrências quantitativas. É possível, após considerar os perigos através da APP,

relacionar as ocorrências e consequências desses perigos por meio desses três quadros, fazendo adaptações necessárias.

**Quadro 21.** Probabilidade de ocorrência e de consequência dos riscos.

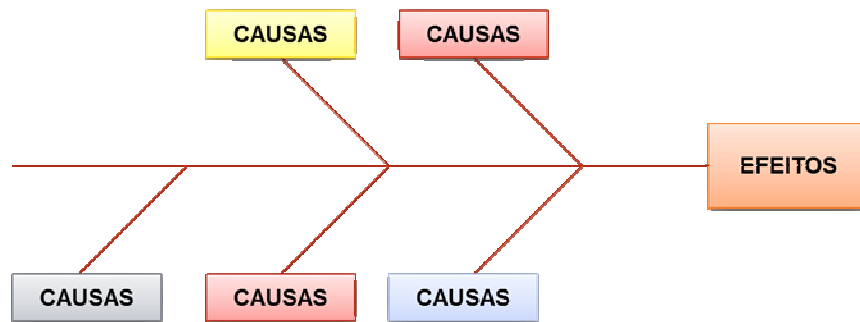
Consequência			Ocorrência		
Nível	Descritor	Descrição das consequências	Nível	Descritor	Descrição da probabilidade de ocorrência
1	Insignificante	Sem impacto detectável	16	Quase certo	Frequência diária ou semanal
2	Baixa	Pequeno impacto sobre a qualidade estética ou organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	8	Muito frequente	Frequência mensal ou mais espaçada
3	Moderada	Elevado impacto estético e/ou com risco potencial à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	4	Frequente	Frequência anual ou mais espaçada
4	Grave	Potencial impacto à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	2	Pouco frequente	A cada 5-10 anos
5	Muito grave	Elevado risco potencial à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	1	Raro	Apenas em circunstâncias excepcionais

Fonte: Adaptado de AS/NZS (2004 apud PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA, 2012).

O Diagrama de Causa e Efeito – também chamado de espinha de peixe – é uma técnica largamente utilizada que mostra a relação entre um efeito e as possíveis causas que podem estar contribuindo para que ele ocorra. Construído com a aparência de uma espinha de peixe, essa ferramenta foi aplicada pela primeira vez em 1953, no Japão, pelo professor da Universidade de Tóquio, Kaoru Ishikawa, para

synthetizar as opiniões de engenheiros de uma fábrica quando estes discutem problemas de qualidade (SEBRAE, 2005).

Outra técnica possível para um primeiro estudo das causas e efeitos que pode ser aplicada ao aproveitamento pluvial é o diagrama de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa), como mostra a Figura 10..



**Figura 10.** Diagrama de causa e efeito (SEBRAE, 2005).

## **4. MÉTODOS E TÉCNICAS DA PESQUISA**

### **4.1. Considerações Preliminares**

O aproveitamento de água da chuva engloba uma série de incertezas e conceitos relacionados à gestão de recursos hídricos e planejamento urbano. A escolha inicial desse tema e o interesse pela qualidade da água proveniente da chuva foram à base para o início desta pesquisa.

Para o levantamento dos dados preliminares da pesquisa, inicialmente se observou os conceitos envolvidos no sistema de aproveitamento pluvial, como qualidade da água, conservação da água, usos não potáveis e o próprio sistema de captação para os diversos usos. E por meio desse conhecimento inicial adquirido e com o primeiro contato com o assunto a partir de estudos anteriores se constatou pontos importantes que poderiam ser abordados, como segurança do sistema, segurança do usuário e a qualidade da água necessária nos diversos usos possíveis para água da chuva. A partir deste ponto, uma primeira delimitação foi feita na abrangência do estudo, o aproveitamento pluvial em edificações para usos não potáveis.

Visitas a empreendimentos com sistemas de aproveitamento pluvial e busca por referências da literatura foram às formas encontradas de adquirir dados sobre alguns pontos da pesquisa e para um conhecimento maior das características que envolvem o aproveitamento pluvial. Essas informações possibilitaram a organização do processo de análise de risco e implementação do estudo preliminar de perigos para o aproveitamento pluvial em edificações. A partir desse ponto foi possível determinar os requisitos mínimos para o aproveitamento da água da chuva, nos diversos usos não potáveis dentro das edificações sem prejudicar o usuário e o sistema.

### **4.2. Delimitação da Pesquisa**

A primeira etapa teve a função de delimitar o universo da pesquisa. O tema inicial se tratava da avaliação da qualidade da água dos sistemas de captação pluvial para usos não potáveis, visto a amplitude das instalações possíveis que

poderiam usar a água da chuva, foi definido que o sistema estudado teria enfoque somente o aproveitamento pluvial em edificações residências multifamiliares.

Devido à complexidade do assunto que envolve a qualidade da água da chuva, e a percepção da restrição dos telhados verdes no tema da pesquisa em alguns pontos, assim como a própria complexidade do sistema de telhados verdes isoladamente, optou-se pelo aprofundamento dos conceitos de qualidade da água do sistema de aproveitamento pluvial e a segurança das partes envolvidas: sistema, e o usuário.

Para um melhor entendimento dos riscos que a água de aproveitamento pode causar as partes envolvidas do sistema, considerou-se como alternativa para conhecimento dos riscos envolvidos a análise de risco.

O tipo de edificação para o objeto de escolha, inicialmente veio da curiosidade de estudar o aproveitamento pluvial para edificações residenciais e as possibilidades de usos dentro das edificações com qualidade de águas diferentes em alguns usos. Serão edificações residenciais voltados para classe média, com no mínimo dois banheiros e áreas de convivência comum.

### **4.3. Metodologia de Pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida considerando desde a delimitação da pesquisa, tempo hábil de pesquisa, conteúdo disponível e abordagem para desenvolvimento que seria utilizado do andamento da dissertação. Um modelo de decisão foi gerado para a metodologia de pesquisa para facilitar o desenvolvimento das etapas da dissertação, como mostra o Quadro 22.

O Quadro 22 é dividido em quatro colunas, origem, tratamento, usos e riscos. Para que fosse possível determinar qual segmento seria aplicado na análise preliminar de perigos. Foram consideradas as possibilidades de captação da água pela coluna Origem e a fonte utilizada como base foi à precipitação. Na coluna Tratamento, os tratamentos possíveis para um sistema de aproveitamento pluvial foi definido por meio da revisão bibliográfica, dos resultados dos ensaios aplicados ao estudo de caso e dos trabalhos estudados que incluíam dados sobre o aproveitamento de água da chuva. A coluna Usos foi considerada usos internos e

externos para uso não potável em edificações. E a coluna Riscos foi determinada por meio da análise preliminar de perigos do capítulo de resultados.

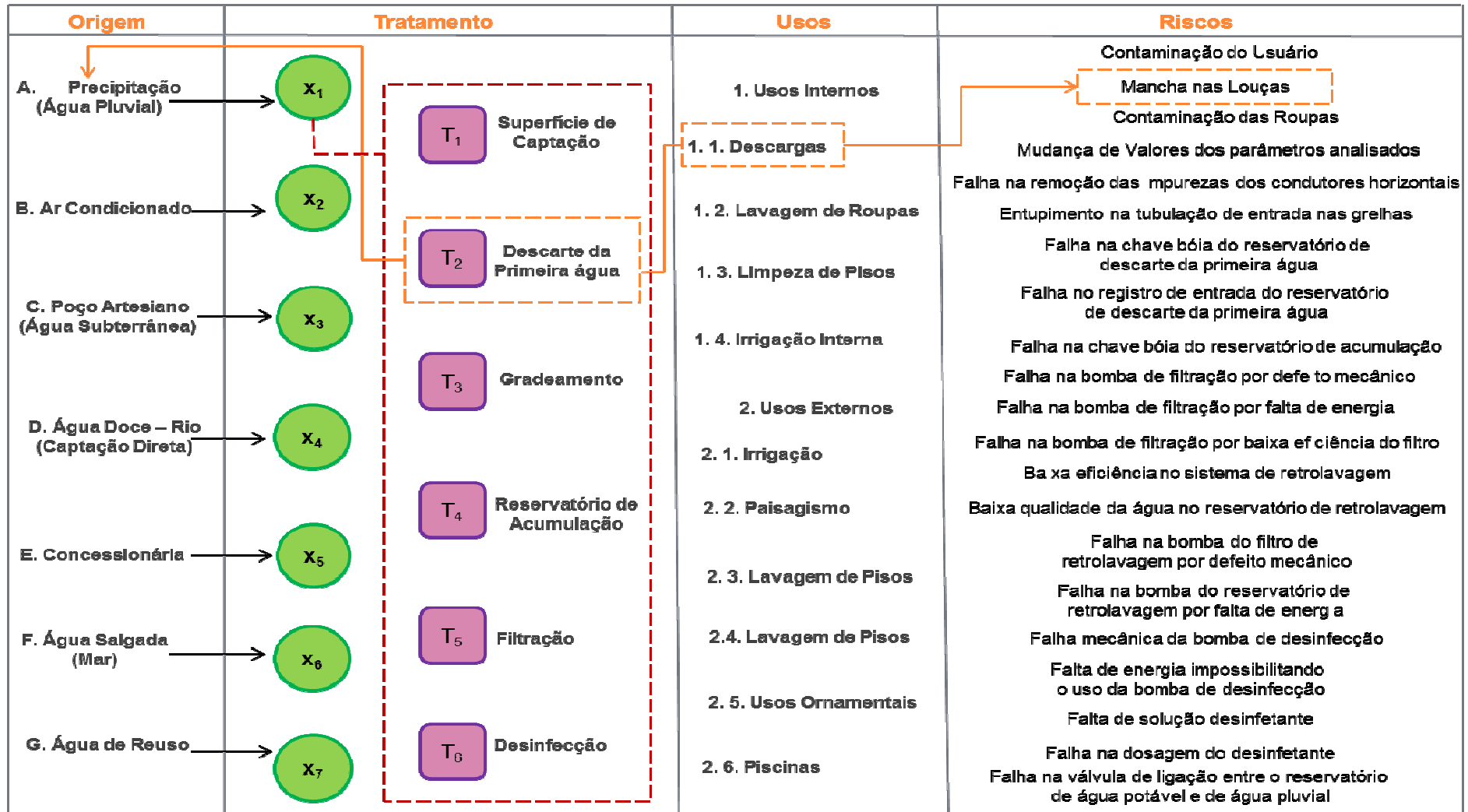
O modelo de decisão do Quadro 22 é a base para determinação dos riscos inerentes ao uso do sistema de aproveitamento pluvial em edificações para uso não potável. O modelo se inicia com a escolha da origem da fonte de abastecimento e por consequência determina os usos possíveis para esta água, com essa determinação é possível avaliar qual modelo de tratamento é mais adequado. Depois dessa escolha se determina os riscos inerentes ao usuário e ao sistema quando em algum ponto o tratamento falhar.

No Quadro 22 os pontilhados entorno dos itens exemplifica como foram determinados os riscos da matriz de análise preliminar de perigos do capítulo 5.4. Análise Preliminar de Perigos aplicada ao Sistema Definido (Quadro 23) e do capítulo 5.6. Análise Preliminar de Perigos aplicada ao Estudo de Caso (Quadro 26). Determinado a fonte e o uso pretendido, se escolhe as etapas de tratamento, sendo uma delas o descarte da primeira chuva antes de entrar no reservatório de acumulação e conseqüentemente caso esse tratamento falhe qual o risco (mancha nas louças) que pode causar ao sistema ou ao usuário.

Essa metodologia foi aplicada para determinar a causa de cada risco, o grau de relevância, o ponto de controle (lugar físico de controle), as medidas de controle que são os parâmetros de qualidade que devem ser analisados e as medidas mitigadoras para minimizar ou evitar o risco.



Quadro 22. Modelo de decisão para análise de risco para o aproveitamento pluvial em edificações para uso não potável.



