

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM
ENGENHARIA HÍDRICA

**Conservação de Água em Edificações: Estudo de caso do Instituto de Recursos Naturais
da UNIFEI**

André Guerreiro da Motta

Itajubá
Março de 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM
ENGENHARIA HÍDRICA

André Guerreiro da Motta

**Conservação de Água em Edificações: Estudo de caso do Instituto de Recursos Naturais
da UNIFEI**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Hídrica como parte dos requisitos para
obtenção do título de mestre em Engenharia Hídrica**

Área de Concentração: Gestão de Recursos Hídricos

Orientadora: Prof. Dr^a Márcia Viana Lisboa Martins

Março de 2020

Itajubá

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, minha noiva Juliana, meus pais José Paulo e Niva, a meu irmão Breno e a minha orientadora Márcia, que muito me apoiaram a realizar este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À UNIFEI, por sua excelência e a disponibilização de oportunidades de aprendizado à novos alunos e, também, aos docentes do programa de pós-graduação do IRN, por sua disponibilidade de atendimento e conhecimento repassado.

À minha orientadora Marcia Viana, que acreditou no meu trabalho e me apoiou durante todas as etapas do desenvolvimento e conclusão.

Aos servidores dos diversos departamentos UNIFEI, pelo fornecimento dos dados imprescindíveis para a elaboração do trabalho.

Aos meus colegas de pós-graduação, pela contribuição ao trabalho e pelas amizades que durarão para toda a vida.

A minha noiva Juliana, pelo apoio e compreensão pela ausência durante as horas dedicadas a este trabalho.

Aos meus pais José Paulo e Niva, que sempre acreditaram em mim e nas minhas ideias.

A meu irmão Breno e minha cunhada Sandra que, com paciência e dedicação, me ajudaram em todas as etapas deste trabalho.

A meu amigo Ênio, pois sem o seu apoio, eu não conseguiria obter as leituras diárias necessárias.

Acima de tudo, a Deus. Sem a presença dele, esta pesquisa seria inviável, pois todo conhecimento é proveniente Dele.

“Se você quer ser bem-sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si mesmo”

Ayrton Senna

RESUMO

A diminuição das reservas de água doce, devido à poluição da água, associada ao aumento da demanda e aos altos índices de perdas, torna necessária a adoção de técnicas e práticas de conservação e racionalização da água. O Programa de Conservação de Água (PCA) em edificações compreende um conjunto de medidas que visam reduzir a demanda de água através do monitoramento do consumo, aumento da eficiência, redução do uso de água e diminuição de perdas por meio da troca de equipamentos e correção de problemas no sistema hidráulico. O aumento da oferta de água pode ser obtido através da captação de fontes alternativas como, por exemplo, captação de água subterrânea, aproveitamento de água de chuva e reuso de efluentes. Assim, este estudo tem por objetivo a elaboração de metodologia para um programa de conservação de água tendo como estudo de caso a aplicação no Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá. A metodologia baseia-se nas diretrizes do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (BRASIL, 2003) e em exemplos de aplicação de programas de conservação em campos universitários. Inicialmente foram instalados hidrômetros nas edificações em estudo possibilitando o monitoramento do consumo de água. Estes resultados apresentaram consumos inferiores aos valores apresentados em bibliografias. Em seguida, foram propostas medidas para redução do consumo, como a troca de equipamentos hidrosanitários por equipamentos mais eficientes. Por último foi analisado a viabilidade técnica e econômica de implantação de sistemas aproveitamento de águas subterrâneas, água de chuva e reuso de água cinza para substituição da água potável. Conclui-se que as medidas de baixo investimento apresentam um tempo de retorno até 5 meses para troca de torneiras. Para as medidas de médio investimento como a substituição de bacias sanitárias, o tempo de retorno apresenta-se entre 12 e 18 meses. As medidas de alto investimento que apresentou viabilidade econômica foi a perfuração de poços subterrâneos com tempo de retorno de 10 meses

Palavras-Chave: Plano de conservação de água; Monitoramento de consumo.

ABSTRACT

The decrease in fresh water resources, due to water pollution, associated with increase in both demand and water losses, makes it necessary to adopt techniques and practices for water conservation. The Water Conservation Program (PCA) in buildings presents a set of measures to reduce water demand by monitoring consumption, seeking for better efficiency, reducing water usage and reducing losses by changing the hydraulic equipment, fixing the hydraulic system problems, and the increase in water supply, through alternative sources such as groundwater, rainwater and reuse of wastewater. Thus, this study apply a formulation of a methodology water conservation program in the Institute of Natural Resources of the Federal University of Itajubá, allowing, later, the application for the entire campus. The methodology is based on the guidelines of the National Program to Combat Water Waste (BRASIL, 2003) and on successful application of conservation programs in other Brazilian Universities. First, water meters were installed at the entrance of the buildings, enabling the monitoring of water consumption. The data collected showed in lower consumption than the values proposed in bibliographies. Then, measures to reduce demand were proposed, such as the change of hydraulic equipment by more efficient ones. Finally, the technical and economic feasibility of implementing systems for the use of groundwater, rainwater and reuse of wastewater, instead of using drinkable water, was made. It was concluded that the low investment measures have a payback between one day, for the publication of recommendations on awareness, up to 5 months for changing taps. For medium investment measures, with the case of toilets replacement, the payback presented returns between 12 and 18 months, varying in relation to the frequency of use of the toilets. The high investment measures, being the drilling of wells the only one that presented financial viability, showed a result of 10 months payback.

Keywords: Program Water Conservation; Water usage measurement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do PNCDA. Fonte: BRASIL, 2003	24
Figura 2 – Fluxograma de implantação do PURA-USP. Fonte: Silva, 2004	26
Figura 3 – Avaliação do impacto do PURA na Escola Estadual Fernão Dias Paes, em São Paulo - SP, após correção de vazamentos e instalação de componentes economizadores Fonte: Oliveira et. al, 1999	28
Figura 4 – Fluxograma de implantação do PRÓ-ÁGUA – UNICAMP. Fonte: Nunes, 2000..	29
Figura 5 – Redução de consumo de água na UNICAMP (adaptado de Fiori, 2014 apud Pedroso, 2002).....	30
Figura 6 – Fluxograma implementação PRÓAGUA – UFBA. Fonte: Nakagawa, 2009.....	31
Figura 7 – Fluxograma de aplicação do programa da Environmental Protection Agency. Fonte: EPA,1970	32
Figura 8 – Medição por telemetria. Fonte: Smartinstec, 2018.	35
Figura 9 - Fluxograma da metodologia. Fonte: Autor.....	42
Figura 10 – Organograma geral da UNIFEI. Fonte: UNIFEI, 2019	52
Figura 11 – Croqui do Campus da UNIFEI. Fonte: Google Earth.....	54
Figura 12 – Gráfico do Consumo geral do campus em meses. Fonte: Autor.....	55
Figura 13 – Consumo anual de água do campus. Fonte: Autor.....	56
Figura 14 – Croqui de instalação dos hidrômetros no IRN. Fonte: Autor.....	59
Figura 15 – Croqui dos hidrômetros instalados e Blocos da UNIFEI. Fonte: Autor.	60
Figura 16 – Layout do Bloco M3. Fonte: DOBI, 2018.	62
Figura 17 – Layout do Bloco L8. Fonte: DOBI, 2018.	64
Figura 18 – Layout do Bloco L9. Fonte: DOBI, 2018.	66
Figura 19 – Destilador do laboratório de saneamento em uso. Fonte: Autor.....	67
Figura 20 – Anel de regulação das torneiras hidromecânicas. Fonte: Autor.	68
Figura 21 – Abraçadeira de nylon instalada na torneira hidromecânica do Bloco L9. Fonte: Autor.....	69
Figura 22 – Vazão da válvula de descarga de 1 ½” para diferentes cargas hidráulicas (adaptado de Docol, 2019).....	71
Figura 23 – Medição do Volume de água utilizada para gerar 1L de água destilada. Fonte: Autor.....	72
Figura 24 – Consumo médio mensal (*valores estimados). Fonte: Autor.	77
Figura 25 – Consumo médio por dia da semana entre 19/11/2018 e 15/06/2019. Fonte: Autor.	77
Figura 26 – Consumo médio semanal 19/11/2018 e 15/06/2019. Fonte: Autor.	78
Figura 27 – Consumo aos domingos entre 26/11/2018 e 09/06/2019. Fonte: Autor.	78
Figura 28 - Representação das instalações dos reservatórios dos Blocos M3, L8 e L9. Fonte: Autor.....	83
Figura 29 – Localização dos poços subterrâneo de abastecimento de água. Fonte: Autor.	87
Figura 30 – Pia do banheiro L9 com detalhe para a recomendação sobre acionamento de torneiras. Fonte: Autor.....	89

Figura 31 – Bacia sanitária no Bloco L8 com aviso sobre acionamento da válvula de descarga. Fonte: Autor.....	90
Figura 32 – Fluxo de caixa de substituição de torneira	91
Figura 33 – Fluxo de caixa de substituição das bacias sanitárias	93
Figura 34 – Fluxo de caixa da perfuração dos poços	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Equipamentos convencionais e de baixo consumo de água	38
Tabela 2 – Consumo médio diário para diferentes atividades comerciais	58
Tabela 3 – Vazão estimada para os Blocos	58
Tabela 4 – Quantidade de equipamentos hidrossanitários por Bloco.....	61
Tabela 5 – Quantificação dos equipamentos hidrossanitários instalados no Bloco M3.....	63
Tabela 6 – Quantificação dos equipamentos hidrossanitários no Bloco L8.....	65
Tabela 7 – Quantificação dos equipamentos hidrossanitários no Bloco L9.....	67
Tabela 8 – Volume, em mL, por acionamento das torneiras hidromecânicas.....	69
Tabela 9 – Volume, em mL, por acionamento das torneiras, após modificação no Bloco L9.	70
Tabela 10 – Estimativo do consumo de água destilada por mês	73
Tabela 11 – Quantidade de usuários fixos e flutuantes nos Blocos.....	74
Tabela 12 – Demanda de água estimada por usuários equivalentes por Blocos	74
Tabela 13 – Demanda de água estimada por usuários equivalentes por Blocos por PNCDA .	75
Tabela 14 – Demanda média de água dos Blocos do IRN	75
Tabela 15 – Consumo nos Blocos no mês de maio de 2019	80
Tabela 16 - Comparação das demandas mensais. Fonte: Autor	80
Tabela 17 – Memorandos de problemas hidráulicos enviados ao DOBI durante a elaboração deste trabalho.....	81
Tabela 18 – Quantificação de limpezas e volume de água dispendido	82
Tabela 19 – Monitoramento de precipitações na estação São João de Itajubá (em mm/mês) .	85
Tabela 20 – Volumes mensais passíveis de captação no telhado do Bloco M3.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CUASO – Campus Universitário Armando Sales de Oliveira

DOBI – Diretoria de Obras e Infraestrutura

DSG – Diretoria de Serviços Gerais

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IRN – Instituto de Recursos Naturais

MPEH – Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica

MEMARH – Mestrado Profissional em Meio Ambiente e Recursos Hídricos

PCA – Programa de Conservação de Água

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água

PRAD – Pró-Reitoria de Administração

PURA – Programa de Uso Racional de Água

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	20
2.1. Objetivo Geral	20
2.2. Objetivos Específicos	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1. Gestão de Água	21
3.2. Programa de Conservação de Água – PCA	21
3.3. Exemplos de programas de conservação de água	24
3.4. Medição Setorizada	32
3.5. Perdas de água	35
3.6. Aparelhos Sanitários Economizadores	37
3.7. Controle de Pressão do Sistema Hidráulico	38
3.8. Aproveitamento de fontes alternativas de água	39
3.8.1. Aproveitamento de Água de Chuva	39
3.8.2. Reuso de Água Cinza	40
3.8.3. Águas Subterrâneas	41
3.9. Estudo de Viabilidade Econômica	41
3.10. Desenvolvimento do Sistema de Gestão e Monitoramento de Consumo de Água 41	41
4. METODOLOGIA	42
4.1. Auditoria Inicial - Planejamento	42
4.1.1. Caracterização Geral da Instituição	43
4.1.2. Análise Documental	43
4.1.3. Setorização do Consumo de Água	43
4.1.3.1. Instalação dos Hidrômetros	43
4.1.3.2. Monitoramento do Consumo de Água	44
4.1.4. Avaliação das Edificações	44
4.2. Avaliação da Demanda de Água	45
4.2.1. Estimativa do Consumo de Água	45
4.2.2. Perdas Físicas	46
4.2.3. Adequação de Processos	46
4.2.4. Adequação de Equipamentos e Componentes	46

4.2.5.	Controle de pressão do Sistema Hidráulico	47
4.3.	Avaliação de Oferta de Água	47
4.3.1.	Águas Pluviais	47
4.3.2.	Reuso de Água Cinza	47
4.4.	Estudo de Viabilidade Econômica	48
4.4.1.	Medidas de Baixo Investimento	48
4.4.2.	Medidas de Médio Investimento	48
4.4.3.	Medidas de Alto Investimento	48
4.5.	Análise Econômica	49
5.	RESULTADOS	51
5.1.	Auditoria Inicial	51
5.1.1.	Caracterização Geral da Instituição	51
5.1.2.	Caracterização do consumo de água	52
5.1.3.	Programa de Setorização do Consumo de Água para Monitoramento	56
5.1.4.	Instalação dos Hidrômetros	57
5.1.5.	Avaliação das Edificações	60
5.1.5.1.	Caracterização do Bloco M3	61
5.1.5.2.	Caraterização do Bloco L8	63
5.1.5.3.	Caracterização do Bloco L9	65
5.2.	Avaliação da Demanda de Água	68
5.2.1.	Análise de Equipamentos e Componentes	68
5.2.2.	Estimativa do Consumo de Água	73
5.2.3.	Monitoramento do Consumo de Água	75
5.2.4.	Perdas Físicas	80
5.2.5.	Adequação de Processos	82
5.2.6.	Controle de Pressão do Sistema Hidráulico	83
5.3.	Avaliação de Oferta de Água	84
5.3.1.	Águas Pluviais	85
5.3.2.	Águas subterrâneas	86
5.3.3.	Reuso de Água Cinza	88
5.3.4.	Resumo da Avaliação da Oferta de Água	88
5.4.	Estudo de Viabilidade Econômica	89
5.4.1.	Medidas de baixo investimento	89

5.4.2. Medidas de médio investimento	92
5.4.3. Medidas de alto investimento	93
5.5. Desenvolvimento do Sistema de Gestão e Monitoramento de Consumo de Água 95	
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
APÊNDICES	103
ANEXOS	110

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande disponibilidade de recursos hídricos, porém diversas regiões se encontram atualmente sob regime de escassez, seja ela quantitativa ou qualitativa. No semiárido nordestino, por exemplo, a escassez é consequência do baixo regime pluviométrico. Já na região Sul e Sudeste, em especial, nos grandes centros urbanos, a escassez é resultante poluição dos corpos hídricos, associada à elevada concentração da população (RODRIGUES; VILELA, 2015).