Fonte: Autor

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Níveis de qualidade da água pluvial que podem ser obtidos

Este capítulo apresenta as qualidades de cada ponto do sistema do aproveitamento pluvial. A intenção foi correlacionar os parâmetros de controle identificados com as análises preliminares de perigo e as qualidades correspondentes nos pontos de controle.

A Figura 11 representa as qualidades possíveis dentro de um sistema de aproveitamento pluvial em edificações. Como descrito nos capítulos da revisão, existem muitos fatores que alteram a qualidade da água da chuva. A própria atmosfera contém substâncias distintas em cada região que se pretende instalar esse tipo de sistema.

O esquema contém os passos pelos quais a água da chuva passa dentro de uma edificação com duas possibilidades: a primeira é a simples condução desta água para a rede pública com a possível detenção temporária, visto que muitas cidades já aplicam esta prática para aliviar a carga do escoamento superficial durante os eventos de precipitação. A segunda possibilidade é o uso dessa água precipitada antes de ser conduzida à rede pública. Neste caso, foram consideradas seis etapas até a água ser encaminhada à rede pública, sendo considerada uma qualidade para cada etapa em que a água da chuva entra em contato.

A qualidade  $Q_A$  representa a qualidade da água da chuva antes de entrar em contato com qualquer superfície de captação. Ela precisa ser caracterizada para se iniciar o estudo de análise de risco. Com isso, é possível desenvolver o sistema de aproveitamento pluvial mais adequado, pois ao se realizar esta etapa, é possível ter um conhecimento mais preciso da qualidade da água da região e, conseqüentemente, a determinação dos possíveis usos para esta água. Essa primeira análise indicará quais parâmetros precisam ser estudados com mais cuidado e quais o sistema se encarregará de eliminar sem tratamento.

A qualidade  $Q_B$  representa a qualidade logo após passar pela superfície de captação. Como mostram os estudos, ela já se diferencia, pois nenhuma superfície está livre de contaminantes.

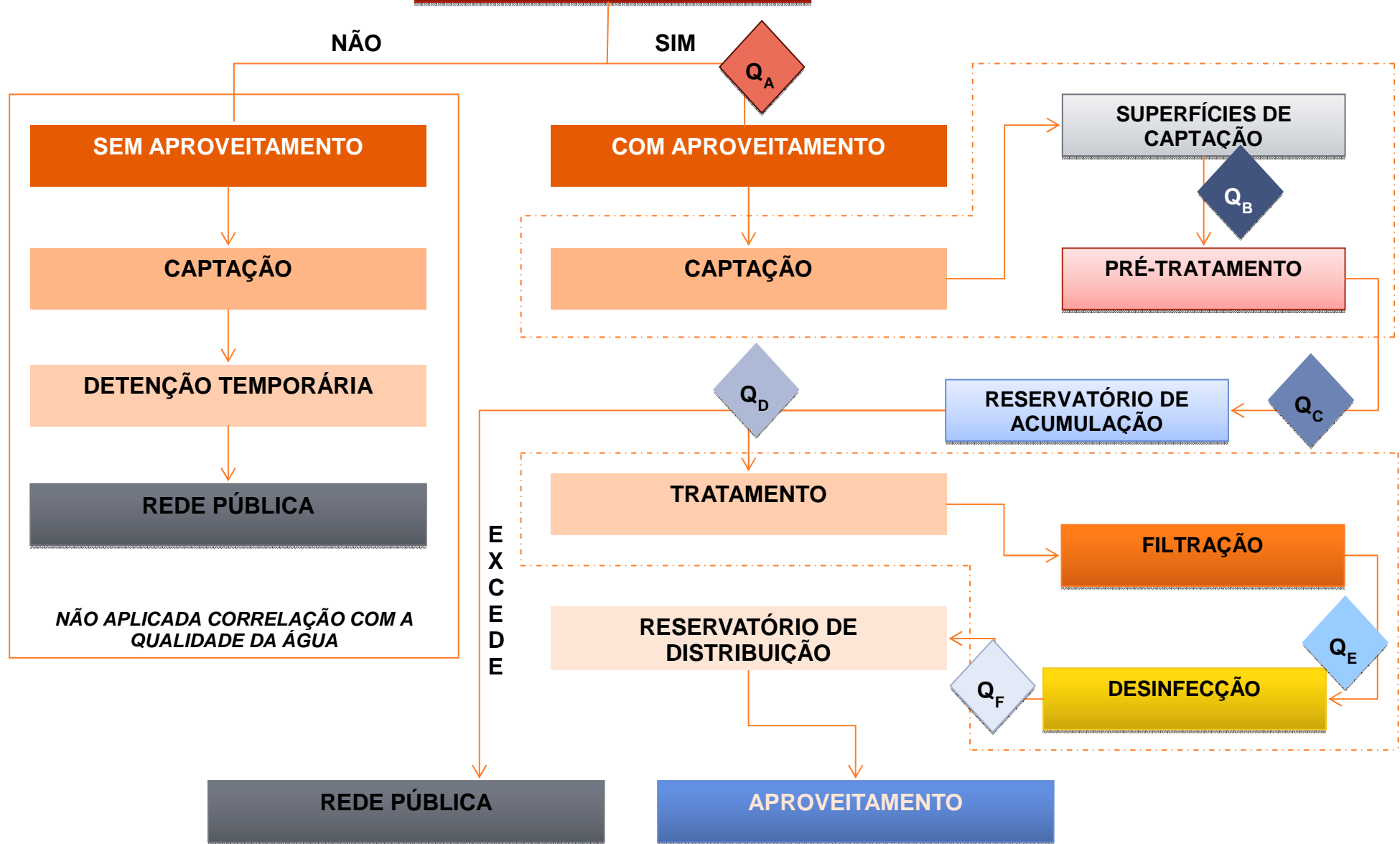


Figura 11. Níveis de qualidade da água pluvial que podem ser obtidos. Fonte: Autor

Dentro desta mesma qualidade, é possível ter variações que contribuem ou não para a melhora da qualidade da água captada. Como mostrado no capítulo 4.5 (Qualidade da água pluvial) existem variações significativas em relação ao material escolhido; dentre as telhas mais utilizadas a que possibilita a menor contaminação da água precipitada são as telhas metálicas. Essas telhas não absorvem as impurezas contidas na atmosfera como acontece com as telhas cerâmicas e de fibrocimento, o que proporciona, quando ocorre a precipitação, carregar somente os materiais depositados na superfície. O aquecimento dessas telhas é outro fator que também pode contribuir para a redução dos microrganismos patogênicos. É possível escolher inúmeros materiais para coleta desta água, mas é necessário fazer uma análise da qualidade com os parâmetros controlados para conhecimento dos riscos envolvidos nesta escolha, para posterior tomada de decisão do tratamento mais adequado.

A qualidade  $Q_C$  depende de das duas qualidades anteriores: a  $Q_A$  e a  $Q_B$ . Considerando a importância das análises de caracterização da água da região e da água após passar pela superfície de captação pré-definida, é possível concluir o uso mais adequado para o pré-tratamento da água da chuva. Ele envolve dois componentes do sistema:

- Peneiras, grades e grelhas;
- Reservatório de *first flush* (descarte da primeira água)

As peneiras, grades e grelhas dependem da caracterização da região do entorno do edifício, pois é possível avaliar quais as impurezas que podem entrar no sistema, folhas, galhos provenientes de vegetação e impurezas carreadas pelo ar de instalações da região do entorno.

Já o reservatório de *first flush* pode ser considerado ou não dependendo dos resultados das qualidades  $Q_A$  e  $Q_B$ , pois é responsável por limpar a superfície de captação das impurezas contidas sobre ela e também por eliminar os primeiros milímetros de precipitação de contemplam os poluentes na atmosfera da região do aproveitamento da água da chuva.

A qualidade  $Q_D$  representa a qualidade após o pré-tratamento, logo após sair do reservatório de acumulação. Esta qualidade foi considerada diferente da encontrada no pré-tratamento, pois, logo após a precipitação, o tempo para entrada no reservatório é quase automático durante o evento e raramente essa água

precipitada será usada instantaneamente. Neste caso, no período em que a água ainda está no reservatório de acumulação existirá uma deposição das partículas suspensas no fundo, melhorando alguns parâmetros de controle, como a cor aparente, os sólidos suspensos e a turbidez. Ele tem a função de um decantador se correlacionado com o sistema de tratamento de água potável.

A qualidade  $Q_E$  representa a qualidade após passar pelo processo de filtração, sendo penúltima etapa para obtenção da qualidade desejada para o uso seguro. Esta etapa tem como objetivo a remoção da DBO, turbidez e sólidos suspensos e uma parcela dos microrganismos patogênicos.

A qualidade  $Q_F$  representa a qualidade após passar pelo processo de desinfecção e é responsável pela eliminação dos microrganismos patogênicos presente ainda na água após filtração do aproveitamento pluvial. Essa etapa é necessária, pois a contaminação do usuário existe e é possível em algum momento do uso, pois é pode-se garantir por 100% do tempo a qualidade da água da chuva, visto que os fatores considerados para manter essa qualidade são amplos e recebem interferência do meio externo. A variação dos índices dos parâmetros controlados é possível e, para manter a segurança do usuário durante o uso, a qualidade  $Q_F$  se faz necessária. Como a existe o contato direto do usuário com essa água dos diversos usos, não é possível prever exatamente quando a água estará 100% segura, visto que em algumas amostras dos trabalhos estudados não há a remoção de 100% dos microrganismos patogênicos.

## **5.2. Aplicação da Análise de Risco**

Para o presente trabalho foi utilizada a APP (Análise Preliminar de Perigo), que consiste em prever e identificar riscos envolvidos em um determinado empreendimento tanto na fase de implantação, quanto na fase de operação, com o objetivo de eliminar, minimizar ou controlar os riscos antes que eles aconteçam efetivamente (AMBIECON, 2013).

A escolha da APP foi devido à possibilidade de separar os riscos do uso da água pluvial em níveis de perigo, fato que permitiu a este trabalho, selecionar as principais propostas de controle de riscos do aproveitamento pluvial em relação à qualidade da água e o uso seguro.

Para desenvolver todas as etapas do estudo de análise de risco para o aproveitamento pluvial seriam necessárias também informações quantitativas, mas, como ainda existem restrições de dados sobre o assunto, optou-se por uma análise qualitativa do sistema de aproveitamento pluvial.

Para a estimativa dos perigos, a etapa da APP foi dividida em duas fases. A primeira é a montagem do diagrama de causa e efeito para uma melhor visualização dos riscos globais do sistema. O objetivo principal do diagrama de causa e efeito (figura 14) é coletar dados e hipóteses iniciais sobre os possíveis riscos que o aproveitamento pluvial podia causar em quatro áreas: projetos, execução, manutenção e uso. E a segunda fase foi a elaboração da matriz de análise de risco para o sistema de aproveitamento definido nesta dissertação para aplicação no estudo de caso.

Foram estudados os perigos existentes no sistema e se respectivos eventos, assim como as medidas de controle possíveis para prevenirem, amenizarem ou cessarem o perigo. Com base nos possíveis perigos, na probabilidade de ocorrência e impactos destes eventos, os perigos foram classificados com o auxílio de uma matriz de riscos, conforme seu grau de relevância. Para a base da matriz da Análise Preliminar de Perigos foram feitas algumas modificações no cabeçalho apresentado na revisão bibliográfica, como mostra a Figura 12.

<b><i>Perigos</i></b>	<b><i>Etapa</i></b>	<b><i>Evento/Causas</i></b>	<b><i>Grau de Risco (G.R.)</i></b>	<b><i>Ponto Crítico de Controle (PCC)</i></b>	<b><i>Medidas de Controle</i></b>	<b><i>Medidas Mitigadoras</i></b>
-----------------------	---------------------	-----------------------------	------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

**Figura 12.** Cabeçalho da APP modificado. Fonte CETESB, 2011.

A frequência e a severidade referente ao cabeçalho apresentado no capítulo 4.7.2 foram unidas, sendo utilizada como base a matriz de riscos do quadro 18. Este quadro foi utilizado como base para conhecimento do grau de risco (G.R) para a APP.

Os perigos considerados na matriz foram relacionados à qualidade da água do aproveitamento e o uso seguro do sistema. As etapas foram consideradas os componentes do sistema e o evento/causa as possíveis falhas desses componentes, que podiam comprometer a qualidade da água.

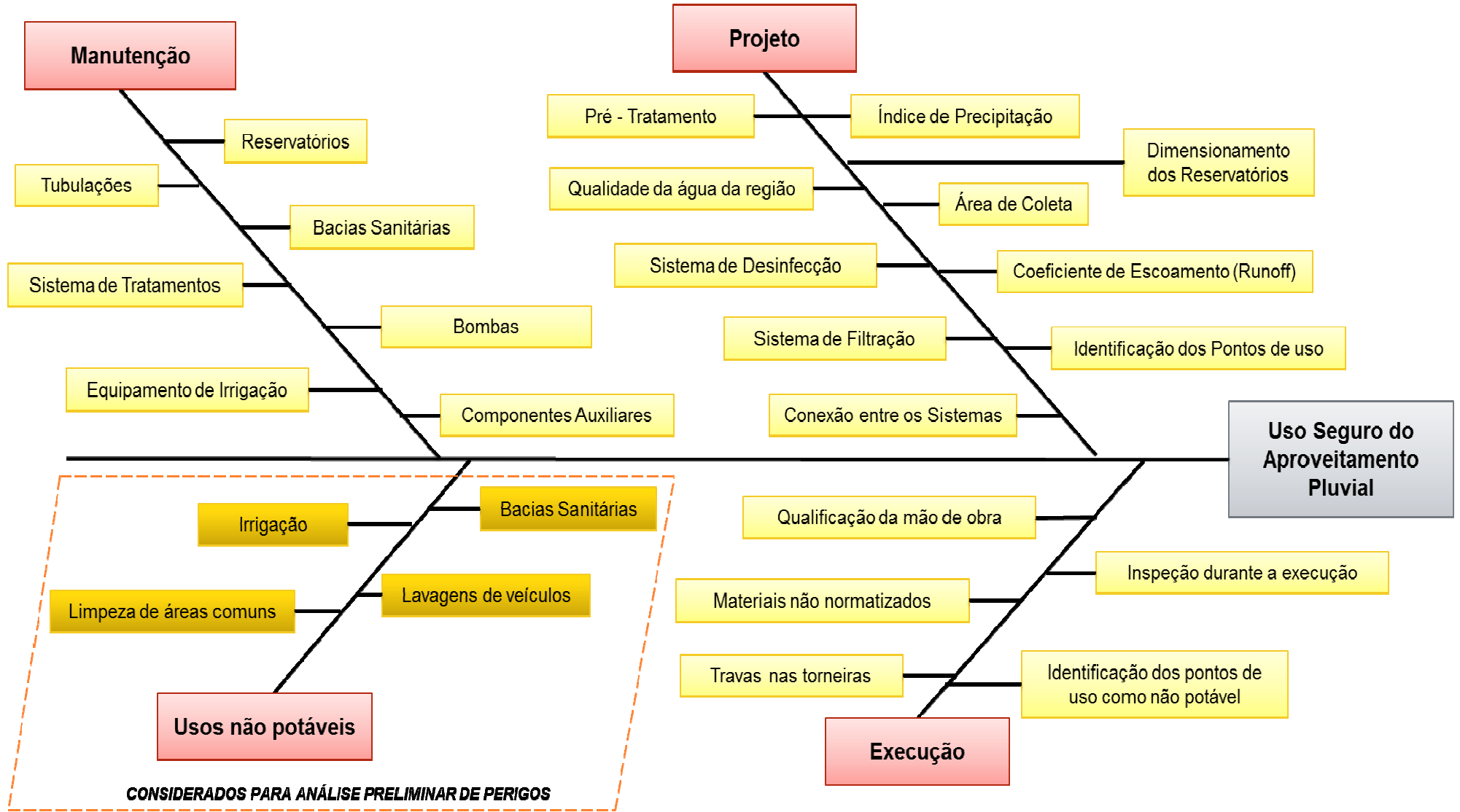


Figura 13. Diagrama de Causa e efeito do uso seguro do aproveitamento pluvial. Fonte: Autor

Os pontos de controle são os componentes físicos do sistema que possibilitam o controle dos perigos. As medidas de controle foram consideradas os parâmetros de controle estabelecidos no capítulo 4.6. Já as medidas mitigadoras são as medidas preventivas e ações para correção dos perigos.

Para um melhor entendimento dos riscos em todas as etapas do aproveitamento pluvial, desde a sua concepção até o uso, toda a APP será subdivida entre os itens relacionados da Figura 13: projeto, execução, manutenção e uso, tentando relacionar com a melhora da qualidade da água e o uso seguro.

### **5.3. Sistema de captação pluvial definido para edificações para uso não potável**

O sistema definido para análise preliminar de perigos é composto por uma superfície de captação, um reservatório de *first flush* (descarte da primeira chuva), uma grelha para retirada de folhas e galhos, um reservatório de acumulação, um filtro de areia, um reservatório de retrolavagem, um reservatório de distribuição, um dosador de para desinfecção e três bombas, uma para filtragem, uma para retrolavagem e outra de recalque.

O material escolhido para a superfície de captação tem grande influência sobre a qualidade pretendida. O material mais indicado são as telhas metálicas, pois acumulam menos impurezas durante o uso da edificação e por aquecem mais que as telhas de barro, por exemplo, auxiliando na desinfecção da água de aproveitamento.

O reservatório de *first flush* é o único componente do sistema opcional, ele será considerado dentro do sistema para a análise preliminar de perigos, mas pode ser suprimido conforme os resultados iniciais de caracterização da qualidade da água da região de implantação e da análise dos parâmetros de controle após passar pela superfície de captação. Ele pode ser suprimido também devido ao índice pluviométrico encontrado em cada região que será implantando o sistema de aproveitamento pluvial. Quando o índice for muito baixo se for descartada a primeira água que precipita não será possível acumular água suficiente para os usos dentro da edificação.



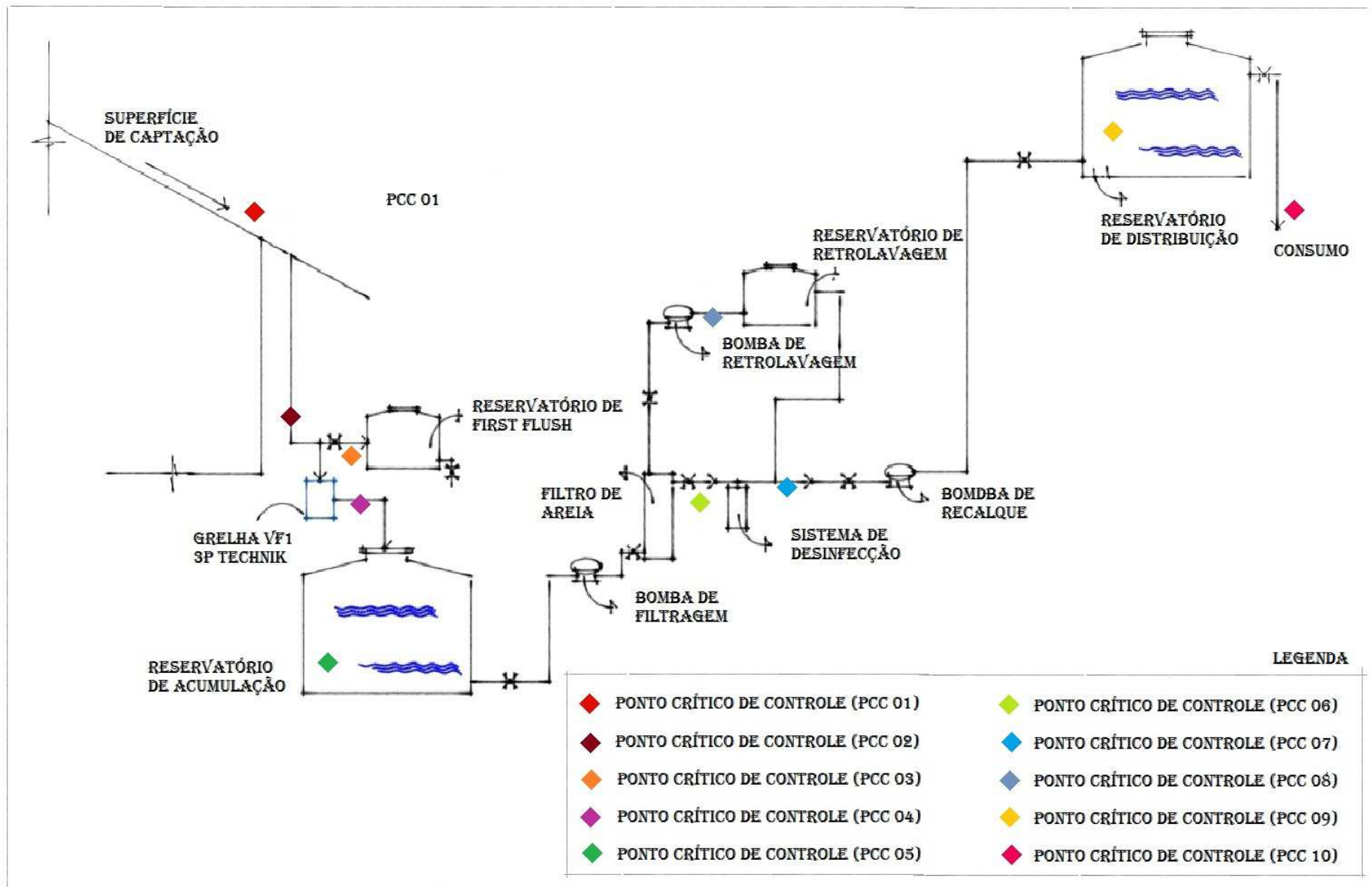


Figura 14. Sistema de Aproveitamento Pluvial Definido. Fonte: Autor

A Figura 14 esquematiza o sistema de aproveitamento pluvial definido deste trabalho e relaciona os pontos de controle do sistema contidos na matriz de análise do Quadro 23.

#### **5.4. Análise Preliminar de Perigos aplicada ao Sistema Definido**

O objetivo de aplicar a APP a um modelo definido foi classificar os riscos inerentes ao sistema de aproveitamento pluvial considerado aplicável em edificações como a do estudo de caso para poder comparar os riscos de cada sistema e uma possível adequação para que o sistema em uso fosse utilizado de forma segura pelos usuários.

Como definição das fronteiras das instalações analisadas, foi considerado somente o uso da água do aproveitamento internamente na edificação; não foi considerado os riscos possíveis da entrada desta água na rede pública e os riscos dos impactos da detenção desta água e utilização ao invés de retornar para o sistema de galerias pluviais.

Para a elaboração das estatísticas de frequências e severidades foi considerada a mesma matriz qualitativa de priorização de riscos da revisão bibliográfica (Quadro 19), correlacionados através do grau de risco na matriz de análise preliminar de perigos (Quadro 23) separados em quatro níveis: baixo (cor verde), médio (cor amarela), alto (cor laranja) e muito alto (cor vermelha). Como não foi possível correlacionar as frequências e severidades por precisarem de dados quantitativos, foi considerado somente o resultado do quadro 18 e os riscos, baixo, médio, alto e muito alto.

A coleta das informações sobre a região das instalações e das substâncias perigosas envolvidas e dos processos para conhecimento dos riscos foi referenciada no capítulo 4.7. A análise de risco para o aproveitamento pluvial como uma das etapas do estudo da APP não é contemplada neste capítulo, pois este sistema não foi estudado com implantação real.