A falta de conscientização do uso controlado de água nas residências, escritórios, escolas, indústrias e demais prédios, associada à falta de incentivo aos consumidores para evitar o desperdício de água, são fatos que tornam ainda mais preocupante a sustentabilidade dos recursos hídricos (NAKAGAWA, 2009).

Gonçalves (2009) destaca que “a ausência de estruturas e sistemas de gestão de recursos hídricos adequados, aliados a padrões culturais incompatíveis, deixam milhões de pessoas sem o acesso apropriado à água e intensificam a degradação e os conflitos de uso”. Em busca de novas fontes para suprir a demanda, instrumentos de gestão de recursos hídricos foram elaborados, visando assegurar a boa qualidade da água às futuras gerações. Nas últimas décadas, começou-se a observar uma mudança gradual com vistas para uma utilização de forma mais eficiente dos recursos hídricos através de gestão de demanda (MANCA *et al.* 2014).

No aspecto de gestão dos recursos hídricos ressalta-se a diferenciação entre os modelos gestão de oferta e de gestão de demanda. Os modelos de gestão de oferta são representados pela expansão da disponibilidade das fontes de recursos hídricos para atendimento da demanda, sejam sob a forma de captação superficial em cursos d’água, pela implantação de barramentos e reservatórios para regularização da vazão, em períodos de estiagem, ou captação subterrânea.

Os modelos de gestão de demanda contrastam com a gestão de oferta, visto que a segunda visa sempre o atendimento crescente das necessidades de água, enquanto a primeira se vincula à destinação e forma de utilização do recurso hídrico, influenciando o comportamento dos usuários, cobrando pelo uso e taxando a poluição, por exemplo. A cobrança pelo uso reduz a sensação de que o recurso hídrico é ilimitado, e tende ao

direcionamento dos usuários para o princípio da racionalidade econômica (STUDART *et al*, 2003).

Inseridos nos modelos de gestão de demanda, estão situados os Programas de Conservação de Água – PCA, que tem como conceito a otimização do consumo com conseqüente redução da utilização da fonte de suprimentos, através de medidas tais como redução no consumo e desperdício, correção de perdas e reutilização de efluentes (PNCDA, 2003). Tais programas possuem históricos positivos de sucesso em instituições de ensino como, por exemplo, a Universidade de São Paulo – USP, a Universidade de Campinas – UNICAMP – e a Universidade Federal da Bahia – UFBA.

Baseado nestas experiências este estudo pretende formular uma metodologia que possa ser utilizada por administradores e/ou gestores da água de edificações, para a viabilização técnica e econômica da implantação de Programa de Conservação de Água - PCA.

Um PCA compreende a implantação de ações de racionalização do consumo e, com o auxílio de monitoramentos pontuais através de medições setorizadas, os resultados podem ser acompanhados de forma mais detalhada. Posteriormente, o programa pode utilizar os novos patamares de consumo alcançados como referência futura para ampliação das ações. Continuamente às primeiras ações, deve-se realizar uma avaliação de utilização de fontes alternativas de abastecimento com a finalidade reduzir o consumo de água potável. Além disto, deve-se implementar um Sistema de Gestão permanente, para garantia da manutenção dos resultados obtidos com o PCA e, para que este obtenha sucesso, é necessário contar com a participação de técnicos, usuários e gestores (BRASIL, 2003).

As Universidades são grandes consumidoras de água e, em geral a demanda de água é atendida exclusivamente pela concessionária de água local, não havendo monitoramentos de consumo em setores internos, exceto pelos hidrômetros utilizados para o faturamento mensal. Assim, eventuais perdas de água ocasionadas por vazamentos, por exemplo, provocam alterações de consumo perceptíveis no consumo mensal junto à concessionária, porém sua identificação dentro do campus pode ser um trabalho difícil por não haver um norteamto para suas buscas.

A medição setorizada, uma das ferramentas de um programa de conservação de água, visa melhorar o gerenciamento do sistema não dependendo unicamente de um hidrômetro principal de entrada, mas sim da medição por vários hidrômetros espalhados em setores pré-

definidos, que permitem a avaliação do consumo em partes de um sistema, permitindo a identificação de anomalias de forma mais pontual e precisa, reduzindo localmente o consumo de água e o dispêndio financeiro.

A implementação de um PCA em Universidade possibilita o uso eficiente da água, sem comprometimento da qualidade e a redução dos custos com água potável, além de fortalecer a imagem da Instituição perante a sociedade, demonstrando uma maior responsabilidade social.

Ressalta-se que a aplicação de qualquer metodologia de gestão de demanda de água deve ser mantida por longo prazo, sempre acompanhando por comissões internas para verificação de sua eficácia e dando publicidade aos seus resultados, como forma a motivar a continuidade do programa por diferentes gestões, corpos técnicos e usuários.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Elaboração de metodologia para um programa de conservação de água, tendo como estudo de caso as edificações do Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

2.2. Objetivos Específicos

- Análise de consumo setorizado;
- Proposição de medidas para diminuição do consumo de água;
- Análise econômica das medidas de conservação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Gestão de Água

A gestão de demanda de água pode ser entendida em contexto mais amplo como o desenvolvimento e implantação de estratégias que influenciem a demanda com o objetivo de equalizar oferta e demanda para coibir a escassez e seus consequentes conflitos, bem como postergar a busca por fontes alternativas de água (SAVENIJE *et al*, 2002; PCNDA, 2003). Resumidamente, gestão da demanda é toda e qualquer medida que objetive a redução do consumo final de água pelos usuários do sistema, sem prejuízo para a higiene e conforto proporcionado pelo sistema original e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas, estando incluído neste contexto o PCA (SANTOS, 2010; BRASIL, 2015).

O Ministério do Planejamento e Orçamento, em 1997, instituiu o Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água - PNCDA, tendo como objetivos definir ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais para economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas, desde sua captação até o consumo final (TAMAKI, 2003).

No âmbito do PNCDA encontram-se inserido o PCA voltado diretamente para aplicação de ações de redução de consumo em edificações existentes ou novas, sendo que neste último caso o programa pode ser incorporado já na fase de concepção dos projetos (BRASIL, 2003). Cita-se, por exemplo, o Programa de Uso Racional de Água – PURA como um PCA amplamente aplicado, iniciado em 1996 pela SABESP com objetivo de incentivar o uso racional, através de ações tecnológicas e mudanças culturais. O PURA contempla ações como reparo de vazamentos, troca de equipamentos sanitários por equivalentes economizadores, estudos de reaproveitamento e palestras, podendo ser aplicadas às mais diversas instituições, incluindo prédios públicos como Universidades e hospitais.

3.2. Programa de Conservação de Água – PCA

A implantação de um PCA tem como consequência esperada a redução geral do consumo de água e a geração de efluentes, reduzindo custos na aquisição de água da concessionária ou no tratamento, caso a opção do local seja por coleta e tratamento autônomos.

Tamaki (2003) ressalta que o sucesso dos PCA depende do gerenciamento de demanda. Esta informação, desde que bem gerida, permite um controle individualizado e direciona a eliminação do desperdício.

O PCA apresenta, portanto, o conjunto de ações voltadas para a gestão da demanda e da oferta em edificações existentes ou novas, podendo ser aplicado em Blocos, andares, unidades ou quaisquer outros níveis de setorização de interesse para análise da demanda, levando-se em consideração a tipologia das edificações, maiores consumidores ou interesse específico (BRASIL, 2003). Dentro da gestão de demanda podemos citar ações que contemplam a redução do consumo, do desperdício e das perdas com aumento da eficiência. Assim, publicações como Santana *et. al* (2010) e o Documento Técnico de Apoio F3 (BRASIL, 2003) apresentam frentes básicas de ação para a implantação de um PCA:

- Ações econômicas como alterações tarifárias, ou subsídios para aquisição de equipamentos e sistemas economizadores;
- Ações sociais como campanhas educativas, tanto com relação aos procedimentos práticos de economia hídrica, quanto no que diz respeito às mudanças comportamentais individuais; e,
- Ações tecnológicas, como a substituição de sistemas e componentes hidráulicos convencionais por semelhantes mais eficientes, principalmente mictórios e bacias sanitárias, implantação de sistemas de medição setorizada, detecção e correção de vazamentos, irrigação com maior eficiência com sistemas automáticos, reaproveitamento de água, e reciclagem de água servida.

Pode-se acrescentar às ações tecnológicas a gestão de oferta, onde há a alteração da fonte de suprimento, com a utilização de fontes alternativas, considerando que sejam obtidas águas com qualidade compatível à destinação de cada processo, resguardando-se a saúde pública e os demais usos envolvidos tendo, como consequência final, redução no efluente gerado (FIORI, 2014).

Faz-se importante notar que, caso opte-se por fontes alternativas, como poços ou água de chuva, a edificação passa a ser considerada produtora de água, devendo realizar um monitoramento contínuo da qualidade água que está sendo disponibilizada e, se necessário, realizar o tratamento da mesma devendo, ainda, se atentar para a legalização relativa à outorga, se for o caso, diferentemente de quando se utiliza a rede de uma concessionária para

a obtenção de água, esta já é responsável pela realização das análises e possui comprometimento legal de entrega com qualidade.

Em linhas gerais, a aplicação de um programa de conservação inicia-se contemplando uma auditoria inicial com o projeto hidráulico predial e a avaliação da demanda e oferta de água, traçando metas de economia com base no histórico de consumo e estimativas de demanda.

Antes do início das ações de implementação do programa de conservação, deve-se conhecer o consumo atual de água, obtido através de monitoramento, de forma a se possuir uma referência anterior aos procedimentos do programa. Deve-se, também, ser calculada uma estimativa de consumo, baseado em consumos típicos do tipo de população que ocupa o local, para comparação com o consumo mensurado. Caso sejam observadas discrepâncias significativas, deve-se realizar uma busca ao agente causador (BERTONE, et al, 2016).

Posteriormente há a aplicação de ações tecnológicas, como a correção de vazamentos, troca de equipamentos hidráulicos, e análise dos processos envolvidos como, por exemplo, a forma de utilização de água em refeitórios e laboratórios, com enfoque na conscientização de uso, sugerindo mudanças de metodologia, se possível. Nesta etapa devem ser monitoradas as alterações de consumo graduais a partir da aplicação de cada nova alteração no sistema, de forma a comparar financeiramente a viabilidade econômica da intervenção, considerando a vida útil dos equipamentos, para replicação posterior em outros setores.

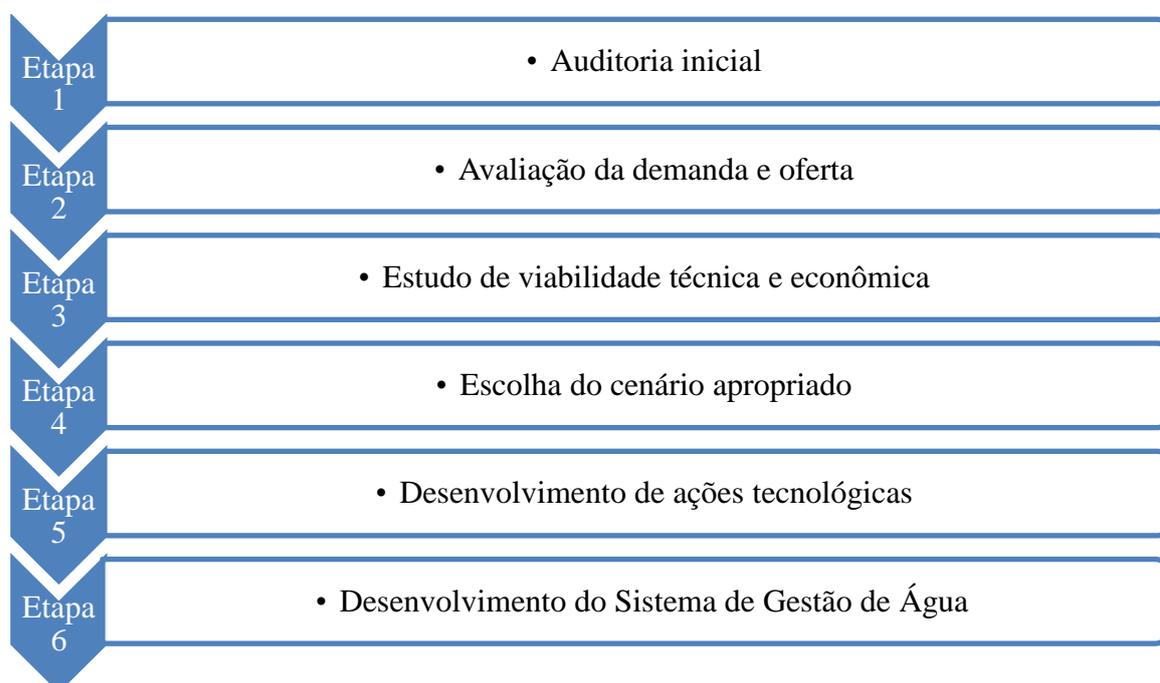
Deve ser definido um gestor para publicação regular dos resultados obtidos, multiplicando a importância do programa para mais usuários na edificação, além de estabelecer um canal de comunicação com os usuários para que estes possam indicar problemas como vazamentos ou má conservação de alguma unidade hidráulica. O gestor, assim, poderá executar correções nas metas e objetivos do programa, adequando-se aos resultados obtidos. Em fases posteriores, com a concretização da economia, o gestor passar a contar com recursos financeiros para novos investimentos, garantindo a continuidade do PCA por longo prazo (BRASIL, 2003).

3.3. Exemplos de programas de conservação de água

- **PNCDA** – Programa Nacional do Combate ao Desperdício de Água

O PNCDA, no âmbito do Estado Federal, elaborou um Documento Técnico de Apoio - DTA, e em sua versão nº F3, que tem como objetivo a apresentação de uma metodologia de implantação de PCA para edificações. Tal documento serve como referência para aplicação em prédios públicos. Na Figura 1 está apresentado o fluxograma de aplicação do PNCDA.

Figura 1 – Fluxograma do PNCDA. Fonte: BRASIL, 2003



Este Documento de Apoio Técnico - DTA foi elaborado para combater o desperdício de “água nobre”, buscando alternativas de otimização de consumo, baseada em ações tecnológicas, institucionais e educacionais. Faz-se importante a avaliação da demanda da água para a minimização do consumo, juntamente com a avaliação de fontes alternativas. Esta metodologia foi desenvolvida de maneira a consolidar o cenário mais apropriado a uma edificação, com garantia de um uso otimizado e, também, gerando menos efluente e preservando a qualidade da água.