A análise dos resultados é a última etapa do estudo da Análise Preliminar de Perigos, assim como a elaboração do relatório, que foi a proposta deste trabalho. A condensação dos dados é apresentada no Quadro 23.

Para a elaboração na matriz de APP, o objetivo principal é a determinação dos riscos referentes à qualidade da água da chuva requerida para usos não potáveis que interferem na segurança do usuário, assim como para segurança do sistema de aproveitamento pluvial.

A matriz de Análise Preliminar de Perigos foi correlacionada com a qualidade da água da Figura 11, referente aos níveis de qualidade da água pluvial que podem ser obtidos nos pontos principais do sistema, que são: coleta da água, condutores verticais e horizontais, peneiras, grades e grelhas, reservatório de *first flush*, reservatório de acumulação, filtração, reservatório de retrolavagem, unidade de desinfecção e reservatório de distribuição.

Os pontos de controles críticos foram definidos em relação ao ponto do sistema em que pode acontecer a falha. As medidas de controle na matriz de análise de risco foram definidas pelos parâmetros de controle de qualidade que devem ser analisados em cada, em relação ao perigo possível e ao ponto onde o evento pode acontecer. Por outro lado, as medidas mitigadoras são as ações a serem tomadas quando os eventos de perigo acontecer.

A qualidade de cada ponto de controle está relacionada com a qualidade que o sistema deveria possuir, e não com a qualidade se um dos pontos falharem. Com essa matriz, foi possível analisar quais os possíveis eventos em relação à qualidade da água desse sistema definido. Cada perigo escolhido tem a possibilidade de falha do sistema e, sempre que isso acontecer, o usuário está em risco.

O diagrama de Ishikawa (Figura 13) mostra somente a parte que foi abordada o estudo da APP. Ele pode ser utilizado relacionado com matriz do Quadro 23 para correlacionar as causas e efeitos dos eventos perigosos; neste caso, o evento perigo é a terceira coluna da matriz e o efeito é o evento perigoso definido na primeira coluna. Por exemplo, um efeito que pode ocorrer é a baixa eficiência do tratamento e a consequente presença de organismos patagônicos. Neste caso, as causas seriam todos os itens listados na terceira coluna (Causa/Efeito), como mudança dos valores dos parâmetros analisados inicialmente, falta de remoção das impurezas das calhas, falha na chave boia dos reservatórios, falha no registro de entrada do reservatório, falhas nas bombas, baixa eficiência dos filtros, baixa qualidade do reservatório, falha na bomba de desinfecção, falta de solução desinfetante, erro na dosagem e falha da válvula de ligação entre o reservatório de água potável e o reservatório de aproveitamento.

Quadro 23. Matriz de Análise preliminar de perigos – Levantamento e Medidas de Controle – Parâmetros de qualidade da água – Contaminação física, química e microbiológica – uso seguro da água.

PARAMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA OU MICROBIOLÓGICA DO USUÁRIO – USO SEGURO DA ÁGUA							Qualidade	
Perigos	Etapa	Evento/Causa	G.R.	PCC	Medidas de Controle	Medidas Mitigadoras		
Caracterização da água da região do aproveitamento pluvial	Coleta da água	Mudanças dos valores dos parâmetros analisados inicialmente	2	PCC 01	<i>Todos os parâmetros, exceto OD no reservatório e Cloro Residual Livre</i>	Anualmente fazer uma reanálise da qualidade da água da região do sistema de aproveitamento	QA modificada da analisada inicialmente	
	Condutores Verticais e Horizontais	Falta de Remoção das Impurezas das Calhas (Folhas, Galhos, Insetos e Outros detritos)	1	PCC 02	<i>DBO</i>	Limpeza periódica dos condutores horizontais (calhas)	QB	
		Entupimento na Tubulação de Entrada	3	PCC 03	<i>Sólidos Suspensos Turbidez</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle para efetivar a medida de mitigação	QB	
	Peneiras, Grades e Grelhas (Filtro-Grelha VF1)	Falta de Remoção das Impurezas	3	PCC 03	<i>Cor Aparente DBO</i>	Saída da água pelo extravasor do sistema para evitar a danificação do VF1	QB	
		Falha na chave bóia	2	PPC 04	<i>Sólidos Suspensos Turbidez</i>	Limpeza periódica dos condutores horizontais (calhas)	QC	
	Reservatório de First Flush	Falha no registro de entrada do reservatório	2	PPC 04	-	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QC	
		Falha no reservatório de First Flush	2	PPC 05	<i>Todos os parâmetros analisados exceto Cloro Residual e OD no reservatório</i>	Conferência da chave bóia durante a coleta das amostras para controle da qualidade	QC	
	Reservatório de Acumulação	Falha no reservatório de Acumulação	2	PPC 05	<i>Todos os parâmetros analisados exceto Cloro Residual</i>	Conferência periódica do registro de entrada do reservatório de first flush durante os eventos de chuva	QC	
		Falha na chave bóia	1	PPC 05	-	Fiscalização Periódico do Registro	QC	
		Entupimento das Grelhas	3	PCC 03	<i>Fiscalização Periódica da bóia de nível</i>	Manutenção das Conexões até o reservatório de Acumulação de Acumulação	QD	
Baixa eficiência do tratamento e consequentemente presença de organismos patogênicos	Filtração	Falha na bomba de filtração por defeito mecânico, falta de energia ou baixa eficiência	3	PPC 06	<i>Sólidos Suspensos Turbidez</i>	Quando existir falta de energia verificar as bombas das instalações	QD	
		Mudança de qualidade de caracterização inicial da água da chuva	2	PCC 01	<i>Cor Aparente DBO</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QA modificada da analisada inicialmente	
	Filtração	Baixa Eficiência do Filtro	3	PPC 06	<i>Sólidos Suspensos Turbidez, Cor Aparente DBO</i>	Verificar funcionamento da bomba de retrolavagem	QE	
		Baixa Eficiência no sistema de retrolavagem	2	PCC 08	<i>Sólidos Suspensos Turbidez</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QE	
	Reservatório de Retrolavagem	Baixa qualidade da água do reservatório	2	PCC 08	<i>Sólidos Suspensos Turbidez</i>	Conferir funcionamento da bomba de retrolavagem	QE	
		Falha na bomba de retrolavagem por defeito mecânico ou falta de energia	2	PCC 08	<i>Sólidos Suspensos Turbidez</i>	Defeito na válvula para ativar o sistema	QE	
	Falha da Unidade de Desinfecção	Falha na Bomba	3	PCC 07	<i>Col. Termotolerantes Coliformes totais E. Coli Cloro residual livre</i>	Verificação visual da cor da água	QF	
		Falha da Solução Desinfetante	3	PCC 07	<i>Col. Termotolerantes Coliformes totais E. Coli Cloro residual livre</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QF	
	Proliferação de Microorganismos	Reservatório de Acumulação	Qualidade de água captada mais contaminada que a água caracterizada	2	PPC 05	<i>Todos os parâmetros exceto Cloro Residual e OD no reservatório</i>	Anualmente fazer uma nova análise da qualidade da água da região do sistema de aproveitamento	QC
			Registro sem acionamento no reservatório de First Flush	2	PPC 05	<i>Todos os parâmetros analisados exceto Cloro Residual e OD no reservatório</i>	Conferência da chave bóia durante a coleta das amostras para controle da qualidade	QC
Reservatório de Distribuição		Qualidade de água captada mais contaminada que a água caracterizada	2	PPC 09	<i>OD no reservatório e Cloro residual livre</i>	Anualmente fazer uma nova análise da qualidade da água da região do sistema de aproveitamento	QF	
		Falha no reservatório de First Flush	3	PPC 09	<i>Todos os parâmetros exceto Cloro Residual e OD no reservatório</i>	Fiscalização Periódico do Registro	QF	
Falha no sistema de Filtração		2	PPC 09	<i>Sólidos Suspensos Turbidez</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QF		
Falha da Unidade de Desinfecção	3	PPC 09	<i>Cloro residual livre</i>	Conferência do Funcionamento das bombas de filtragem e de retrolavagem	QF			
Ressurgimento de Microorganismos	Reservatório de Distribuição	Falha da Unidade de Desinfecção	3	PPC 09	<i>OD no reservatório e DBO</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QF	
Contaminação do usuário pela água do aproveitamento pluvial	Utilização da água de aproveitamento para usos não potáveis	Falha no Tratamento para o aproveitamento	3	PCC 10	<i>Cloro residual livre</i>	Conferência dos níveis do desinfetante	QF	
	Utilização da água de aproveitamento para usos não especificados	Utilização da água da chuva para usos potáveis	4	PCC 10	<i>Todos os parâmetros de controle</i>	Conferência da bomba de desinfecção	QF	
Danos às plantas do paisagismo	Uso do sistema Irrigação	Falha no Tratamento para o aproveitamento	1	PCC 10	<i>Alta concentração de Cloro residual livre</i>	Conferência do funcionamento do reservatório de first flush, VF1 Filtro, reservatório de retrolavagem, bombas e bomba de desinfecção	QF	
		Qualidade da água captada	1	PCC 10	<i>Sódio</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QF	
Ocorrência de manchas nas louças sanitárias	Utilização da água de aproveitamento pluvial para usos autorizados	Falha no Tratamento para o aproveitamento pluvial	1	PCC 10	<i>Sólidos Suspensos Turbidez</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QF	
Ocorrência de manchas em pisos e latarias	Utilização da água de aproveitamento pluvial para usos autorizados	Falha no Tratamento para o aproveitamento pluvial	1	PCC 10	<i>Cloro Residual Livre</i>	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QF	
Contaminação da água potável pela água de aproveitamento	Reservatório de Distribuição	Falha da válvula de ligação entre o reservatório de água potável e o reservatório de aproveitamento	4	PCC 10	<i>Sólidos Suspensos</i>	Conferência Periódico das trancas especiais	QF	
						Análise visual	QF	
						Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QF	
						Orientação dos usuários para monitorar a vegetação	QF	
						Orientação dos usuários para monitorar o sistema de tratamento	QF	
						Orientação dos usuários para monitorar o sistema de tratamento	QF	
						Fazer uma análise da qualidade da água do sistema potável antes de entrar no reservatório de água potável	QF	
						Conferir válvula durante as análises semestrais e anuais	QF	

Fonte: Autor

Legenda:

Matriz qualitativa de priorização de riscos

Baixo (1)	Médio (2)	Alto (3)	Muito Alto (4)
-----------	-----------	----------	----------------

Níveis de qualidade da água pluvial

QA	QB	QC	QD	QE	QF
----	----	----	----	----	----

## **5.5. Estudo de Caso**

Para o estudo de caso, foi aplicada também a Análise Preliminar de Perigos da mesma maneira que foi aplicado para o sistema de aproveitamento pluvial definido. Foi considerado o sistema implantado dentro de uma edificação cedida por uma incorporadora na cidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.

O objeto de estudo para consideração das características básicas são edifícios de médio padrão, com normalmente três dormitórios – sendo uma suíte –, banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço, sacada, garagem coberta, área de lazer com jardins e área de recreação. Sendo que há a possibilidade de usos da água do aproveitamento pluvial com água não potável.

Os empreendimentos da incorporadora têm tipologias similares, mas em diferentes bairros da cidade. Todos os empreendimentos foram visitados e o critério de escolha foi edifício mais antigo com o sistema em funcionamento. Esse empreendimento foi escolhido para conhecimento prático dos tipos de sistemas de aproveitamento pluvial executados nessa cidade.

Foram feitas duas análises da água com os parâmetros de controle citados no capítulo de tratamento, com o a intenção de caracterizar a água em uso. A primeira análise foi feita antes da chuva, em um período sem precipitações, e a segunda foi feita um dia após a primeira chuva do mês. Os relatórios estão no anexo C.

### **5.5.1. Modelo do sistema de aproveitamento pluvial**

A escolha da incorporadora pelo uso da água da chuva foi direcionada para pontos em áreas comuns, somente nas garagens dos edifícios e um ponto para irrigação dos jardins. O sistema escolhido possui poucos componentes, basicamente uma área de captação, condutores verticais e horizontais, um pré-filtro, o reservatório inferior para armazenamento e uma bomba de recalque que conduz a água para os pontos de consumo. Para cada edifício, foi selecionada uma área de captação com metragem diferente devido somente às diferenças de projeto arquitetônico.

O edifício I possui uma superfície de captação de aproximadamente 200 m<sup>2</sup> e o edifício II possui uma área de captação de aproximadamente 145 m<sup>2</sup>, sendo o edifício II com mais apartamentos que o edifício I. Essa área de cobertura utilizada

para captação da água da chuva já é uma prática da empresa, pois fica acima das garagens do subsolo, normalmente antes de se iniciar os andares dos apartamentos, assim como apresenta um volume de reservatório para armazenar a água da chuva no subsolo.

A escolha de todo o sistema foi feita de maneira empírica, sem estudo prévio sobre nenhum dos componentes do sistema. Foi uma decisão do departamento de projetos e da diretoria da empresa devido a duas leis municipais que entraram em vigor. Uma das leis é Plano Diretor de Caxias do Sul (Lei Complementar nº 290), de 2007, que possibilitou um acréscimo de 10% no índice de aproveitamento para edificações que possuíssem o aproveitamento de águas de chuva, assim como o reaproveitamento de água de reuso. O índice de aproveitamento (IA) é o fator estabelecido para cada uso nas diversas zonas, que multiplicado pela área do terreno, define a área máxima computável admitida nesse terreno.

A outra lei é o Código de Obras do Município, Lei Complementar nº 375 de 2010. Esta lei obriga novos empreendimentos residenciais com mais de oito unidades familiares a instalar um reservatório de armazenamento de água de chuva para aproveitamento dentro da edificação.

A empresa dispõe de quatro edificações com esse mesmo sistema com tempos de uso distintos. Optou-se por essas duas edificações devido ao tempo de uso do sistema ser mais longos, e por serem edifícios com tipologias parecidas, somente sendo diferenciados pela população do prédio e pela localização.

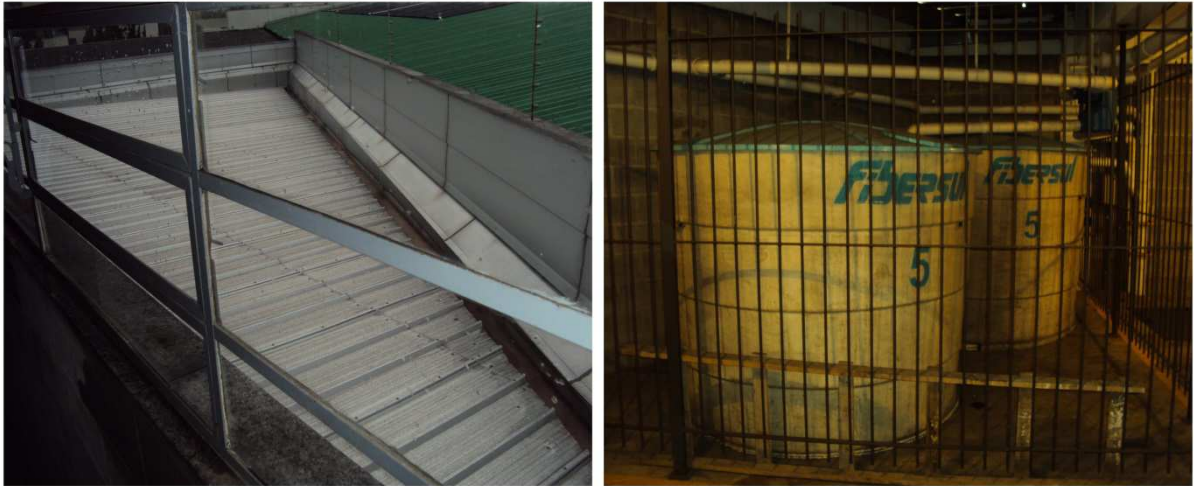
A empresa que cedeu os edifícios para estudo comenta alguns detalhes sobre o sistema de captação pluvial no Manual do Usuário entregue aos moradores do empreendimento:

O empreendimento dispõe ainda de rede de esgoto pluvial, sendo que a água captada pelos telhados é destinada parcialmente para a cisterna e o restante conecta diretamente na rede pública.

### **5.5.2. Edifício Tipo - Estudo de Caso**

Neste edifício, foram instaladas diversas torneiras ao longo das garagens e jardim do empreendimento, identificadas como água potável (que vem do

reservatório superior) ou água não potável (que vem da cisterna). A cisterna de captação de água das chuvas se encontra no subsolo, composta por dois reservatórios de 5.000 litros e possui um compartimento de recolhimento de sujeira que deve ser limpo com frequência, a fim de que não estrague a bomba de recalque da cisterna.



**Figura 15.** Superfície de captação e reservatórios de acumulação e distribuição para o aproveitamento pluvial – Edifício Tipo. Fonte: Autor.

A Figura 15 mostra a superfície de captação e os dois reservatórios de acumulação e distribuição da água da chuva; as telhas são metálicas e os reservatórios de polietileno.



**Figura 16.** Filtro Residencial VF1 3P Technik – Edifício Tipo. Fonte: Autor

A Figura 16 mostra novamente o mesmo filtro utilizado no edifício Tipo, sendo que neste edifício foi preciso mais conexões até passar pelo filtro, o que pode ser positivo, pois atenua a entrada da água no sistema.

Importante salientar que a Incorporadora orienta os usuários do empreendimento a não utilizar a água proveniente da cisterna para beber ou lavar carros, esta tem a única e exclusiva finalidade de limpeza das garagens e molhar jardim. Nesse caso, é imprescindível que o condomínio adquira uma mangueira flexível ou um regador.

O edifício Tipo foi entregue em 31 de maio de 2010, completando este ano quatro anos de operação do sistema de aproveitamento pluvial. A Figura 15 mostra a superfície de captação com telhas em aluzinc, o que contribui para uma melhor qualidade da água captada e os dois reservatórios de acumulação e distribuição do sistema. O curioso desse sistema é que a água captada passa pelo filtro e entra no primeiro reservatório, mais próximo à bomba de recalque e depois é levada para o segundo reservatório, mais à frente na Figura 15. Conseqüentemente, isso acarreta que a água mais nova é sempre utilizada antes da mais antiga, sendo este um ponto a ser analisado já que esta água pode ficar muito tempo sem uso.



**Figura 17.** Conexões entre reservatórios e sistema de bombeamento – Edifício Tipo. Fonte: Autor.



A Figura 17 mostra a conexão já citada entre os reservatórios e o sistema de bombeamento que leva a água para a garagem do andar superior e para o uso na irrigação.



**Figura 18.** Pontos de uso dentro da edificação – Edifício Tipo. Fonte: Autor.

A Figura 18 mostra alguns pontos de uso dentro das edificações Tipo. Em todas as edificações que o aproveitamento pluvial está implantado as torneiras são protegidas com trancas onde somente pessoas autorizadas têm acesso ao uso e identificadas com placas de uso não potável.

## 5.6. Análise Preliminar de Perigos aplicada ao Estudo de Caso

O objetivo de aplicar a Análise Preliminar de Perigos para o estudo de caso é comparar os riscos inerentes apresentados para o sistema de aproveitamento definido nesta dissertação e um sistema real em funcionamento diferente do apresentado. Foi realizada a mesma matriz de APP para os componentes presentes no estudo de caso, que são: superfície de captação com telhas de aluzinc, calhas (condutores horizontais externos) em aço galvanizado, condutores verticais e horizontais internos em PVC, um filtro - grelha VF1 (3P Technik), os reservatórios de

acumulação e distribuição que são o mesmo, e uma bomba de recalque para levar água para os andares acima do reservatório. A matriz não contempla nenhum sistema de tratamento para controle da qualidade.

Para a definição das fronteiras das instalações analisadas foi considerado somente o uso da água do aproveitamento internamente na edificação, não sendo considerado os riscos possíveis da entrada desta água na rede pública e os riscos dos impactos da detenção desta água e utilização, ao invés de retornar para o sistema de galerias pluviais.

Para a elaboração das estatísticas de frequências e severidades, foi considerada a mesma matriz qualitativa de priorização de riscos da revisão bibliográfica (Quadro 19), correlacionados através do grau de risco na matriz de análise preliminar de perigos (Quadro 20) separados em quatro níveis: baixo (cor verde), médio (cor amarela), alto (cor laranja) e muito alto (cor vermelha).

Por fim, a análise dos resultados, que é a última etapa do estudo da análise preliminar de perigos, assim como a elaboração do relatório que, foi a proposta deste trabalho, além da condensação dos dados apresentado no Quadro 26.

#### **5.6.1. Coleta das informações sobre a região das instalações e das substâncias perigosas envolvidas e dos processos**

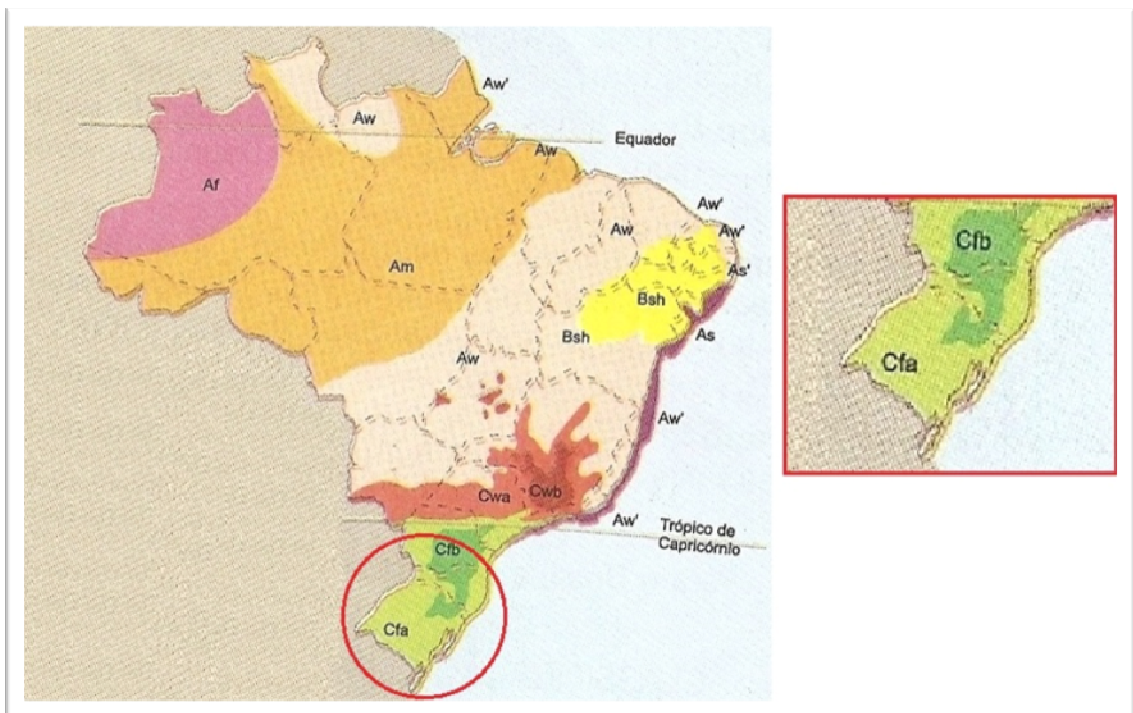
Para caracterização inicial da implantação do sistema de aproveitamento pluvial em uma edificação, é importante considerar os índices pluviométricos e condições climáticas da região de estudo. Como mencionado, para o presente trabalho será considerado como região sede para o estudo de análise de risco a cidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.

Para Rossato (2011), os climas do Rio Grande do Sul foram classificados de diferentes formas ao longo do século XX. Essas classificações se diferenciam nos métodos, critérios e objetivos. A classificação climática é separada por letras que diferenciam cada clima. Basicamente, a divisão dos climas pode ser separada em cinco grandes grupos, que são: equatorial, árido, temperado, continental e polar.