- **PURA** - Programa de Uso Racional da Água

A Universidade de São Paulo - USP implantou em suas unidades o Programa de Uso Racional de Uso Racional - PURA, considerado o marco inicial entre os programas de uso

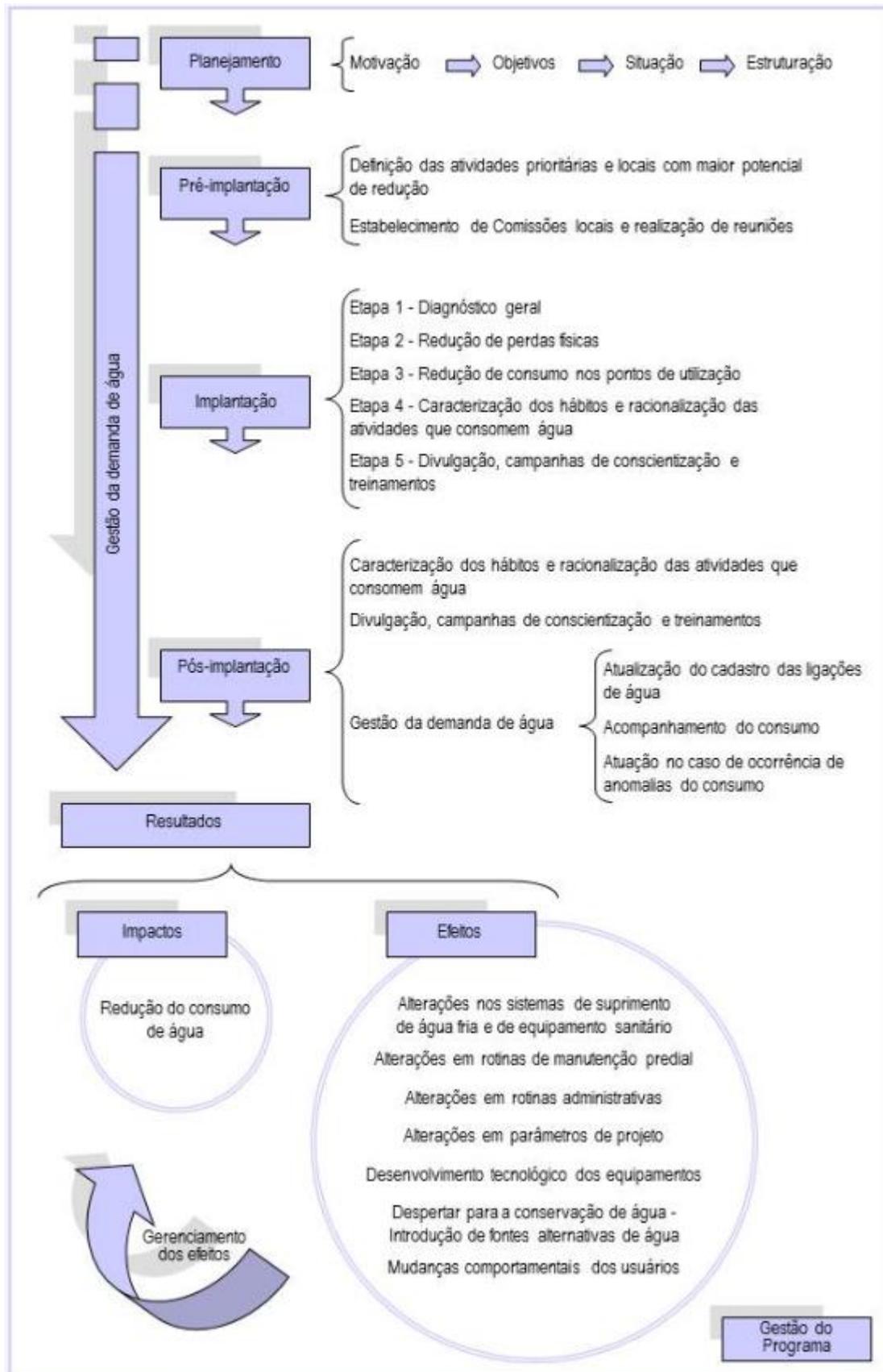
racional da água desenvolvido em edificações no país sendo um programa permanente, que visa o desenvolvimento de atividades tecnológicas, de mobilização e de gestão (USP, 2001).

São objetivos do PURA-USP:

- Reduzir a demanda de água e mantê-la reduzida ao longo do tempo;
- Desenvolver um sistema estruturado de gestão da demanda;
- Desenvolver metodologias aplicáveis a outros locais.

A figura 2 apresenta o fluxograma do PURA, que possui etapas de planejamento, implantação, pós-implantação e, ao longo de todas as etapas, conta com a gestão da demanda de água.

Figura 2 – Fluxograma de implantação do PURA-USP. Fonte: Silva, 2004

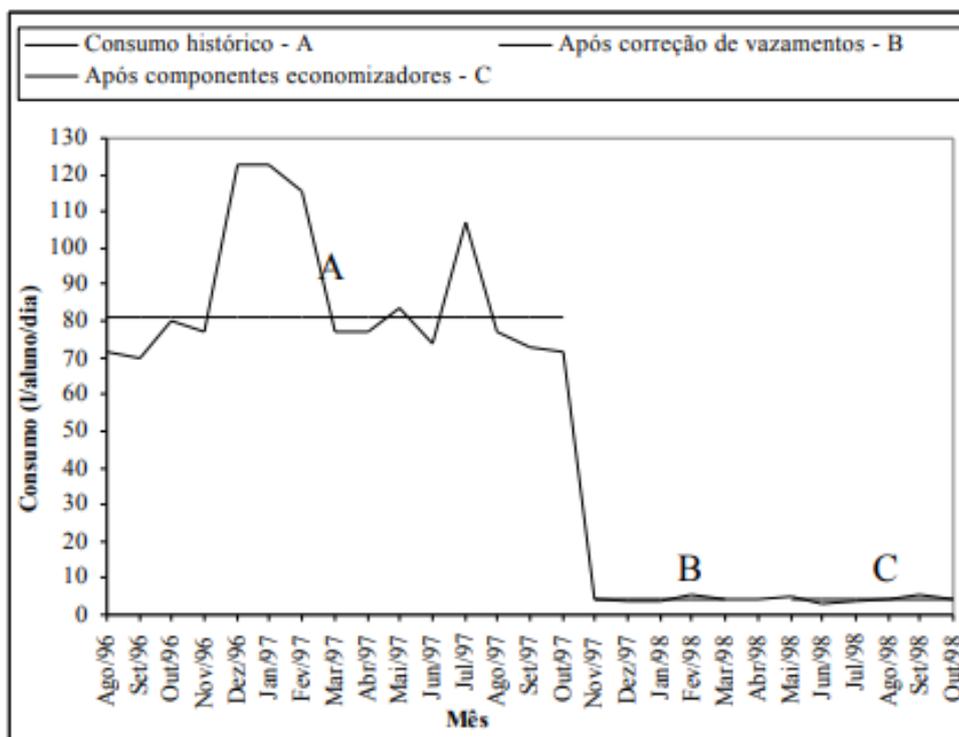


Em 1997 o PURA-USP foi iniciado no Campus Universitário Armando Sales de Oliveira – CUASO, mais conhecido como Cidade Universitária, em São Paulo, através de uma parceria entre a USP e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. O principal objetivo do programa é a redução do consumo de água no campus, visto o alto reflexo no orçamento da Universidade. Para que o programa fosse viabilizado, a SABESP concedeu um desconto nas contas de água mensais do Campus Universitário, com o intuito de se criar um fundo destinado às intervenções do programa. A USP, por sua vez, ficou com a responsabilidade de promover uma economia do consumo de água de acordo com a implantação dos passos propostos, e a criação de uma metodologia de aplicação do programa em outras situações similares futuras. Assim como os registros das atividades desenvolvidas (SILVA, 2004).

O programa reduziu pela metade a demanda per capita da Cidade Universitária, contribuindo para a melhoria dos sistemas de suprimento de água, de rotinas administrativas e de manutenção predial, para uma mudança em parâmetros de projeto, para o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos sanitários, para despertar para a conservação da água, além de contribuir para mudanças comportamentais dos usuários (NUNES, 2000).

Oliveira et. al (1999) ressalta que as ações tecnológicas, que independem da ação do usuário, se destacam pela redução do consumo de água, como os que foram atingidos na experimentação da metodologia do PURA na Escola Estadual Fernão Dias Paes, apresentados na figura 3. Conforme os autores, a redução do consumo de água foi de 94% após a correção de vazamentos e de 95% após a implantação dos componentes economizadores, quando comparadas ao histórico de consumo. Neste caso, houve um custo total de R\$4.585,00 para a implantação do programa, e uma redução mensal de R\$37.409,00 no dispêndio com conta de água, o que indica um período de recuperação do investimento de aproximadamente 4 dias.

Figura 3 – Avaliação do impacto do PURA na Escola Estadual Fernão Dias Paes, em São Paulo - SP, após correção de vazamentos e instalação de componentes economizadores Fonte: Oliveira et. al, 1999



Outras aplicações foram realizadas, conforme Ywashima (2005), o PURA, aplicado na Escola de Engenharia de Mauá, reduziu o uso de água em 42%, através da detecção de vazamentos e substituição dos equipamentos hidráulicos por equivalentes mais eficientes, com um *payback* (tempo de retorno) de três meses. Os estudos apontam, também, a redução de 25% na Escola Vera Cruz apenas com a substituição de torneiras convencionais por torneiras de fechamento automático, com *payback* de dois meses e, na Escola Estadual Toufic Joulam, a redução chegou a 78% apenas com a correção de vazamentos, possuindo um *payback* de 6 dias. Em outra aplicação no Instituto do Coração do Hospital das Clínicas de São Paulo, os autores indicaram uma redução no consumo devido à vazamentos de 28,4% e, posteriormente mais 15,3% com a implantação de componentes economizadores, com um *payback* de 48 dias.

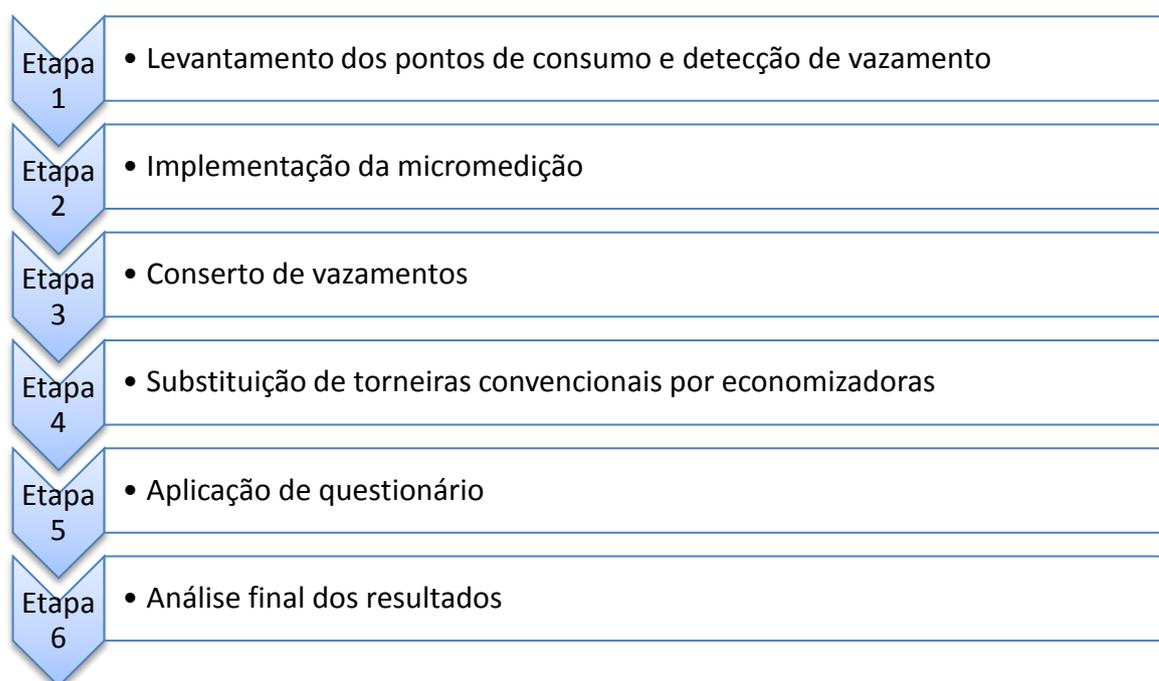
- **PRÓ-ÁGUA** – Programa de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano

A Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – implantou um PCA, denominado PRÓ-ÁGUA, em 1999, e, de acordo com um comunicado da Reitoria da Universidade, ele conta com algumas medidas a fim de reduzir o consumo de água. Medidas tecnológicas foram instituídas no programa, como controle de vazamentos e substituição de

equipamentos. Além disso, a Universidade instituiu a Campanha “Faça a sua parte” onde propaga atitudes de conscientização que atuam também na economia do uso da água pelo usuário e o Programa “Caça vazamentos”, apresentado também, que realiza uma busca intensiva de vazamentos em prédios fechados aos sábados onde uma equipe de técnicos é responsável por realizar medições nos hidrômetros instalados nesses prédios com o intuito de avaliar possíveis anomalias no consumo. Outra medida importante tomada pela Universidade foi a utilização de água de afloramentos e barragens para irrigação economizando água potável. Todas essas medidas reproduziram uma redução do consumo de água em 45% (FIORI, 2014).