A classificação depende de três fatores, e uma região pode ter uma classificação de até três letras. A primeira letra é maiúscula (anexo D), caracterizando o clima na região. A segunda (anexo E) é identificada por uma letra

minúscula ou maiúscula e estabelece o tipo de clima dentro do grupo, denotando as particularidades do regime pluviométrico. A terceira letra, sempre minúscula, caracteriza a temperatura média mensal do ar dos meses mais quentes (anexo F).

O Estado do Rio Grande do Sul possui duas classificações de clima. Segundo Köppen, aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem estação seca de inverno, do tipo Cfa, na qual a temperatura média do mês mais frio está entre 18°C e -3°C – mesotérmico. As áreas serranas, mais altas, das serras do mar, com verão ameno e chuvoso o ano todo têm o clima classificado como Cfb de verão um pouco mais ameno, no qual o mês mais quente tem temperatura média inferior a 22°C. (ROSSATO, 2011). Pela classificação de Köppen, o Brasil possui 11 regiões com climas diferentes, como ilustra a Figura 20.



**Figura 19.** Os climas do Brasil pela classificação de Köppen. Fonte: Rossato (2011).

Nos quadros 24 e 25, estão relacionados os índices pluviométricos para Caxias do Sul. O quadro 24 contém os valores de precipitação em 24 horas de todos os meses de maior concentração desde 1961 até 2013. O quadro 25 mostra a média precipitada do ano de 2013 de cada mês.

**Quadro 24.** Maiores acumulados de chuva em 24 horas registrados em Caxias do Sul.

<b>Maiores acumulados de chuva em 24 horas registrados em Caxias do Sul por meses</b>					
<i>Mês</i>	<i>Acumulado</i>	<i>Data</i>	<i>Mês</i>	<i>Acumulado</i>	<i>Data</i>
Janeiro	116,2 mm	16/01/1996	Julho	113,8 mm	26/07/2006
Fevereiro	136,7 mm	20/02/2003	Agosto	95,8 mm	15/08/1988
Março	80,9 mm	17/03/1961	Setembro	112,7 mm	12/09/1988
Abril	80,5 mm	25/04/1988	Outubro	105,4 mm	12/10/2000
Maio	93,5 mm	25/05/1944	Novembro	128,1 mm	11/11/2013
Junho	85,5 mm	30/06/2000	Dezembro	114,2 mm	28/12/2012

Fonte: Rede de Dados do INMET, 2014.

É possível constatar que em todos os meses do ano existe uma similaridade nos índices da precipitação. A média de precipitação é de 151,9 mm e somente os meses de abril e novembro ficaram abaixo da média. A consistência da precipitação contribui para uma análise mais precisa dos cálculos dos reservatórios de acumulação e distribuição.

**Quadro 25.** Dados Climatológicos de Caxias do Sul.

<b>Dados Climatológicos para Caxias do Sul</b>													
<b>Mês</b>	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
<b>Temperatura máxima média °C</b>	26,6	26,4	24,6	21,7	18,9	16,9	17,3	18,1	19,7	21,6	23,7	25,7	21,8
<b>Temperatura mínima média °C</b>	16,7	17,0	15,7	12,6	10,6	8,8	8,7	9,2	10,4	11,8	13,7	15,4	12,6
<b>Precipitação (mm)</b>	164,4	146,9	161,2	100,2	122,8	139,8	163,5	185,4	178,6	169,6	122,6	168,1	1823

Fonte: Rede de Dados do INMET, 2014.

### 5.6.2. Análise Preliminar de Perigos

Com as análises realizadas, foi possível constatar que os parâmetros de controle para qualidade da água não foram atendidos. Os índices não são muitos elevados devido à superfície de captação ser com telhas metálicas e por existir um filtro – grelha VF1 que ajuda a não levar folhas e galhos para o reservatório que contribuiria para um aumento da DBO no reservatório. O ensaio 1964 foi realizado em um tempo de estiagem e o ensaio 1940, uma hora após o evento de precipitação. Não foram encontrados índices de DBO nas duas análises realizadas,

todavia, foram encontrados valores de coliformes totais, mostrando que a água não se encontra segura para entrar em contato com o usuário.

Antes do evento da chuva, os índices de turbidez se encontraram baixos e dentro dos valores apresentados como padrão para o uso seguro do aproveitamento pluvial. Logo após o evento de chuva, a turbidez aumentou significativamente de 0,62 para 16,50 NTU. Isso pode ter ocorrido em função das impurezas encontradas na superfície de captação, pois, depois de algumas horas, os sólidos suspensos foram sendo depositados no fundo do reservatório.

O pH tende a ficar básico após algum tempo sem o evento de precipitação, o que ajudaria na cloração. No caso de análise do pH, ele se encontra dentro dos limites estabelecidos para as duas análises realizadas. O fato curioso em relação à análise dos parâmetros de controle biológicos é que, para o ensaio realizado logo após a precipitação, não foram detectados índices de coliformes termotolerantes, coliformes totais e *E. Coli*. Isso pode ter ocorrido pois a coleta foi realizada no segundo reservatório e é possível que a água dessa precipitação não tenha entrado em contato com a água desse reservatório. Como para cada evento foram encontrados índices diferentes, se faz necessário o uso do tratamento com desinfecção, pois não é possível identificar quando existirá uma contaminação maior ou menor em relação a cada evento e a qualidade desejada.

O risco associado à contaminação microbiológica para esse tipo sistema empregado nos edifícios é alto, pois a água entra em contato com os usuários do edifício sem nenhum tratamento prévio. Com os resultados das análises, foi possível perceber a importância de uma caracterização inicial da qualidade da chuva de cada região, pois se relacionarmos com os dados apresentados no capítulo 4.5 (Qualidade de água pluvial), a maioria dos trabalhos apresentados contém valores mais elevados em relação à análise realizada na cidade de Caxias do Sul.

Foi possível constatar também que a escolha da superfície de captação altera a qualidade de água, se comparar com os trabalhos que não utilizaram esse tipo de cobertura. A matriz para análise preliminar de perigos está relacionada no Quadro 26 e somente foram considerados os riscos para o sistema atual em utilização. Para as medidas de controle foram, considerados os mesmos parâmetros de qualidade do sistema definido, pois caso a empresa implante o sistema para ser utilizado de maneira segura, já existe uma base para a mudança do sistema.

**Quadro 26.** Matriz de Análise preliminar de perigos – Levantamento e Medidas de Controle – Parâmetros de qualidade da água – Contaminação física, química e microbiológica – uso seguro da água – Estudo de Caso.

PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA OU MICROBIOLÓGICA DO USUÁRIO – ESTUDO DE CASO							Qualidade
Perigos	Etapa	Evento/Causa	G.R.	PCC	Medidas de Controle	Medidas Mitigadoras	
Caracterização da água da região do aproveitamento pluvial	Coleta da água	Mudanças dos valores dos parâmetros analisados inicialmente	2	PCC 01 Logo antes de atingir a superfície de captação	Todos os parâmetros, exceto OD no reservatório e Cloro Residual Livre	Anualmente fazer uma reanálise da qualidade da água da região do sistema de aproveitamento	QA modificada inicialmente
	Condutores Verticais e Horizontais	Falta de Remoção das Impurezas das Calhas (Folhas, Galhos, Insetos e Outros detritos)	1	PCC 02 Logo antes do filtro - grelha (VF1)	DBO Sólidos Suspensos Turbidez	Limpeza periódica dos condutores horizontais (calhas) Reanálise da qualidade da água no ponto de controle para efetivar a medida de mitigação	QB
Baixa eficiência do tratamento e consequentemente presença de organismos patogênicos	Peneiras, Grades e Grelhas (Filtro-Grelha VF1)	Entupimento na Tubulação de Entrada Falta de Remoção das Impurezas	3	PCC 03 Na saída do filtro VF1	Cor Aparente DBO Sólidos Suspensos Turbidez	Saída da água pelo extravasor do sistema para evitar a danificação do VF1 Limpeza periódica dos condutores horizontais (calhas) Reanálise da qualidade da água no ponto de controle	QB
	Reservatório de Acumulação e de Distribuição	Falha na chave bóia	1	PPC 05 Dentro do reservatório de Acumulação	-	Saída da água pelo extravasor do sistema Conferência da chave bóia durante a coleta das amostras para controle da qualidade	QD
		Entupimento das Grelhas	3	PCC 03 Na saída do filtro VF1	Cor Aparente DBO Sólidos Suspensos Turbidez	Limpeza do filtro - grelha VF1 periodicamente Informar aos usuários sobre a importância da limpeza do componente do sistema	QB
			Qualidade de água captada mais contaminada que a água caracterizada	2	PPC 05 Dentro do reservatório de Acumulação	Todos os parâmetros exceto Cloro Residual e OD no reservatório	Anualmente fazer uma nova análise da qualidade da água da região do sistema de aproveitamento
Proliferação de Microorganismos	Reservatório de Distribuição	Qualidade de água captada mais contaminada que a água caracterizada	2	PPC 09 Dentro do reservatório de Distribuição	DBO OD no reservatório e Cloro residual livre	Anualmente fazer uma nova análise da qualidade da água da região do sistema de aproveitamento	QF
Contaminação do usuário pela água do aproveitamento pluvial	Utilização da água de aproveitamento para usos não potáveis	Falha no Tratamento para o aproveitamento	3	PCC 10 Pontos de uso do sistema	Todos os parâmetros de controle	Conferência do funcionamento do reservatório de first flush, VF1 Filtro, reservatório de retrolavagem, bombas e bomba de desinfecção Reanálise da qualidade da água no ponto de controle para identificar onde o sistema está falhando	QF
	Utilização da água de aproveitamento para usos não especificados	Utilização da água da chuva para usos potáveis	4	PCC 10 Pontos de uso do sistema	-	Torneias de uso não potável com trancas especiais Conscientização dos usuários Placas de Sinalização Conferência Periódico das trancas especiais	QF
Danos às plantas do paisagismo	Uso do sistema Irrigação	Falha no Tratamento para o aproveitamento	1	PCC 10 Pontos de uso do sistema	Alta concentração de Cloro residual livre Sódio	Análise visual Reanálise da qualidade da água no ponto de controle Orientação dos usuários para monitorar a vegetação	QF
Ocorrência de manchas em pisos e latarias	Utilização da água de aproveitamento pluvial para usos autorizados	Qualidade da água captada Falha no Tratamento para o aproveitamento pluvial	1	PCC 10 Pontos de uso do sistema	Turbidez Cloro Residual Livre Cor Aparente Sólidos Suspensos	Reanálise da qualidade da água no ponto de controle Orientação dos usuários para monitorar o sistema de tratamento	QF

Fonte: Autor

Legenda:

Matriz qualitativa de priorização de riscos

Baixo (1)	Médio (2)	Alto (3)	Muito Alto (4)
-----------	-----------	----------	----------------

Níveis de qualidade da água pluvial

QA	QB	QC	QD	QE	QF
----	----	----	----	----	----

Também se faz relevante realizar mais análises para diferentes estações do ano, a fim de construir um conhecimento mais sólido sobre os parâmetros que mais afetam a qualidade da água nessa região. Ressalta-se que, para o ensaio de sódio, os limites estão dentro do esperado.

### **5.6.3. Proposta de diretrizes para implantação do sistema de aproveitamento pluvial seguro no estudo de caso**

Com base na ferramenta de Análise Preliminar de Perigos e na revisão bibliográfica deste trabalho, uma proposta de diretrizes para a implantação do programa de aproveitamento pluvial em edificações foi elaborada com o intuito de auxiliar na tomada de decisões para estudos de projetos e implantação desse tipo de sistema em edificações.

Para que o sistema do estudo de caso se adeque ao uso seguro do sistema, a incorporadora precisa instalar alguns componentes a mais. Como em relação ao sistema definido neste trabalho, os únicos componentes que o sistema possui é o filtro VF1 e uma superfície de captação com telhas metálicas. Assim, pode-se observar o seguinte:

- Como esse empreendimento de estudo possui dois reservatórios subterrâneos é possível realizar a etapa de tratamento da água para aproveitamento pluvial separando os reservatórios que atualmente estão interligados;
- Após um dos reservatórios, é possível instalar o filtro de areia, o reservatório de retrolavagem, as bombas do filtro do reservatório e a bomba para desinfecção;
- Também se pode retirar a bomba de recalque de um dos reservatórios e instalar no segundo reservatório, que receberá a água somente depois de tratada;
- Deverão ser instalados dois extravasores nesses reservatórios para evitar problemas em chuvas intensas, já que, como os reservatórios não estarão mais interligados, é possível que ocorra o vazamento dessa água para aproveitamento.

## 6. CONCLUSÕES

Foi possível concluir com o estudo reportado na revisão bibliográfica que o aproveitamento pluvial ainda tem muito para avançar no Brasil. Os estudos de conservação da água apontam para as opções de fontes alternativas para usos não potáveis e isso foi comprovado com os dados de qualidades dos trabalhos estudados nesta dissertação.

Foi possível concluir com o estudo sobre as legislações que ainda há um longo trajeto de produção de conhecimento para o aproveitamento pluvial como fonte alternativa de abastecimento, com relação à qualidade da água e suas possibilidades de uso nas edificações. Os sistemas de aproveitamento pluvial variam bastante de tipologia e seria importante poder correlacionar a água precipitada com os usos e os modelos para cada situação. Sobre a Análise Preliminar de Perigos, foi possível concluir que é uma ótima ferramenta para estudos iniciais de riscos de sistemas e que pode auxiliar significativamente os cuidados que precisam ser previstos antes de iniciar um projeto.

Com os estudos dos trabalhos apresentados e todos os guias e legislações, foi possível definir parâmetros de controle da qualidade para o aproveitamento pluvial não potável. Eles identificam quais índices de qualidade precisam ser analisados durante a coleta da água para que não afetem as instalações e a segurança do usuário durante o uso. Além disso, foi possível determinar um tempo para análise desses parâmetros para controle do funcionamento do sistema.

Com o estudo da Análise Preliminar de Perigos foi possível concluir os maiores perigos dentro do sistema de aproveitamento pluvial relacionado à qualidade de água, os pontos críticos de controle para minimizar, reduzir ou extinguir os riscos ao usuário, as medidas de controle correlacionado com os parâmetros de controle para cada ponto crítico, e as medidas mitigadoras que contribuem para que cada perigo analisado no sistema possa ser evitado.

Já com a Análise Preliminar de Perigos para o estudo de caso, foi possível concluir que falta conhecimento sobre a contaminação da água da chuva em relação aos parâmetros de controle e sobre o próprio conhecimento do desenvolvimento do projeto para o aproveitamento pluvial. Pode-se perceber que o sistema é falho, que



a escolha de projeto foi feita sem nenhum estudo prévio e que a utilização dessa água não é bem distribuída e está contaminada.

Com a proposta de diretrizes para a implantação do sistema de aproveitamento pluvial para o estudo de caso, pode-se concluir que existe a possibilidade de uma adequação real, bem próxima ao sistema de aproveitamento pluvial definido nesta dissertação, sem perda de espaço nas garagens, bem como uma proposta real para os próximos empreendimentos da empresa se adequar ao uso seguro.

Portanto, com esta Dissertação, foi possível aprender muito sobre o aproveitamento pluvial. Ficou evidente como o caminho para a construção do conhecimento é longo, mas com dedicação é possível avançar em relação a trabalhos já realizados e proporcionar a subida de mais um degrau na escala do conhecimento, pois sempre há o que aprender e melhorar. Aprendeu-se também que o uso da análise de risco é uma excelente ferramenta e pode ser utilizada em vários âmbitos de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIECON. **Análise Preliminar de Perigos**. 2013. Disponível em: <http://www.ambiecon.com.br/app>. Acesso em: 20 mai 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005. Disponível em: [http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual\\_agua\\_em\\_edificacoes.pdf](http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_agua_em_edificacoes.pdf). Acesso em: 09 ago de 2014

ANDRADE NETO, C. O. **Proteção sanitária das águas de cisternas rurais**. In: 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Petrolina- PE. 2003  
BAIN, R., BARTRAM, J., ELIOT, M., MATHEWS, R., MCMAHAN, L., TUNG, R., ET AL. **A summary catalogue of microbial drinking water tests for low and medium resource settings**. Int. J. Environ. Res. Public Health, 1609-1625. 2012.

BASTOS, R.K.X. **Roteiro de orientação para implantação de Planos de Segurança da água** – PSA 87p 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626 - Instalação predial de água fria (ABNT, 1998).Rio de Janeiro, 1988.

ASTM - E2727 - **Práticas padrão para avaliação da qualidade da água da chuva - (Standard Practice for Assessment of Rainwater Quality)**. Estados Unidos da América, 2010.

BORGES, JOSÉ ALEXANDRE; PINHEIRO, ADILSON e FERRARI, ADILVO. **Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial**. Disponível em: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/726>. Acesso em: 27 de setembro de 2013.

BRITISH STANDARDS. **BS 8215 - Código de Práticas – Sistemas de Aproveitamento Pluvial**. Reino Unido, 2009.

C. VIALLE et. al. **Water quality monitoring and hydraulic evaluation of a household roof runoff harvesting system in France.** Disponível em: <http://rd.springer.com/article/10.1007/s11269-012-0012-6/fulltext.html>. Acesso em: 02 de dezembro de 2012.

CARTA DAS ÁGUAS DO RIO GRANDE DO SUL. **Simpósio Gaúcho das Águas.** Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

CETESB Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental. **Variáveis de qualidade das águas.** Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br/aguas/rios/variaveis.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/aguas/rios/variaveis.asp). Acesso em: 10/02/2009

COMMONWEALTH AND ENHEALTH - **Guidance on use Rainwater tanks – 2010 - Guia para uso de reservatórios para aproveitamento pluvial.** Austrália 2010.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21.** 1995. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>. Acesso em: 13 jun 2013.

COOMBES PJ, KUCZERA G & KALMA JD. **Rainwater quality from roofs, tanks and hot water systems at Fig Tree Place.** Proceedings of the 3rd International Hydrological and Water Resources Symposium, Perth, Australia pp. 152-57. 2002. Disponível em: ([www.newcastle.edu.au/~cegak/coombes](http://www.newcastle.edu.au/~cegak/coombes)). Acesso em 13 jun 2013.

FUCHS, L. **Comparison of renovation alternatives for urban storm sewers.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN STORM DRAINAGE. Proceedings, Göteborg: Chalmers University of Technology, v. 3, p. 1.181-1.190, 1984.

DESPINS, C., K. FARAHBAKHSH, AND C. LEIDL. 2009. **Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada.** J. Water Supply Res. Technol. AQUA 58:117–134.

DRYDEN H.T. Drinking water: Improving sand filter performance. **Filtration & Separation**, Vol 44. Pags 22-25., 2009. Acesso: 03/01/2011. FEWSTER E., A. MOL AND C. WIESSANT-B. The long term sustainability of household bio-sand filtration, in: PROCEEDINGS OF THE 30TH WEDC INTERNATIONAL CONFERENCE, VIENTIANE, Laos PDR, 2004, pp. 1–3.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA (FCTH). **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo.** Reedição eletrônica. Prefeitura do Município de São Paulo, abr. 1999, 289 p.

Disponível em: <<http://www.fcth.br/public/cursos/canaismares/md.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

GHISI, Enedir. **Métodos de dimensionamento de reservatórios de água pluvial em edificações.** Apresentação em PDF. Disponível em: <http://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23251.pdf>. Acesso em junho 2012.

GOULD, J. AND NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design, construction and implementation.** IT Publications, London, 1999.

HAGEMANN, SABRINA ELICKER. **Avaliação da qualidade de água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** Disponível em: [http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/Sabrina\\_Elicker\\_Hagemann\\_Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Mestrado.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/Sabrina_Elicker_Hagemann_Disserta%C3%A7%C3%A3o_de_Mestrado.pdf). Acesso em: 02 de dezembro de 2012.

HEIJNEN, Han. **A captação de água da Chuva: Aspectos de Qualidade de água, saúde e higiene.** Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de água de Chuva. Campina Grande, 2012. Disponível em: <http://www2.al.rs.gov.br/forumdemocratico/LinkClick.aspx?fileticket=Zv8iFiAtyTk%3D&tabid=5642>

HERNANDES, ANDRÉ TEIXEIRA. **Diretrizes para o gerenciamento da água pluvial nas edificações escolares municipais da cidade de Ribeirão Preto.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2006.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico – uma visão realista.** In: **Água doce do Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** Coordenação de Aldo Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi. Editora Escrituras, 1999.

HINRICHSEN, D; ROBEY, B; UPADHYAY, U.D. **Solutions for a water-short world.** Baltimore, John Hophins School of Public Health. Population Information Program, 1997. Disponível em: [http://www.infoforhealth.org/pr/m14chap2\\_2.shtml](http://www.infoforhealth.org/pr/m14chap2_2.shtml). Acesso em: 11 ago de 2013.

HELMREICH, B.; HORN, H. **Opportunities in Rainwater Harvesting.** Desalination, v. 248, n. 1/2, p. 118-124, 2009.

INAMINE, M. et al. **Rainwater catchment availability for building in drought-prone Okinawa and proposed numerical appraisal.** In: CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro. Proceedings. CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro. v.1, p. D6-1 D1-6, 2000.

JONNASON, S. A. **Dimensioning methods for stormwater infiltration systems.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN STORMWATER, 3. 1984, Göteborg. Proceedings. Göteborg: Chalmers University of Technology., v. 3, p. 1.037-1.046, 1984.

KARON AE., HANNI KD., MOHLE-BOETANI J.C., BERETTI R.A., HILL V.R.,ARROWOOD M., JOHNSTON S.P., XIAO L., VUGIA D.J. Giardiasis outbreak at a camp after installation of a slow-sand filtration water-treatment system. ***Epidemiology and Infection.*** Vol 29. Pgs 1-5. 2010. Acesso: 02/10/2010.

LEAL, A. C. et al. **Gestão dos recursos hídricos e a construção das cidades construtoras para o próximo milênio.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. Anais: Belo Horizonte. ABRH, 1999. 1 CDROM.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: Ed. Átomo, 2005.** DASBERG, S.; BRESSLER, E. Drip irrigation manual. Bet Dagan: International Irrigation Information Center, 1985. 95 p.

MALINOSWKI, Adriana. **Aplicação de Metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento de reuso de água no meio urbano.** 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. Disponível em:[http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/113-Ariana\\_Malinowski .pdf](http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/113-Ariana_Malinowski.pdf)

MARTINS, M. J. **Gerenciamento de recursos hídricos e drenagem urbana no município de São João de Meriti: análise espacial do efeito da implementação de micro reservatórios em lotes sobre as inundações.** 2004. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ago. 2004.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamentos e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2009. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009

MAY, S. **Estudo do aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MCCARTON, LIAM et. al. **Pilot Rainwater Harvesting Study Ireland**. Disponível em: <http://arrow.dit.ie/engschcivcon/27/>. Acesso em: 02 de dezembro de 2012.

MACOMBER, S. H. P. **Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii**. **Hawaii**: College of Tropical Agriculture and Human Resources; University of Hawaii at Manoa, 2001.

MOREIRA, RONAN FERNANDES. **Avaliação do aproveitamento de água pluvial em complexos aeroportuários**. Disponível em: [http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_ronan\\_fernandes.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_ronan_fernandes.pdf). Acesso em: 02 de dezembro de 2012.