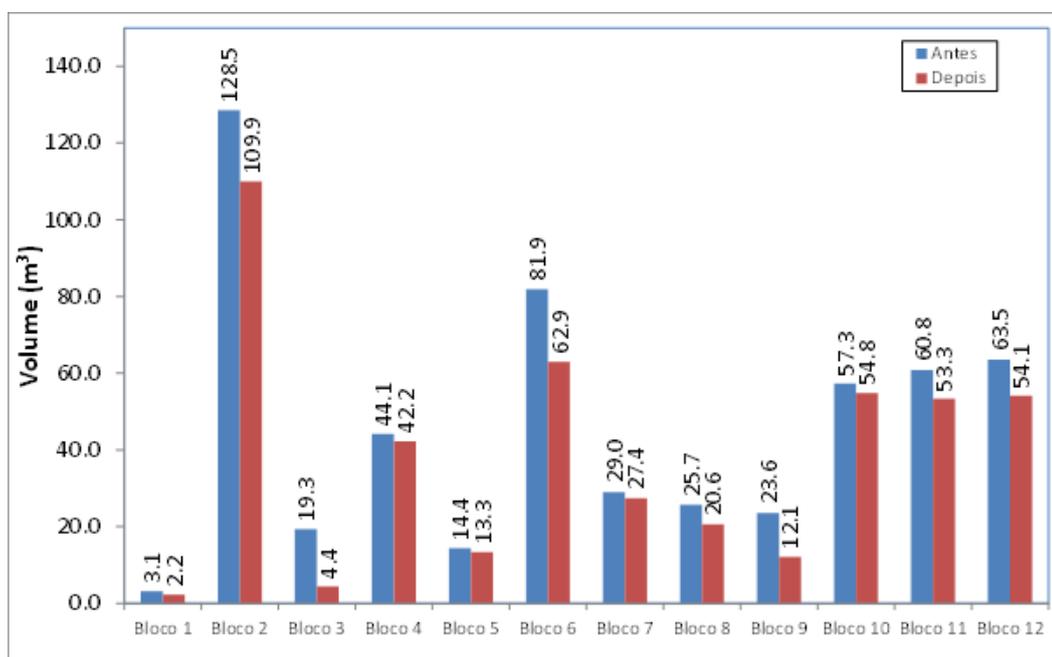
A figura 4 apresenta um fluxograma do PRÓ-ÁGUA, que possui etapas de levantamento de dados, sistema de medição, conserto e substituição de equipamentos, aplicação de questionários e análise final dos dados.

Figura 4 – Fluxograma de implantação do PRÓ-ÁGUA – UNICAMP. Fonte: Nunes, 2000.



Pedroso (2002) apud Fiori (2014) apresenta os resultados obtidos pelo programa PRÓ-ÁGUA em cada um dos Blocos estudados no campus da UNICAMP. Destaca-se que na etapa de correção de vazamentos obteve-se uma redução de até 77% no Bloco 3, como mostrado na figura 5.

Figura 5 – Redução de consumo de água na UNICAMP (adaptado de Fiori, 2014 apud Pedroso, 2002)



- **ÁGUAPURA** – Programa de Uso Racional de Água

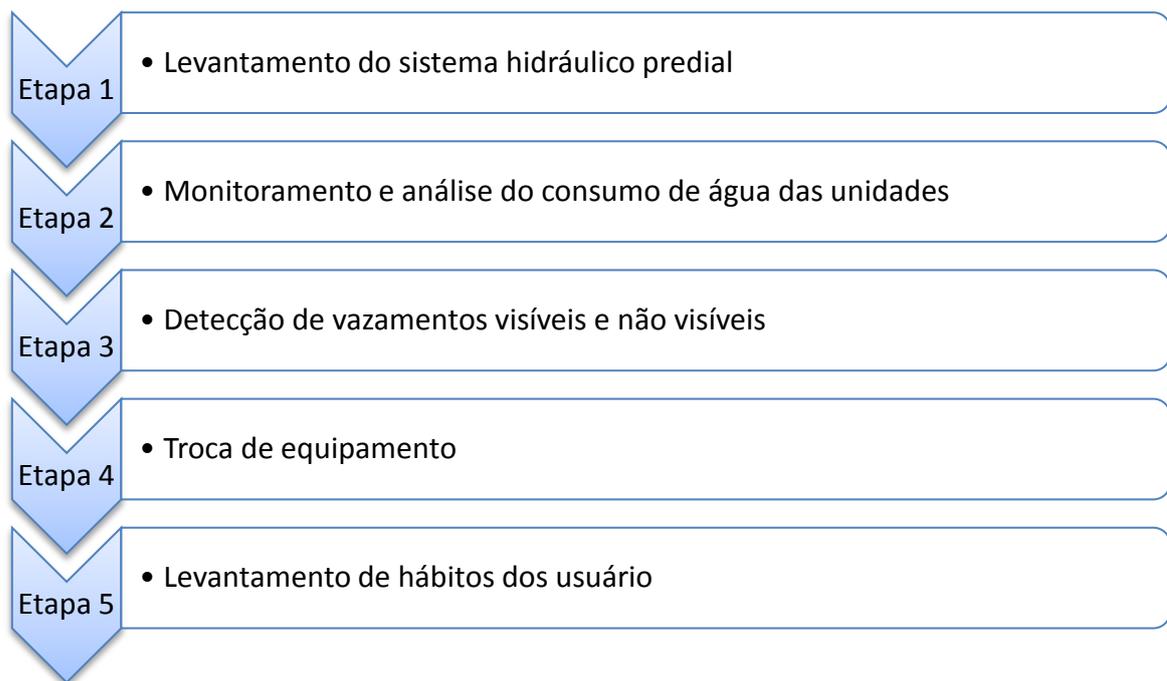
A Universidade Federal da Bahia - UFBA também aplicou um PCA denominado ÁGUAPURA. O programa teve por objetivo principal reduzir o consumo de água nas unidades da UFBA através de medidas de redução de vazamentos e desperdícios bem como manutenção e aprimoramentos da redução obtida. Criado em 2001, o programa conta com uma ferramenta digital de armazenagem e análise dos dados, o ÁGUAPURA ViaNet. Esse sistema de monitoramento de consumo de água é alimentado por informações de leituras dos hidrômetros efetuadas pelos membros participantes do projeto, onde são gerados gráficos que representam o consumo de cada unidade da Universidade de forma setorizada, bem como uma análise se o mesmo aumentou ou diminuiu (NAKAGAWA, 2009). Os resultados na UFBA apresentaram uma redução de uma média de 26 mil m³/mês para 15 mil m³/mês.

De acordo com Nakagawa (2009), a UFBA possui três campus (Federação, Ondina e Canela) que totalizam uma área de aproximadamente 380.000 m², dificultando a atuação efetiva da equipe de manutenção corretiva quando haviam vazamentos, necessitando de deslocamento da equipe de outros setores para auxiliar a equipe de manutenção corretiva. Segundo a autora, houve dificuldade na participação de voluntários em alguns setores para a realização das leituras, reforçando a necessidade de implementação de medidores

automatizados na coleta e armazenagem de informações de consumo de água, os quais podem abranger grandes áreas sem a necessidade de os colaboradores terem que se locomover até o local, salvo para manutenções.

A figura 6 apresenta um fluxograma do processo de implementação do ÁGUAPURA, conforme Nakagawa (2009).

Figura 6 – Fluxograma implementação PRÓAGUA – UFBA. Fonte: Nakagawa, 2009.

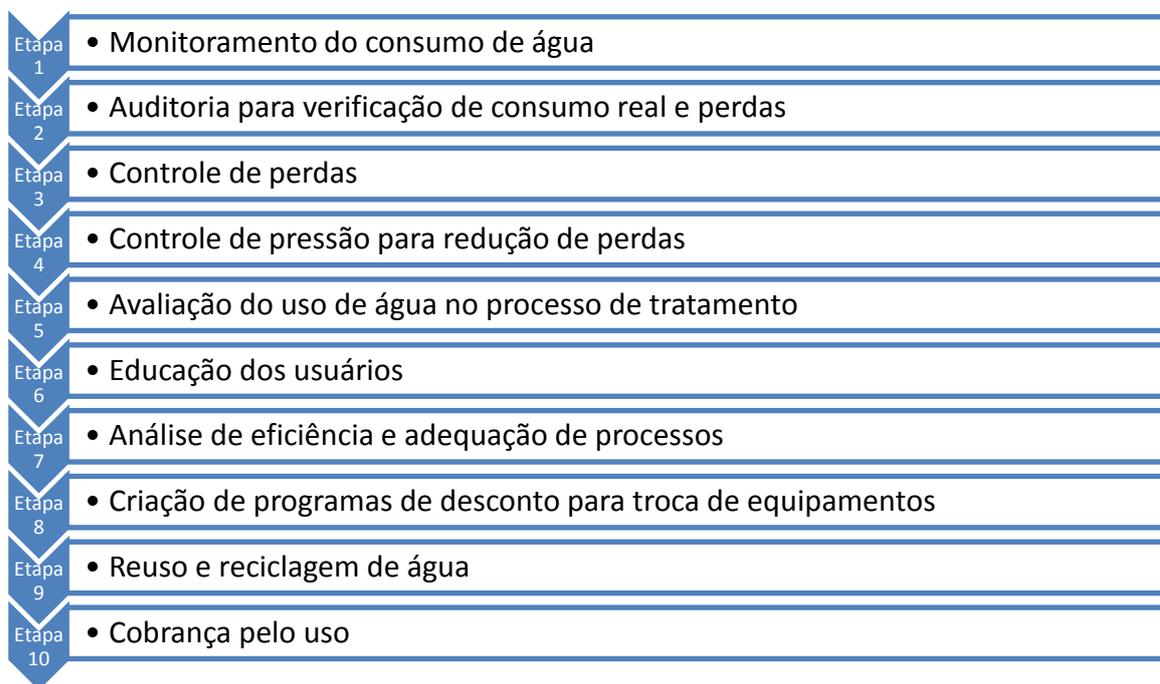


- **Programa de Eficiência de Água em Sistemas Públicos**

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA (United States of Environmental Protection Agency) têm um PCA denominado Eficiência de Água para Sistemas Públicos, em tradução livre criado em 1970. Nele é apresentada uma sequência de etapas de implementação do programa de conservação de forma semelhante aos apresentados nos programas brasileiros. A figura 7 apresenta a sequência para aplicação do programa do EPA.

Figura 7 – Fluxograma de aplicação do programa da Environmental Protection Agency.

Fonte: EPA,1970



Em resumo, os programas têm quase a mesma linha de aplicação, mudando apenas alguns parâmetros, como por exemplo, o AGUAPURA que contempla a troca de equipamentos somente no último estágio do programa e no PROAGUA em que o levantamento da população e aplicação de questionários, é realizado apenas após a troca de equipamentos. O EPA, além de vários fatores, visa principalmente à educação de usuários para sua aplicação, de forma em que os componentes são trocados em uma próxima etapa, se necessário.

3.4. Medição Setorizada

A medição setorizada é uma das principais ferramentas de um programa de conservação de água, pois possibilita monitorar e controlar de consumo. A medição setorizada também possibilita a localização de vazamentos internos e desperdícios significativos que, em outras condições demorariam muito tempo para serem identificados.

O conceito de medição setorizada pode ser definido como sendo a instalação de hidrômetros em unidades que compõem um conjunto maior dotado de um medidor principal, para que se possa medir o consumo individual e do conjunto, reduzindo a complexidade de gestão dessa rede. Pode se citar como exemplo de medição setorizada a medição

individualizada implementada em edifícios multifamiliares. Em geral, a medição do consumo de água em condomínio predial é realizada de forma coletiva e a divisão dos custos é rateada entre os condôminos de modo que todos paguem a mesma quantia, desencorajando mudanças de comportamento relativo ao consumo. A medição setorizada em condomínios, através de hidrômetros individualizados para cada unidade habitacional, faz com que cada usuário pague o volume efetivamente consumido, incentivando um uso mais consciente e racional (TAMAKI, 2003)

A medição individualizada, além da cobrança, traz consigo benefícios como uma melhoria na detecção de vazamentos por meio de alterações no consumo em um setor isolado (administração, refeitório, vestiários, almoxarifado, ginásio etc.). Estes são mais visíveis durante a madrugada em finais de semana, quando estas áreas não estão sendo ocupadas. A determinação do volume medido em cada unidade permite maior eficiência na manutenção do sistema, podendo ser interrompido temporariamente o fornecimento em apenas parte da rede para correções (TAMAKI, 2003).

A definição do nível de setorização é proposta por Tamaki (2003) como uma forma de coletar e possuir o domínio dos dados de consumo onde a demanda de água ocorrer. Os níveis podem ser definidos entre interesses:

- Físicos das construções e dos sistemas de suprimento de água e de equipamento;
- De análise de frequência e tipologia da utilização de equipamentos;
- Administrativos, como a descentralização das responsabilidades.

- **Hidrômetros**

Para a realização da medição setorizada são necessárias instalação de medidores de vazão, tais como os hidrômetros. O hidrômetro é o instrumento destinado a medir e indicar, continuamente, o volume de água que o atravessa, podendo ser do tipo velocimétrico ou volumétrico. Os hidrômetros velocimétricos têm como seu princípio de funcionamento a determinação indireta do volume através da conversão do número de revoluções de uma turbina ou hélice, através de uma correlação obtida durante a aferição do hidrômetro. Neste tipo de equipamento vazões muito baixas podem não ser suficientes para superar o atrito interno das peças e não são registradas. O eixo da turbina é interligado a um totalizador e o resultado é apresentado, normalmente, em um mostrador analógico (COELHO, 1999).

Nos hidrômetros volumétricos existe um pistão rotativo, que permite a passagem de um volume fixo de água pela câmara a cada revolução. Este possui assim, grande eficiência inclusive em faixas de medição baixas, uma vez que toda a água que passa pela câmara é registada na revolução. O eixo do pistão é ligado a um totalizador de forma semelhante ao hidrômetro velocimétrico. Este tem como aspecto negativo a susceptibilidade a travamentos por partículas sólidas, além do elevado custo (TAMAKI, 2003).

Os medidores mais utilizados em micromedição são os mecânicos do tipo velocimétrico, devido principalmente as suas características como: capacidade de integração das funções de medição, totalização e armazenamento de dados em dimensões reduzidas; facilidade de emprego; robustez dos medidores diante das diversas condições de exposição e de uso; e custos reduzidos em relação aos demais medidores (TAMAKI; SILVA; GONÇALVES, 2006).

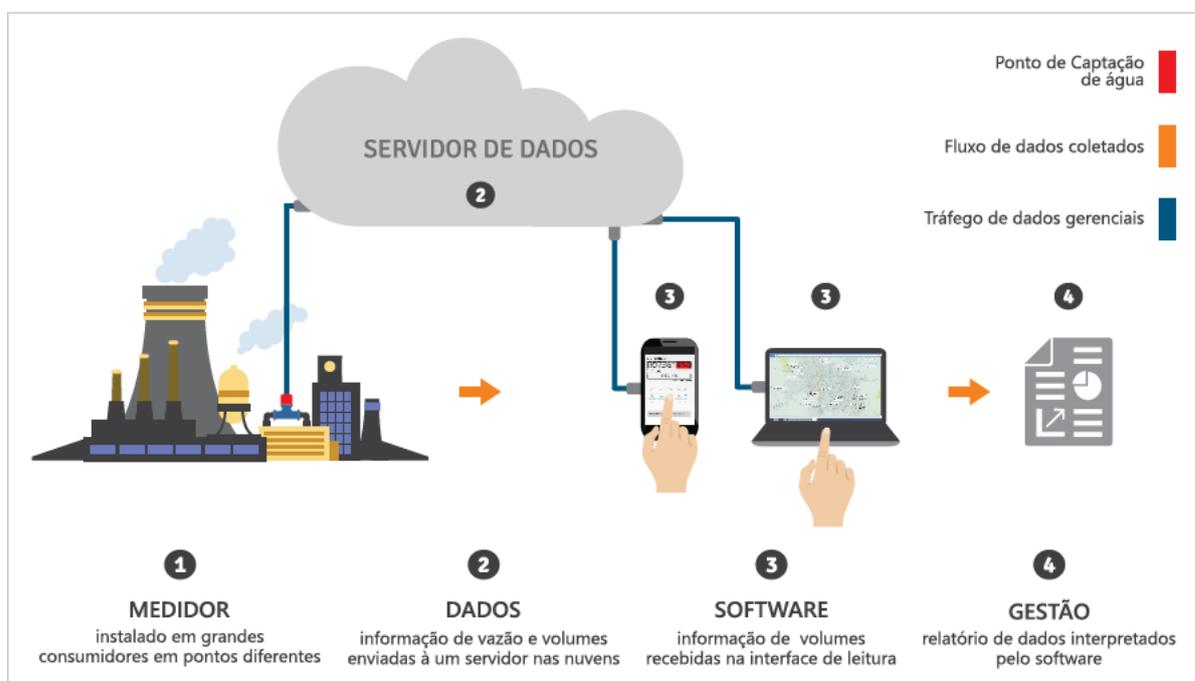
Os hidrômetros também podem ser classificados em relação ao tipo de saída de sinal: mecânico e eletrônico. No hidrômetro mecânico requer uma leitura no próprio equipamento por um leitorista, sendo um trabalho árduo e diário, independente do dia, clima ou outra intempérie. Se houver uma adaptação no aparelho (chamado mecânico adaptado) ele pode ter uma saída de sinal pulsada que é transmitida a um coletor de dados de forma automática (ROZAS E PRADO 2002).

O medidor eletrônico ou telemedido conta com os mesmos mecanismos hidráulicos que o mecânico, porém, ele dispõe de um circuito eletrônico na contagem/totalização do fluxo de água. Ele possui também maior precisão e quantidade de informações tais como: volume de água mensal ou diário, vazão, data, hora, status do medidor, picos de consumo e alarmes de vazamentos. O tipo de saída é digital que pode ser transmitida via radiofrequência, satélite, infravermelho ou internet. Esse é um modelo mais caro que o medidor mecânico adaptado, porém, além das vantagens citadas anteriormente, ele dispensa o uso de coletores de sinal já que o mesmo possui memória própria (ROZAS E PRADO 2002).

Telemetria consiste em um sistema capaz de monitorar e transmitir dados por meio de comunicação sem fio. Esse tipo de medição está sendo bastante empregadas pelas empresas de diversas áreas, como de saneamento, usinas hidrelétricas, barragens de mineração, pois permitem um acesso em tempo real aos dados e registro históricos (SMARTINTEC, 2018).

Um exemplo de sistema de medição por telemetria fornecida pela Smartinstec (2018) pode ser visualizado na figura 8.

Figura 8 – Medição por telemetria. Fonte: Smartinstec, 2018.



Outros benefícios também do sistema de transmissão de dados por telemetria são as citadas por Tamaki (2003) que enfatiza a redução de custos por parte da concessionária em gastos com pessoal realizando as leituras nas residências, diminuição no tempo de leitura, confiabilidade da medição, processamento e aquisição de informações sobre o perfil de seus consumidores, podendo traçar uma curva de demanda em períodos de racionamento de água. Já para os administradores dos sistemas prediais possibilita o acompanhamento do consumo e a partir disso tomar medidas necessárias para a redução do uso e economia do insumo. Para o usuário a posse dos dados qualitativos e quantitativos permite a cobrança de melhorias por parte das concessionárias, além da privacidade e segurança já que não será necessário o leiturista entrar em sua residência para efetuar as medições.

3.5. Perdas de água

Uma das principais medidas de um programa de conservação de água em edificação são a detecção e correção das perdas e desperdício de água. Esta é uma medida que apresenta melhores resultados e com menores custos. Em todos os sistemas de distribuição de água ocorrem perdas e estas se manifestam como vazamentos em tubulações, mau desempenho de

sistemas hidráulicos, como problemas de vedação em válvulas, ou, ainda, negligência do usuário, como o mau fechamento de torneiras, sendo este caracterizado como desperdício de água (TAMAKI, 2003).

Em geral as perdas podem ser visíveis, quando se manifestam através de escoamento ou gotejamento de fácil detecção, ou não visíveis, quando ocorrem dentro de paredes e pisos e se manifestam por manchas de umidade em revestimentos, som de água pingando ou escoando ou presença de vegetação ou lodo. O gotejamento lento, até 40 gotas/min, e permanente de uma torneira pode causar uma perda de até 10 l/dia enquanto o vazamento de uma torneira formando um filete de 4mm, tem-se o vazamento de 442 l/dia (SABESP, 2019b).

As perdas visíveis ou aparentes podem ser levantadas através de uma vistoria a edificação, e geralmente, são de fácil conserto. Estas podem ser reduzidas através de manutenção adequada corretiva ou preventiva.

A implantação da medição setorizada contribui para identificação das perdas não visíveis, pois são mais difíceis de detectar, sendo observadas através de medições em dias não úteis ou manchas em paredes, por exemplo. Equipamentos como geofones também podem ser utilizados para detectar vazamentos em tubulações em locais não visíveis, uma vez que estes tendem a produzir sons característicos (TAMAKI, 2003)

Em edificações mais antigas, com sistemas hidráulicos constituídos por tubulações metálicas, a deterioração das paredes internas ou externas pode dar início a vazamentos. A adoção de tubulações plásticas, como PVC ou PEAD, reduzem a deterioração e prologam a vida útil do sistema. A menor resistência destes materiais às variações de pressão não costuma apresentar problemas em sistemas prediais, pois as ocorrências de eventos como golpes de aríete não são comuns ou são de pequena magnitude (SILVA, 2017).

Segundo DEH (2006) as correções das perdas são as ações que promovem um retorno financeiro mais significativo, devendo ser aplicadas tão logo quanto possível no início da implantação do programa de conservação de água. Posteriormente, usuários devem ser incentivados a reportar vazamentos ao comitê de gestão para providências, além de que este deve realizar auditorias periódicas em todos os equipamentos hidrossanitários das edificações.

A proposição de índice de perdas é uma ferramenta importante para o acompanhamento da eficácia das ações realizadas, sendo um índice elevado, necessita de maiores esforços para possíveis reduções (OLIVEIRA, 1999).

3.6. Aparelhos Sanitários Economizadores

As ações para conservação de água, após identificação e correção de perdas, devem ser focadas em ações corretivas nos equipamentos sanitários. Para cada uso de água específico é necessário um aparelho sanitário como, por exemplo, torneiras, chuveiros e bacias sanitárias. Com a atual preocupação relativa ao uso da água, foram introduzidos no mercado equipamentos economizadores de água que utilizam tecnologias que funcionam com vazão reduzida e/ou evitam o desperdício devido ao mau fechamento de componentes convencionais, ou seja, apresentam uma maior eficiência hídrica em relação aos convencionais.

Ressalta-se que, em abril de 2018, foi publicada a lei nº 13.647 (BRASIL, 2018), que obriga a instalação de equipamentos que evitem o desperdício de água em banheiros construídos a partir da data de publicação da lei, desde que destinados ao uso público, tanto em instituições públicas quanto privadas. O seu não cumprimento acarreta a não obtenção do habite-se.

Dentre as ações tecnológicas, a adoção desses aparelhos economizadores é considerada uma das medidas de maior aceitabilidade, pois promovem a redução do consumo independente da ação do usuário, ou seja, são medidas que dependem menos de hábitos e motivação permanente, e mais da tomada de decisão racional relativas à aquisição de componentes poupadores. Podem-se citar, como exemplos de equipamentos, torneiras com arejadores em sua saída, uma vez que satisfaz o usuário, produzindo um jato com bolhas de ar no fluxo, que promovem a ocorrência de um volume semelhante com uma menor vazão. Há, também no caso de torneiras, equipamentos com tempo de fechamento automático, ou, ainda, com abertura automática com a aproximação das mãos. Bacias sanitárias com válvulas de descarga direta têm como equivalentes economizadores as caixas acopladas com opção de 12, 6 e 3 L por descarga, dependendo do modelo da bacia. Para o caso de chuveiros, podem ser adotados os limitadores de vazão (ALEXANDRE *et al*, 2017).

A implantação dos aparelhos economizadores necessita de avaliação técnico-econômica que justifiquem, a princípio, sua utilização. Ressalta-se, entretanto, que resultados de custo social são de difícil mensuração por modelos puramente financeiros, devendo ser avaliada de forma conjunta a percepção dos usuários e cidadãos sobre a busca de redução de consumo em prédios públicos.

Na tabela 1 é apresentado um comparativo entre equipamentos convencionais e os de baixo consumo de água ressaltando a porcentagem de redução média em relação à troca de um dispositivo convencional por um economizador.

Tabela 1 – Equipamentos convencionais e de baixo consumo de água

Equipamento convencional	Consumo médio	Equipamento de baixo consumo	Consumo médio	Redução média
Bacia com caixa acoplada ou caixa elevada bem regulada	12 L/descarga	Bacia VDR	6 L/descarga	50%
		Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada)	3 e 6 L/descarga	50%
Bacia com válvula direta bem regulada	10 L/descarga	Bacia VDR	6 L/descarga	40%
		Bacia VDR com válvula de duplo acionamento	3 e 6 L/descarga	40%
Ducha	0,19 L/seg	Regulador de vazão	0,10 L/seg	47%
		Restritor de vazão 8 L/min	0,13 L/seg	32%
		Válvula de fechamento automático	0,11 L/seg	42%
		Regulador de vazão	0,07 L/seg	70%
		Arejador vazão cte (6 L/min)	0,10 L/seg	57%
Torneira de pia ou lavatório	0,23 L/seg	Regulador de vazão	0,13 L/seg	50%
Torneira uso geral/tanque	0,26 L/seg	Restritor de vazão	0,10 L/seg	62%
Torneira uso geral/tanque	0,26 L/seg	Restritor de vazão	0,10 L/seg	62%
Mictório	4 L/uso	Válvula de fechamento automático	1 L/uso	75%

Fonte: SABESP, 2009

3.7. Controle de Pressão do Sistema Hidráulico

No sistema hidráulico predial as pressões devem ser controladas de forma que, os equipamentos trabalhem sempre dentro dos limites de pressão constantes em suas especificações técnicas. Caso sejam observadas operações acima do limite de pressão podem ser instalados equipamentos redutores, como placas de orifício, que causam uma perda de carga no sistema. (ALMEIDA, 2018).

Ressalta-se que as operações em elevadas pressões podem também potencializar as perdas de água aumentando a vazão em eventuais fissuras além de causar novos problemas na tubulação, inclusive pela recorrência de golpes de aríete durante o fechamento dos

dispositivos hidráulicos. Outras consequências recorrentes são a troca com maior frequência de reparos dos equipamentos, que tem sua vida útil reduzida quando há operação fora da faixa recomendada (SILVA, 2017).

3.8. Aproveitamento de fontes alternativas de água

Aproveitar a água de fontes alternativas, de origem diferente do sistema de público de abastecimento, se torna uma estratégia inteligente para a implantação de um PCA. O uso destas fontes é uma forma de amenizar os problemas de disponibilidade de água potável e abrandar a sua demanda. Pode-se, então, citar como aproveitamento de fontes alternativas de água o reuso de águas cinza, o aproveitamento de água da chuva e o uso de águas subterrâneas, podendo elas ter destinação em diversos fins não potáveis, como lavagem de áreas, regar jardins, bacia sanitária, etc (CBCS, 2009).

O projeto do sistema de água não potável deve ser independente do sistema potável, para que não ocorra em nenhum momento, a mistura das águas. As utilizações de fontes alternativas dependem de alguns fatores como o tipo da demanda predial, balanço hídrico, qualidade da água, indicadores de consumo, armazenamento e uma área para operação de reserva e tratamento da água. Um estudo de viabilidade e um balanço hídrico devem ser realizados para a realização da separação das águas, a fim de que permitam um manejo adequado para cada qualidade de água apresentada (ABNT, 2019).

A viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água é relacionada diretamente com o reservatório, visto que sua construção é o de maior valor de todo o sistema. O reservatório pode ser dimensionado através de diversos métodos, sendo os principais recomendados pela NBR 15.527 (ABNT, 2019), que encontram basicamente em suas variáveis, a área de captação e o volume de precipitação.

3.8.1. Aproveitamento de Água de Chuva

O uso de água da chuva é feito desde cerca de 6.000 anos atrás com a finalidade de mitigar os problemas ambientais causados pelo aumento da demanda de água potável, pela falta de medidas de controle da poluição de corpos d'água e por falta de consciência ambiental ou desconhecimento de vantagens econômicas, a tornando cada vez um recurso mais escasso e valioso (FERREIRA E MENDES, 2017).

O aproveitamento de água de chuva deve ser realizado de acordo NBR 15.527 (ABNT, 2019) – Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, que é conceituada como toda água resultante de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais. Os componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva são:

- Superfície de captação;
- Calhas e tubulações, utilizadas para a coleta e transporte da água captada;
- Tratamento, que depende das condições da água coletada;
- Bombas e sistemas pressurizados, que são usados quando os pontos de utilização estão em cotas diferentes do reservatório, no caso cota superior ao nível d'água do reservatório;
- Reservatórios.

A qualidade da água, deve ser analisada antes da destinação para seu fim específico, tomando cuidados em sua utilização e, conforme for, um tratamento mais adequado deve ser aplicado na mesma, de forma a ficar apta a uso (ZARDINI, 2014).

3.8.2. Reuso de Água Cinza

As águas cinza são geradas em pias, chuveiros, lavagem de roupas, etc. e são caracterizadas separadamente do esgoto doméstico pela quantidade e composição dos seus produtos químicos e contaminantes biológicos mais brandos,

Estas águas, apesar de possuírem uma menor carga poluidora em relação ao esgoto doméstico, ainda devem passar por algum tipo de tratamento para que estejam aptas a serem reutilizadas. Há uma ampla variedade de tecnologias de tratamento tem vem sendo utilizada, compreendendo sistemas naturais, processos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos. Quando devidamente tratadas podem ser utilizadas para diversos fins que não requerem água potável, como irrigação de gramados, jardins e hortaliças, lavagem de calçadas e pátios, descarga de vasos sanitários, desde que sua utilização não ofereça riscos à saúde de seus usuários (BIAZUS, 2015).

Uma das vantagens de se promover o reuso de águas cinza é a economia de consumo de água e a redução da quantidade de efluentes produzidos, acarretando benefícios econômicos e ambientais (HIRAYAMA, 2016).