MOURÃO, RUTHILENE GOMES e COSTA, W.J. PINHEIRO. **Estudos para utilização das águas pluviais na usina termoeétrica de Santana, Estado do Amapá: uma contribuição para uso sustentável dos recursos hídricos**. Disponível em: [http://www.abrh.org.br/novo/xvii\\_simp\\_bras\\_rec\\_hidric\\_sao\\_paulo\\_037.pdf](http://www.abrh.org.br/novo/xvii_simp_bras_rec_hidric_sao_paulo_037.pdf). Acesso: em 27 de setembro de 2012.

NIMER, E. Circulação Atmosférica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 28, nº. 3, p. 232-250, jun./set. 1966.

PETROBRAS S./A - **APP - Análise Preliminar de Perigos Base Portuária do E&P no Espírito Santo**. 2010

PHILIPPI, L.S. *et al.* Aproveitamento da água de chuva. In: GONÇALVES, .F.(Org.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. ap. 3, p. 73-152.

PRADO. **Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Revista Técnica, São Paulo, ano 10, n59, p 69-71, 2007.

OHNUMA JR., A. A. **Cenários de reuso de água pluvial e controle da drenagem visando à recuperação ambiental da microbacias do alto Tijuco Preto, São Carlos-SP**. Dissertação de mestrado. 2005. Ciências da Engenharia Ambiental,

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, fev. 2005.

REBELLO, G.A.O. De. **Conservação de água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais.** São Paulo, 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Área de Mitigação de Impactos Ambientais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

RODRIGUES, L. C. S. **Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória – Espírito Santo, 2005.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2005.

ROSSATO, MAIRA S. **Os climas do Rio Grande do Sul: Variabilidade, tendências e tipologia.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, UFRGS/PPGEA 2011.

SABESP - **Norma Técnica Sabesp NTS 181 - Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação.** Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>. Acesso em: 17 jun 2013.

SANTOS, Rodrigo Gonçalves dos. **Arquitetura da Paisagem da Cidade: uma leitura da vegetação urbana inserida no sistema viário.** Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2003.

SAUTCHÚK, C. A. **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações. 2004. 308p.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

SCABBIA, A. L. G. **Aplicação de análise preliminar de perigos (APP) no gerenciamento de risco de incêndios originados em instalações elétricas de baixa tensão 2004.168f.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo São Paulo. 2004.

SEBRAE. **Manual de ferramentas de qualidade.** 2005. Disponível em: <http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/FerramentasDaQualidadeSEBRAE.pdf>. Acesso

em: 20 mai 2013. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (Semads). Enchentes no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, v. 8, 2001. Disponível em: <<http://www.serla.rj.gov.br/planagua/pdf/publi8.zip>>. Acesso em: 21 jun. 2013.

SICKERMAN, M.J. **Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Revista Técnica, São Paulo, ano 1, n59, p 69-71, 2002.

SILVA, GILMAR da. **Aproveitamento de água da chuva em um prédio industrial e numa escola pública – Estudo de caso**. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000441485>. Acesso em: 27 de setembro de 2012.

SOARES, D. A. F. et al. **Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 12. Vitória, 1999. Anais. Vitória: ABRH, 1999, p.7. 1 CD – ROM.

SOUZA, Andrea Françoise Sanches. **Diretrizes para implantação de sistemas de reuso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle – Estudo de caso residencial Valville I**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

STRAHLER, A. N. **Geografía Física**. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1984. 767p.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD AUSTIN. **Guia e Potencial para o Aproveitamento Pluvial do Texas - Rainwater Harvesting Potential and Guidelines for Texas**. Texas, 2006.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

THOMAS, T. H., & MARTINSON, D. B. (2007). **Rofwater Harvesting: A Handbok for Practioners**. Delft: IRC International Water and Sanitation Centre. 2007

VERMEREIN, L.; JOBLING, G.A. **Localized irrigation**. Rome: FAO, 1984. 203 p. (Irrigation and Drainage, Paper 36).



WHO/UNICEF. **Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. (2012). Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 update.** New York: UNICEF and World Health Organization. World Health Organisation. (201). Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition. Geneva:WHO.

ZERBINATTI, OBERDAN EVERTON et. al. **Qualidade da água proveniente da chuva coletada em diferentes tipos de telhados.** Disponível em: <http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=579>. Acesso em: 02 de dezembro de 2012.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

COMPONENTES DO SISTEMA	OPERAÇÃO	NOTAS	FREQUÊNCIA
Calha e condutores verticais	Inspeção/Manutenção	Verifique se não há vazamentos ou Bloqueios devido à acumulação de detritos; limpar as calhas se necessário.	Anual
Filtro	Inspeção/Manutenção	Verificar a condição do filtro e limpe se necessário	Anual
Reservatório	Inspeção	Verifique se não há vazamentos, que houve. Nenhuma acumulação de detritos e que o tanque é estável e a tampa está corretamente instalada	Anual
	Manutenção	Escoar a água do reservatório e efetuar limpeza	A cada 10 anos
Bombas e controle de bomba	Inspeção/Manutenção	Verifique se não há vazamentos e se não houve nenhuma corrosão; realizar uma testar a execução	Anual
Retorno de abastecimento de água	Inspeção	Verifique se a fonte de retorno funciona corretamente e se existem vazamentos e que as lacunas de ar são mantidas	Anual
Unidade de Controle	Inspeção/Manutenção	Verifique se a unidade está operando de forma adequada, incluindo o alarme funcionar quando aplicável.	Anual
Indicar de nível de água	Inspeção	Verificar que o indicador de nível responde corretamente para o patamar de água no tanque.	Anual
Fiação	Inspeção	Verifique visualmente que a fiação elétrica é segura	Anual
Tubulação	Inspeção	Verifique se não há vazamentos, que a tubos são estanques e que transborda são claras.	Anual
Marcações	Inspeção	Verifique se os avisos e tubulações identificação estão corretos e no lugar	Anual
Fixação e suporte	Inspeção/Manutenção	Ajuste e aperte, se for o caso.	Anual
Lâmpada UV	Inspeção/Manutenção	Limpe e substitua se necessário	A cada 6 meses

Fonte: BSI, 2009

## ANEXO B

**Designation: E2727 – 10 - Standard Practice for Assessment of Rainwater Quality - Questões a serem revisada – Caracterização do Ambiente, determinando o uso da água pluvial - (potável ou não potável).** Fonte: ASTM, 2010.

Questões	Conclusões		Fontes de Apoio para Conclusão		
	Não	Sim	Obs.	Documentos	Entrevistas
É a captação em um ambiente urbano?					
É a captação de cerca de 500 m (1640 pés) de uma rua movimentada ou estrada?					
É a captação de cerca de 500 m (1640 pés) de uma propriedade agrícola que não é totalmente Orgânico?					
É a captação de cerca de 500 m (1640 pés) de uma instalação industrial?					
É a captação de cerca de 500 m (1640 pés) de um posto de abastecimento?					
É a captação em 500 m (1640 pés) de uma estrada de ferro ou um km (0,62 milhas) de um pátio ferroviário?					
É a captação dentro de 1 km (0,62 milhas) de um aeroporto?					
É a captação de cerca de 500 m (1640 pés) de uma ou outras de indústrias abandonadas que podem contaminar a propriedade?					
Foi feita uma avaliação ambiental do local conduzido de acordo Prática com E1527 ou E1528 Practice, ou ambos, relataram reconhecida condição ambiental de 500 m (1640 pés) da área de influência?					
Há evidências de reconhecidas condições ambientais dentro 500 m (1640 pés) da bacia hidrográfica?					
É a área de influência dentro de 10 km (6,2 milhas) de águas costeiras?					
Existem outras condições de sites exclusivos, incluindo eventos recentes e condições temporárias, que indicam o potencial de contaminar a área de influência?					

## **ANEXO C**

**Relatórios dos Parâmetros de Qualidade do Aproveitamento Pluvial do Estudo de Caso.**

## ANEXO D

## Classificação climática de Köppen.

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Características</b>
<b>A</b>	<i>Clima Equatorial/Tropical</i>	<i>Clima megatérmico</i> <i>Temperatura média do mês mais frio &gt; 18 °C</i> <i>Sem estação de inverno</i> <i>Precipitação anual maior que a evapotranspiração</i>
<b>B</b>	<i>Clima Árido</i>	<i>Clima seco</i> <i>Precipitação inferior a 500 mm por ano</i> <i>Evapotranspiração maior que a precipitação</i> <i>Sem cursos de água permanentes</i>
<b>C</b>	<i>Clima Temperado</i>	<i>Clima mesotérmico</i> <i>Temperatura dos meses mais frios (-3° C e 18°C)</i> <i>Temperatura média do mês mais quente &gt; 10°C</i> <i>Estações de inverno e verão bem definidas</i>
<b>D</b>	<i>Clima Continental</i>	<i>Clima microtérmico</i> <i>Temperatura média do ar no mês mais frio &lt; -3°C</i> <i>Temperatura média do mês mais quente &gt; 10°C</i> <i>Estações de inverno e verão bem definidas</i>
<b>E</b>	<i>Clima Polar/Glacial</i>	<i>Climas polares e de montanha</i> <i>Temperatura média do mês mais quente &lt;10°C</i> <i>Estação do verão pouco definida ou inexistente.</i>

Fonte: ROLIM, 2007.

## ANEXO E

## Resultados médios dos parâmetros de qualidade para água da chuva sem contato com superfície.

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aplica-se ao grupo</b>
<b>S</b>	<i>Clima de espetes</i> <i>Precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm</i>	<b>B</b>
<b>W</b>	<i>Clima desértico</i> <i>Precipitação anual total média &lt; 250 mm</i>	<b>B</b>
<b>f</b>	<i>Clima úmido</i> <i>Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano</i> <i>Inexistência de estação seca definida</i>	<b>A-C-D</b>
<b>w</b>	<i>Chuvas de verão</i>	<b>A-C-D</b>
<b>s</b>	<i>Chuvas de inverno</i>	<b>A-C-D</b>
<b>w'</b>	<i>Chuvas de verão - outono</i>	<b>A-C-D</b>
<b>s'</b>	<i>Chuvas de inverno – outono</i>	<b>A-C-D</b>
<b>m</b>	<i>Clima de monção</i> <i>Precipitação total anual média maior que 1500 mm</i> <i>Precipitação do mês mais seco menor que 60 mm</i>	<b>A</b>
<b>T</b>	<i>Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0° e 10 °C</i>	<b>E</b>
<b>F</b>	<i>Temperatura média do mês mais quente menor 0 °C</i>	<b>E</b>
<b>M</b>	<i>Precipitação abundante</i> <i>Inverno pouco rigoroso</i>	<b>E</b>

Fonte: ROLIM, 2007.

## ANEXO F

Resultados médios dos parâmetros de qualidade para água da chuva sem contato com superfície.

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aplica-se ao grupo</b>
<b>a – verão quente</b>	<i>Temperatura média do ar no mês mais quente <math>\geq 22</math> °C</i>	<b>C-D</b>
<b>b – verão temperado</b>	<i>Temperatura média do ar no mês mais quente <math>&lt; 22</math> °C Temperatura média do ar nos quatro meses mais quentes <math>&gt; 10</math> °C</i>	<b>C-D</b>
<b>c – verão curto e fresco</b>	<i>Temperatura média do ar no mês mais quente <math>&lt; 22</math> °C Temperatura média do ar nos quatro meses mais quentes <math>&gt; 10</math> °C Temperatura média do ar no mês mais frio <math>&gt; - 38</math>°C</i>	<b>C-D</b>
<b>d – inverno muito frio</b>	<i>Temperatura média do ar no mês mais frio <math>&lt; - 38</math>°C</i>	<b>D</b>
<b>h – seco e quente</b>	<i>Temperatura média anual do ar <math>&gt; 18</math>°C Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a 18 °C)</i>	<b>B</b>
<b>k – seco frio</b>	<i>Temperatura média anual do ar <math>&lt; 18</math> °C Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18 °C)</i>	<b>B</b>

Fonte: ROLIM, 2007