3.8.3. Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas apresentam como vantagem a qualidade superior das águas superficiais, tanto em aspectos químicos como biológicos, pois, enquanto se infiltra, ela passa por sucessivos processos de filtragem e purificação, sendo muitas vezes dispensado o tratamento, além de não ser dependente de períodos de estiagem para a recarga do reservatório como ocorre nas águas superficiais (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

Estas águas, captadas do lençol freático, podem não ser vistas para implantação em um programa de conservação de água, uma vez em que se a água não é paga, pode haver um uso desenfreado, sem a preocupação em economia da mesma. Conforme a Lei nº 6.134 (SÃO PAULO, 1988), diz que as águas subterrâneas devem ter um programa permanente de conservação, visando o seu melhor aproveitamento, sempre ter um uso racional e manter medidas contra a sua poluição, além da manutenção do seu equilíbrio físico, químico e biológico em relação aos demais recursos naturais.

3.9. Estudo de Viabilidade Econômica

Estudos de viabilidade devem ser direcionados inicialmente às medidas mais simples, que requerem pouco ou nenhum investimento financeiro, como forma de gerar economia de capital e, posteriormente, direcionar estes custos evitados a investimentos de maior monta. Existem três níveis de medidas, baixo, médio e alto investimento, e para serem aplicadas, é necessário um cálculo de *payback* (tempo de retorno) para análise de sua viabilidade.

3.10. Desenvolvimento do Sistema de Gestão e Monitoramento de Consumo de Água

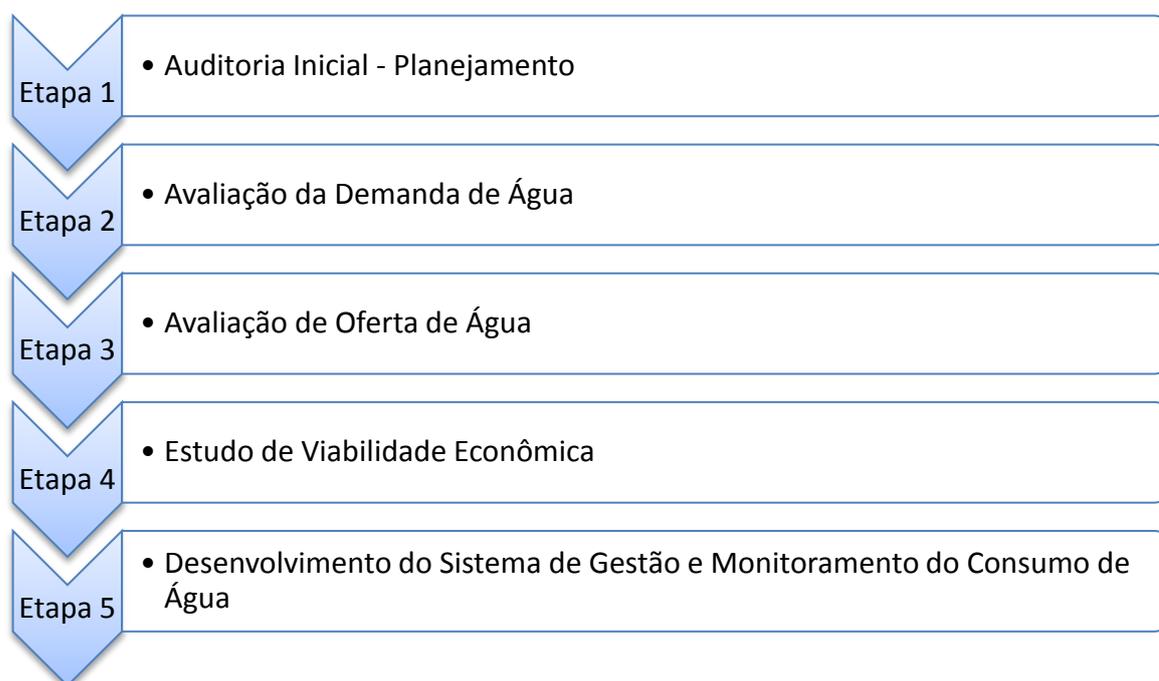
Segundo Brasil (2003), para um programa de conservação seja implementado corretamente, um sistema de gestão e monitoramento tem que ser implantado, a fim de estipular uma política para ser seguida pela instituição além de um plano de melhoria contínua sobre o consumo de água. Dentre as medidas a serem tomadas, as mais importantes são o monitoramento de consumo da água, avaliação da qualidade e a forma que a mesma é utilizada, avaliação qualitativa para um determinado uso, avaliação de custos e divulgação de diretrizes básicas aos usuários da entidade.

4. METODOLOGIA

A metodologia para aplicação de um PCA baseia-se nas diretrizes do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, conforme apresentado no Documento Técnico de Apoio F3 e no Programa de Eficiência de Água em Sistemas Públicos da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, além de exemplos de aplicação de programas em campos universitários, como o PURA-USP da Universidade de São Paulo o PRO-ÁGUA da Universidade Estadual de Campinas e o ÁGUAPURA da Universidade Federal da Bahia. Como estudo de caso para esta dissertação, tem-se a implantação do PCA no campus da UNIFEI – Itajubá, especificamente nos Blocos do IRN.

Na figura 9, apresenta-se um fluxograma da sequência metodológica adotada neste trabalho, detalhada nos itens posteriores.

Figura 9 - Fluxograma da metodologia. Fonte: Autor.



4.1. Auditoria Inicial - Planejamento

Durante a primeira etapa foi realizada uma avaliação da disponibilidade de informações para quantificação e qualificação do uso de água nas edificações, tais como plantas gerais, projetos das edificações de interesse, histórico de consumo e quantidade de

usuários, além de visitas às edificações, para futuro planejamento de quais medidas a serem tomadas para melhor opção de programa de conservação.

4.1.1. Caracterização Geral da Instituição

A organização geral da Universidade foi analisada com base nos mapas e organogramas obtidos juntos à Diretoria de Obras e Infraestrutura – DOBI – e Reitoria, respectivamente, que mostram a distribuição das edificações e a subordinação de cada Diretoria, Unidade Acadêmica e Órgãos de Apoio, a fim de caracterizar cada setor e sua divisão por Blocos do campus determinando cada área de atuação, conforme atribuições cedidas.

4.1.2. Análise Documental

A documentação coletada na auditoria inicial foi analisada a fim de que se determinem os fluxos macros de água da instituição, sobre um croqui geral, avaliando-se as fontes de água, sejam da concessionária, de poços subterrâneos, de captação de água de chuva ou de reuso, etc. No caso da concessionária foram avaliados os pontos de monitoramento de consumo e nos outros casos os locais de captação e de tratamento, além da avaliação dos custos do tratamento e da forma de distribuição da água. A distribuição da água foi analisada sobre a planta geral do campus.

Adicionalmente, foi analisada a distribuição da instituição em Blocos e Institutos, a quantidade de usuários geral, a existência de laboratórios, refeitórios, locais de banho ou outros pontos que podem representar grandes consumidores.

4.1.3. Setorização do Consumo de Água

A setorização permite um acompanhamento mais detalhado das variações de consumo com base nos projetos, no organograma, quantificação de usuários e identificação dos ramais prediais.

4.1.3.1. Instalação dos Hidrômetros

Para seleção do local de implantação dos hidrômetros, foram identificados nos projetos hidráulicos das edificações os ramais prediais. Nestes, foram feitos seccionamentos

nas tubulações para instalação de um cavalete com hidrômetro. Eventualmente, podem ser instalados mais de um medidor por Bloco, após determinados quais áreas de medição serão observadas.

Os hidrômetros foram selecionados de acordo com a estimativa de consumo da edificação, com base na quantidade de usuários e perfil típico de consumo em uma instituição deste tipo. Com o consumo calculado, serão escolhidos os modelos adequados de acordo com a tabela da SABESP apresentada no Anexo I.

4.1.3.2. Monitoramento do Consumo de Água

Para o estudo de caso deste trabalho, o monitoramento para determinação do volume gasto de água nos Blocos foi realizado pelo próprio autor com leituras diárias dos hidrômetros, até mesmo nos finais de semana e feriados.

O monitoramento em dias não úteis permite sinalizar possíveis perdas de água, uma vez que não são esperados consumos significativos nestes dias, especialmente aos domingos uma vez que a taxa de ocupação tende a ser nula.

4.1.4. Avaliação das Edificações

Nesta etapa são avaliados os projetos civis, hidráulicos e de layout existentes para as edificações de interesse, obtidos junto à Diretoria de Obras e Infraestrutura - DOBI, identificando os pontos de entrada de água e sua origem, a existência de pequenos e grandes pontos consumidores, como banheiros, bebedouros, torneiras, cozinhas e equipamentos de laboratório.

Além disso, foram realizadas visitas em todas as salas do prédio para correções e atualizações dos projetos hidráulicos. Adicionalmente as visitas permitiram uma avaliação do fluxo de água predial em menor escala, com análise prévia do estado do sistema hidráulico, análise de possíveis vazamentos visíveis ou ocultos, usos inadequados e confirmação dos maiores consumidores das edificações e cadastramento destes.

4.2. Avaliação da Demanda de Água

Para a avaliação da demanda total de água foi calculado os consumos típicos com base em referências bibliográficas para posterior comparação com os usos observados nas medições diretas realizadas pelos hidrômetros. Ainda, nesta etapa, foram avaliados os processos de uso dos usuários e a análise das pressões de água sobre os equipamentos hidrossanitários existentes.

4.2.1. Estimativa do Consumo de Água

Para a estimativa do consumo de água nas edificações, foram requisitados dados junto as Diretorias responsáveis (Pró-Reitoria Gestão Pessoas - PRGP, Pró-Reitoria de Graduação - PRG, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG, Diretoria de Serviços Gerais - DSG e DOBI). Tais dados contemplam a lista de docentes e funcionários de cada local, representantes da população fixa, além da obtenção de lista de disciplinas ministradas em cada um dos Blocos, junto com a lista de alunos matriculados em cada uma, representantes da população flutuante, determinando o total de usuários.

A quantidade de usuários total foi definida seguindo a metodologia sugerida em Nakagawa (2009). A autora considerou que cada usuário fixo permanece, em média, 8h na edificação, sendo esta a referência para a aplicação das tabelas de consumos típicos de usuários encontrados na bibliografia. Para o caso dos usuários flutuantes faz-se uma ponderação do consumo pelas horas que estes usuários permanecem na edificação em relação às 8h, passando a serem denominados usuários equivalentes. Assim, um aluno que permanece 1h na edificação, por exemplo, possui um consumo equivalente a um oitavo do consumo típico de um usuário fixo sendo necessário, portanto, que oito alunos permaneçam simultaneamente durante 1h na edificação ou que dois alunos permaneçam 4h para que o consumo seja equivalente à um professor ou funcionário.

O consumo medido nos hidrômetros foi comparado com referências para estimativas de consumos típicos, a fim de se determinar a relação da demanda esperada e a efetivamente medida na edificação. Neste trabalho, foram utilizadas as referências de Heller (2010), em que são estimados valores de escolas de nível fundamental e médio e a equação (1) de Brasil (2003). Além destas, após o levantamento de todos os equipamentos hidrossanitários e dos equipamentos laboratoriais que apresentem consumo significativo de água, foram realizadas

estimativas do consumo com base em utilizações típicas por usuário, principalmente sobre torneiras e bacias sanitárias, conforme Deboita (2015) e Oliveira (2017).

$$C_m = 0,03 \times AC + 0,7 \times N_f + 0,8 \times N_b + 50 \quad (1)$$

Na qual:

C_m : Consumo médio estimado (m^3 / mês);

AC : Área construída (m^2);

N_f : Número de funcionários;

N_b : Número de bacias sanitárias.

4.2.2. Perdas Físicas

Foram realizadas visitas às edificações a fim de buscar evidências de perdas físicas visíveis principalmente por vazamentos, mau funcionamento dos equipamentos ou negligência dos usuários. Assim, foram analisadas evidências de vazamento como manchas nas pinturas das paredes e dos tetos, manchas semelhantes à ferrugem nas pias e bacias sanitárias ou sons característicos. Constatado algum tipo de vazamento, uma equipe de manutenção é acionada para correção.

As perdas não visíveis foram identificadas pelo consumo em excesso no trecho setorizado aos finais de semana, quando não há usuários nas edificações e mesmo assim, há registro de consumo de água.

4.2.3. Adequação de Processos

Nesta etapa foram avaliados todos os processos utilizadores de água como, por exemplo, laboratoriais e limpeza das salas, corredores e banheiros. Com o conhecimento destes processos, podem ser feitas recomendações e proposições de alteração nos processos visando economia.

4.2.4. Adequação de Equipamentos e Componentes

Em visitas aos Blocos em estudo, foram feitas avaliações de todos os equipamentos hidráulicos, identificando seu consumo e propondo alterações a fim de que os consumos de

água sejam otimizados. Foram elaboradas medidas para redução do consumo como a recomendação para trocas de aparelhos hidrossanitários e instalação de equivalentes economizadores

4.2.5. Controle de pressão do Sistema Hidráulico

Foram realizadas análises de pressão nas instalações prediais de água, avaliando possíveis excedentes ou valores abaixo do recomendado. A pressão estando dentro da faixa estabelecida para operação dos aparelhos hidrossanitários faz com que eles trabalhem de forma correta para o conforto esperado pelos usuários, sem consumo desnecessário e desnecessário de água. A análise foi realizada de forma simplificada, observando-se o desnível, portanto, a pressão, entre o reservatório de água e os diversos equipamentos hidrossanitários instalados (BOTELHO E JUNIOR, 2010).

4.3. Avaliação de Oferta de Água

Nesta etapa foram realizadas análises de outras fontes de ofertas de água, que não a oriunda da concessionária para que, na medida do possível, sejam utilizados de forma alternativa reduzindo o dispêndio financeiro com água potável da concessionária.

4.3.1. Águas Pluviais

Com base na documentação fornecida, foram feitas visitas para a verificação da existência de sistemas de captação e reservação de águas pluviais, destinados à usos menos nobres, que não exigem tratamento complexo como, por exemplo, descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins ou lavagem de áreas que, em condições típicas, utilizam água potável.

4.3.2. Reuso de Água Cinza

Os efluentes gerados em processos típicos de edificações não industriais, como as originárias de refeitórios, pias e chuveiros, podem ser reutilizados sem tratamento, ou após prévio tratamento, para usos específicos não potáveis, semelhantes aos das águas pluviais armazenadas.

Para fins potáveis geralmente não são recomendadas reutilizações, devido aos custos elevados do tratamento, riscos relativos à saúde do público e aceitação geral de sua utilização (GONÇALVES, 2009). Este tipo de reutilização demanda monitoramento constante e sistêmico da eficiência da solução adotada para o tratamento. Mesmo após o tratamento para fins não potáveis, os pontos de saída, como torneiras, devem ser equipados com travas ou cadeados, de forma que usuários não tenham condições fáceis de acesso à água, impedindo a realização de atividades não previstas com a mesma.

4.4. Estudo de Viabilidade Econômica

Na sequência deste tópico, serão apresentadas as diferenciações adotadas com relação às considerações financeiras para implantação tanto das fontes alternativas de água como das substituições necessárias à redução do consumo.

4.4.1. Medidas de Baixo Investimento

As principais medidas de baixo investimento constam de orientações aos funcionários da limpeza sobre métodos que requerem menor uso de água, educação de usuários, publicação dos resultados de economia em quadros de aviso, consertos de vazamentos, correta utilização dos equipamentos hidrossanitários e medidas básicas para economia, a fim de buscar redução do consumo geral de água com pequeno dispêndio.

4.4.2. Medidas de Médio Investimento

Medidas de médio investimento compreendem basicamente a troca de aparelhos sanitários, como torneiras e bacias, por modelos equivalentes economizadoras e setorização da instituição com instalação de hidrômetros em pontos específicos da rede. Estas medidas devem ser aplicadas de forma gradual, pois necessitam de maior disponibilidade financeira, quando comparadas às medidas de baixo investimento.

4.4.3. Medidas de Alto Investimento

Medidas de alto investimento englobam substituições ou implantações de maior complexidade, devendo ser previstas com antecedência para sua inclusão em orçamentos e cronogramas anuais de dispêndio. Podem ser citados como exemplos: perfurações de poços,

troca da rede de distribuição, implantação de sistemas de reuso de água e sistema de captação de água de chuva.

4.5. Análise Econômica

A viabilidade econômica pode ser analisada através do cálculo do valor presente líquido (VPL) de uma série de economias futuras geradas, descontadas por uma taxa de juros, conforme equação (2). Caso o valor presente supere o valor da aquisição dos equipamentos ou implantação de novos mecanismos, estas podem ser consideradas viáveis.

$$VPL = -I_o + \sum \frac{FC}{(1 + tx)^{na}} \quad (2)$$

Na qual:

VPL – Valor presente líquido;

I0 – Investimento, em R\$;

FC – Fluxo de caixa, em R\$ por unidade de tempo.

tx – taxa de juros, em %;

na – vida útil do equipamento.

Ressalta-se que as unidades de tempo, juros e fluxo de caixa devem ser compatíveis entre si. Caso seja utilizada uma taxa de juros em percentual ao ano, o tempo deve ser em anos e a economia gerada também calculada anualmente. As análises realizadas levaram em consideração uma taxa de juros de 12% ao ano.

O custo de investimento pode ser considerado, ainda, como a diferença entre o custo de um equipamento economizador sobre o custo de um equipamento convencional, caso este último esteja em iminência de troca, devido ao fim de sua vida útil (BALDIN, 2014).

O tempo de retorno pode ser calculada pelo cálculo de *payback*, através da equação (3).

$$PB = \frac{I}{R} \quad (3)$$

Na qual:

PB – *Payback* do investimento, em unidade de tempo;

I – Investimento necessário, em R\$;

R – Resultado no fluxo de caixa, em R\$ por unidade de tempo.

5. RESULTADOS

5.1. Auditoria Inicial

Na auditoria inicial foram obtidos os projetos civis e hidráulicos das edificações mais novas da Universidade, construídas entre os anos 2010 e 2020. Para as edificações anteriores, os projetos estão desatualizados ou inexistentes.

As informações sobre a quantidade de usuários foram obtidas junto à Reitoria, Pró Reitoria de Graduação - PRG e Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG. Os históricos de consumo de água foram obtidos juntamente à Diretoria de Obras e Infraestrutura - DOBI, tendo sido fornecidos as contas de água relativas a 2011 a 2018, e informações sobre o serviço de manutenção das edificações.

A secretaria do Instituto de Recursos Naturais forneceu perfis típicos de usuários, sendo usuários fixos, compostos por servidores e terceirizados, que permanecem 40h semanais na instituição, e usuários flutuantes, compostos por alunos de Graduação e Pós-Graduação, que permanecem na instituição por horários variáveis, dependente da distribuição de horários dos cursos no semestre.

5.1.1. Caracterização Geral da Instituição

A Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI possui dois campus universitários, sendo um na cidade de Itajubá e outro na cidade de Itabira, ambos em Minas Gerais. O campus da UNIFEI Itajubá, foco do estudo deste trabalho, estabelecido na Avenida BPS, nº 1303, tem uma área ocupada de 372.518,65 m² e é dotado de 70 edificações registradas na DOBI, incluindo, por exemplo, prédios, portarias, campos, quadras e estações de monitoramento climático.

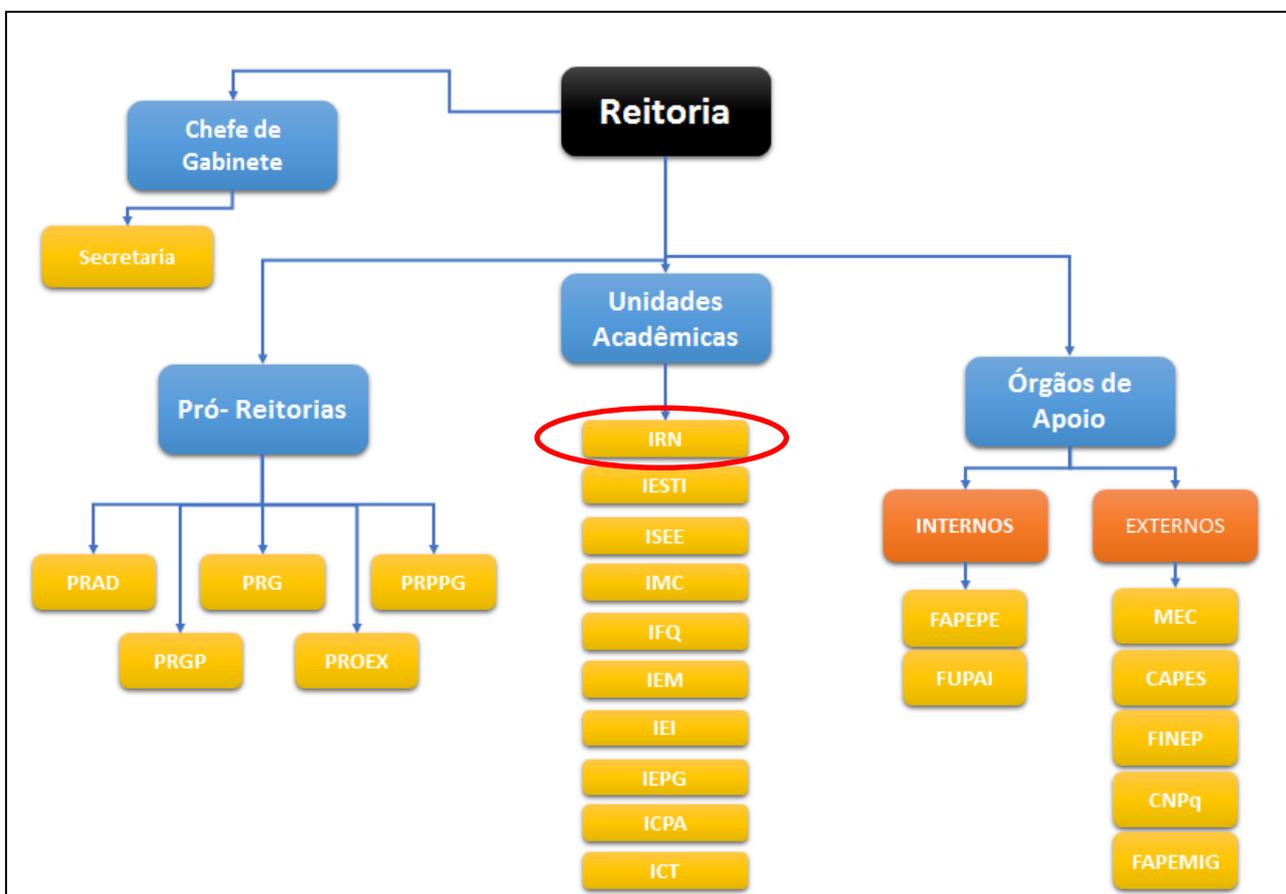
A UNIFEI, campus Itajubá, no primeiro semestre de 2018, contava com 403 servidores técnico-administrativos, 5520 discentes e 511 docentes, incluindo Graduação e Pós-Graduação, além de 165 terceirizados, incluindo manutenção, jardinagem, limpeza, segurança, restaurante e auxiliares gerais (UNIFEI, 2019).

Conforme Portaria nº 1.143 de 05/07/2018 UNIFEI (2018), na qual a Reitoria criou uma Comissão de Conservação Hídrica com objetivos de racionalização, redução e efficientização de recursos hídricos, com a determinação de responsáveis em diferentes

diretorias ligadas a Pró-Reitoria de Administração - PRAD, como por exemplo, a DOBI, que além de atividades de manutenção das edificações, trabalha com medidas de conservação e também criação e execução de projetos que gerem economia sem perder a qualidade da água, sendo um dos motivos que motivou a realização deste trabalho. Recentemente, se tornou interesse da UNIFEI realizar o rateio das contas de água entre os diversos Institutos existentes no campus, como parte dos trabalhos da Comissão de Conservação Hídrica.

Na figura 10 é apresentado o organograma geral da Universidade, onde é possível observar o Instituto de Recursos Naturais – IRN sendo uma Unidade Acadêmica ligada a Reitoria.

Figura 10 – Organograma geral da UNIFEI. Fonte: UNIFEI, 2019



5.1.2. Caracterização do consumo de água

A água utilizada na UNIFEI é proveniente da Companhia de Saneamento de Minas Gérias - COPASA, com duas entradas no campus, monitoradas, cada uma, por um hidrômetro convencional utilizado para faturamento.

A Figura 11 apresenta um croqui do campus com a identificação dos ramais de entrada da COPASA.

Figura 11 – Croqui do Campus da UNIFEI. Fonte: Google Earth.



De acordo com as contas de água disponibilizadas pela DOBI, o valor da água fornecida pela COPASA, conforme referência de novembro de 2018 é R\$ 19,08 por m³, já considerando a taxa de esgoto. De forma separada, têm-se valores de R\$ 10,02 para água e R\$ 9,06 para coleta de esgoto.

O consumo de água mensal do campus no período de 2011 a 2018 estão apresentados, no anexo IV e no gráfico da figura 12. O consumo anual é apresentado no gráfico da figura 13, sendo o consumo médio mensal é de 2.638m³ e o consumo médio anual de 31.661m³.

Figura 12 – Gráfico do Consumo geral do campus em meses. Fonte: Autor.

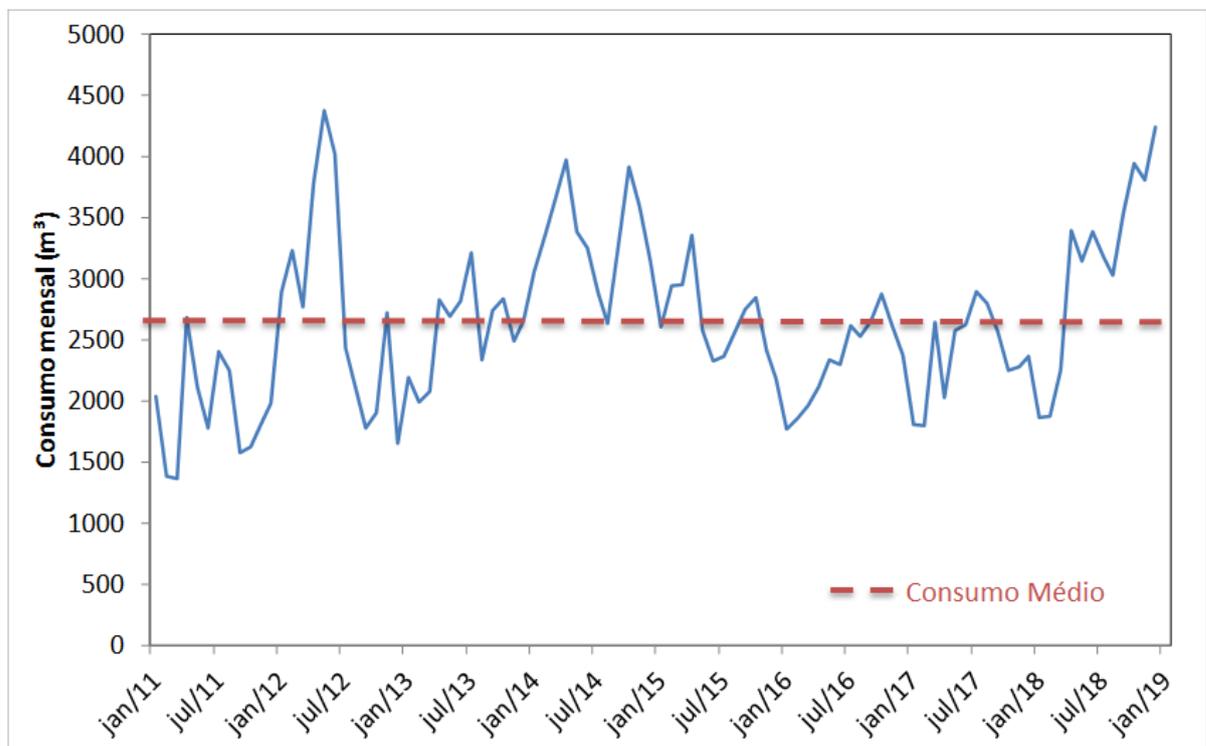
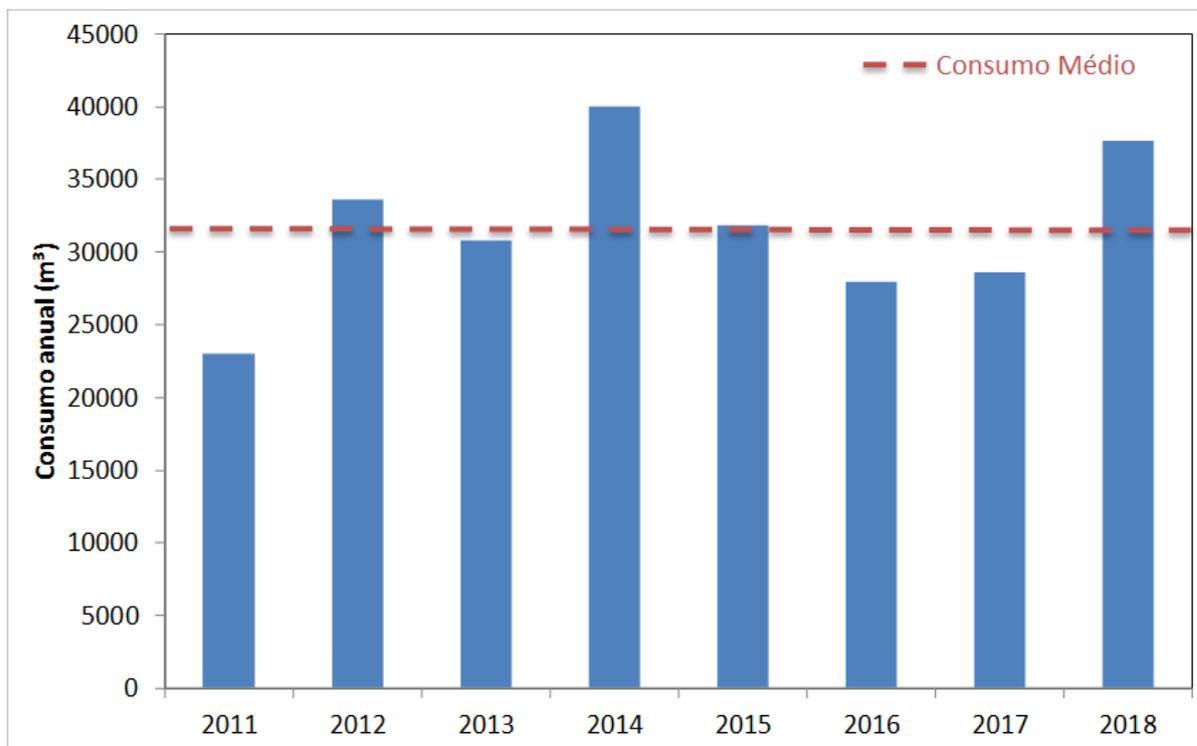


Figura 13 – Consumo anual de água do campus. Fonte: Autor.



No gráfico da figura 13, verifica-se que o maior consumo anual de água ocorreu em 2014, devido à quantidade de obras civis no campus, tanto de reformas quanto de construção. Fato semelhante foi observado no ano de 2018, também se justificando pela execução de obras.

Nos documentos não foram identificados projeto da rede hidráulica atualizada do campus da UNIFEI, o que não permitiu a determinação dos fluxos de água no interior da instituição. Também não existem projetos das instalações hidráulicas prediais das edificações mais antigas, tendo sido encontrados apenas projetos das edificações mais recentes, em geral, construídas após 2010.

5.1.3. Programa de Setorização do Consumo de Água para Monitoramento

Verificou-se que não há controle do consumo de água interno no campus, com a exceção dos hidrômetros que atendem a concessionária de saneamento. Portanto faz se necessária a implantação de um plano de setorização para que se possa conhecer o consumo individual das edificações da Universidade e propor a partir disto, medidas para redução do

consumo de água, além de fornecer a informação precisa para se realizar a gestão da demanda de água.

Propõe-se que a setorização da UNIFEI seja realizada sob a mesma divisão administrativa do campus, sob a forma de Institutos, esta proposta atende ao interesse da Universidade que pretende atribuir aos Institutos à responsabilidade dos pagamentos as despesas de custeios com água e energia elétrica. A divisão por Institutos irá abranger todas as edificações sob sua responsabilidade, deixando para a Reitoria, as demais edificações em que são de uso comum de todos, como ginásio de esportes, garagem, prédio da administração central, inclusive o Prédio Central, uma área em que praticamente todos os Institutos utilizam não somente em salas, mas também em laboratórios e empresas encubadas. Outro problema que acontece na UNIFEI, é a divisão de Bloco em vários Institutos, visto a dificuldade da leitura para posterior cobrança individual.

Para esta pesquisa foi selecionado o Instituto de Recursos Naturais – IRN, sendo este um projeto piloto que poderá ser replicado para o restante dos Institutos do campus. A seleção se deu uma vez que a atual dissertação se encontra inserida no programa de Pós-Graduação deste Instituto e o que resulta na facilidade de obtenção da documentação e na de instalações de equipamentos necessária ao desenvolvimento dos trabalhos.

A proposta de setorização do IRN se dará pelas edificações que compõem o Instituto, desta forma será possível conhecer o consumo de água de cada edificação e propor medidas para redução e minimização de perdas. Para isto propõe-se instalar um medidor de vazão no ramal de entrada de cada edificação.

O Instituto compõe-se por 4 Blocos, que são o L8, L9, M3 e E3. Foi instalado um hidrômetro no ramal de entrada de água de cada edificação, excluindo o E3, o qual há somente salas de professores e auditório. Ressalta-se também que no Bloco I3, pertencente a ao Instituto de Sistemas Elétricos e Energia, há algumas salas ocupadas pelo IRN, entretanto não possui um ramal predial de entrada exclusivo para implantação do hidrômetro. Desta forma este setor foi desconsiderado para este trabalho. Ressalta-se que nem sempre os Institutos ocupam um único Bloco ou edificações vizinhas.

5.1.4. Instalação dos Hidrômetros

A instalação dos hidrômetros foi feita com base na estimativa do consumo diário, tendo sido adotado um volume de 75 L/dia para cada usuário, conforme tabela 2, e na faixa de

operação médias conforme tabela da SABESP (2012) apresentada no Anexo I. Para o cálculo de vazão em m³/h considerou-se o dia como possuindo 8h, sendo este o tempo médio de permanência dos usuários na instituição, com resultados apresentados na tabela 3.

Tabela 2 – Consumo médio diário para diferentes atividades comerciais

Tipo de edificação	Consumo L/usuário/dia
Pequenas Escolas	25
Grandes Escolas	75

Fonte: Heller, 2010

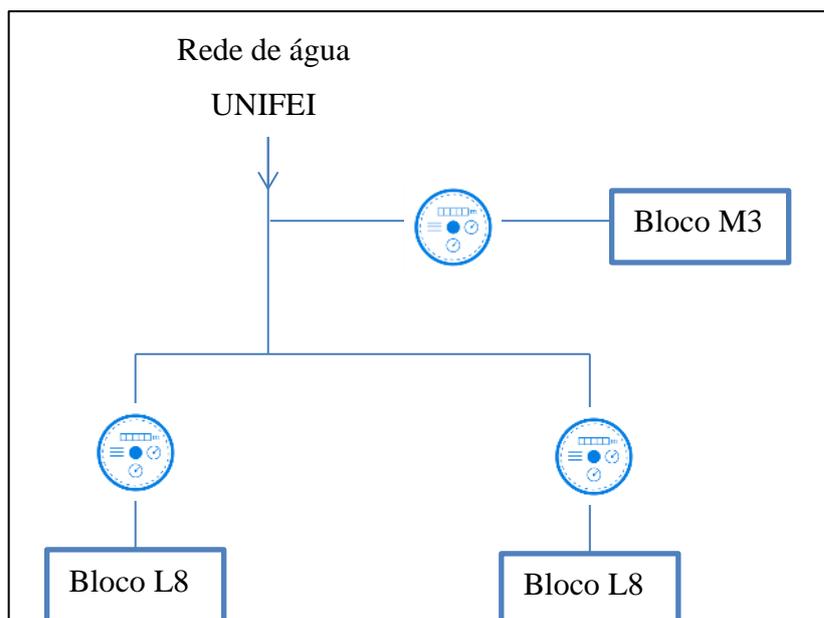
Tabela 3 – Vazão estimada para os Blocos

Bloco	Usuários*	Vazão estimada (m³/h)
M3	86	0,81
L8	76	0,71
L9	49	0,46

*cálculos considerando usuários equivalentes, conforme item 5.2.1

Assim, considerando as faixas mínimas de operação, qualquer hidrômetro entre as designações 0 e 8 da SABESP atenderiam as condições calculadas, ou seja, vazões mínimas entre 0,018 m³/h e 0,540 m³/h. Foram instalados três hidrômetros, um em cada ramal de entrada dos edifícios dos Blocos L8, L9 e M3, sendo os equipamentos do tipo mecânicos com leitura diária, conforme croqui da figura 14. Nos Blocos M3 e L9 foram aplicados hidrômetros da marca ABB e vazão nominal de 2,50 m³/h e vazão mínima 0,06 m³/h e para o Bloco L8 foi instalado um hidrômetro da marca LAO, com vazão nominal de 1,5 m³/h e vazão mínima de 0,02 m³/h.

Figura 14 – Croqui de instalação dos hidrômetros no IRN. Fonte: Autor.

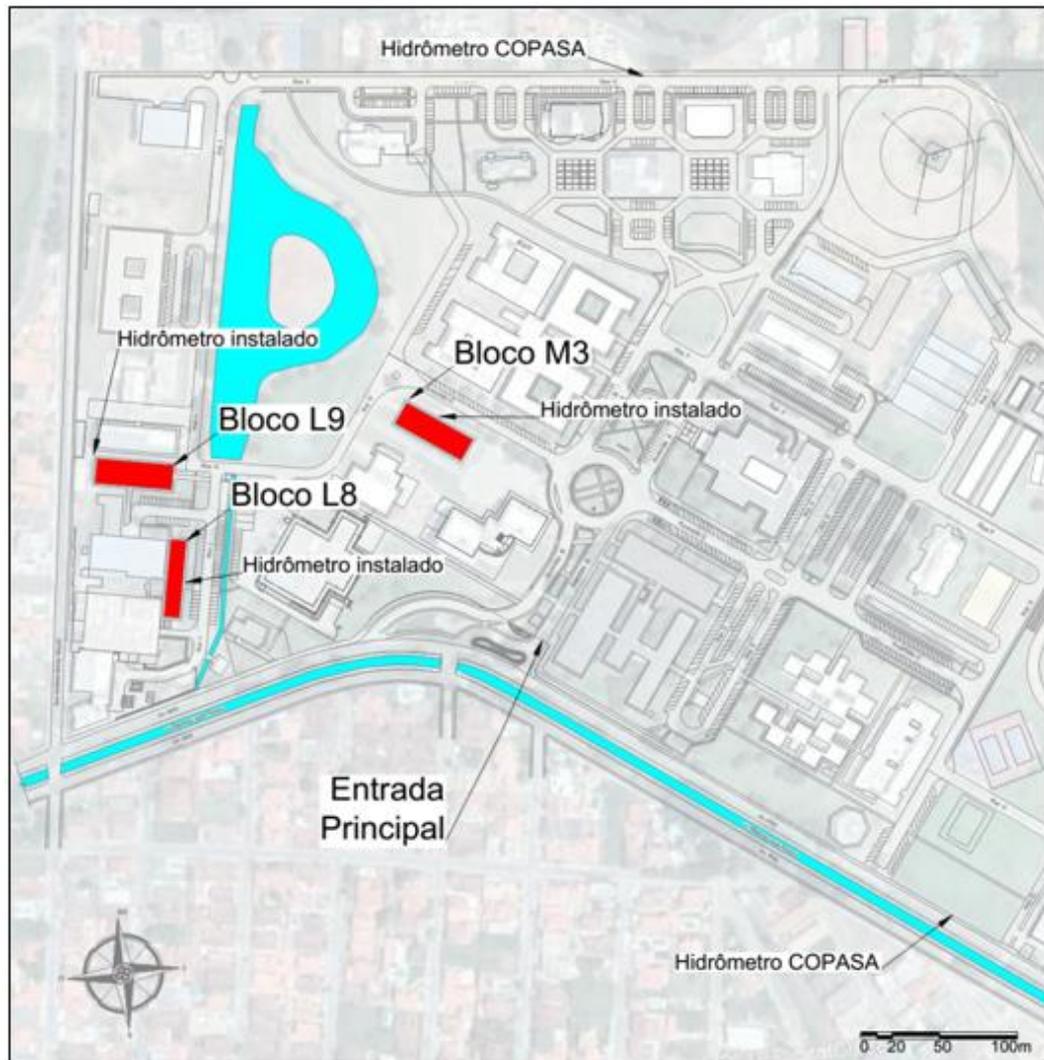


O Bloco M3 foi construído em 2016 e com projeto hidráulico atualizado foi identificado à posição do ramal de entrada de água da edificação para instalação do hidrômetro, sendo no lado direito da fachada principal, junto à identificação do Bloco.

Para os Blocos L8 e L9, edificações mais antigas, não havia projetos hidráulicos para identificação do ramal de entrada e nem o projeto da rede de distribuição do Campus de Itajubá. A localização dos ramais foi identificada acompanhando-se as tubulações de entrada dos reservatórios localizados no topo das edificações, sendo realizada a escavação do solo para a confirmação do local e implantação dos hidrômetros.

A figura 15 apresenta a localização dos Blocos e dos hidrômetros instalados no croqui geral da UNIFEI.

Figura 15 – Croqui dos hidrômetros instalados e Blocos da UNIFEI. Fonte: Autor.



5.1.5. Avaliação das Edificações

As avaliações das edificações foram realizadas com base nos projetos hidrossanitários que foram disponibilizados pelo setor de engenharia da UNIFEI, sendo o único com a documentação completa, o Bloco M3. Os projetos hidrossanitários dos Blocos L8 e L9 não constam na DOBI por serem edificações mais antigas, portanto foi necessária sua confecção. Para verificação das instalações hidráulicas existentes, foram visitadas as edificações para confirmação dos projetos recebidos e da atual ocupação das edificações, realizando-se o cadastramento de eventuais usos divergentes ao projeto.

Na tabela 4 é apresentado um resumo dos equipamentos hidrossanitários instalados nas edificações em estudo, com detalhamento nos itens posteriores.

Tabela 4 – Quantidade de equipamentos hidrossanitários por Bloco

Dispositivos hidrossanitários	Quantidade por Bloco			Total
	M3	L8	L9	
Bacia sanitária	14	12	12	38
Bebedouro	2	3	2	7
Mictório	4	6	7	17
Torneira	21	17	38	74

Fonte: Autor, 2019

5.1.5.1. Caracterização do Bloco M3

O Bloco M3 é constituído de dois pavimentos, com área total de construção de 1.489 m², sendo composto por oito salas de professores, cinco laboratórios, quatro salas de aula, duas salas multiuso, uma secretaria, duas salas de diretoria, duas salas de reuniões, uma cozinha e seis banheiros, sendo dois masculinos, dois femininos e dois para uso de deficientes, conforme figura 16.

Figura 16 – Layout do Bloco M3. Fonte: DOBI, 2018.



Os banheiros deste Bloco são dotados com torneiras economizadoras de acionamento hidromecânico, tal como ocorre nos mictórios, e as bacias sanitárias utilizam caixa acoplada de duplo acionamento para 3 ou 6 L. Há uma torneira comum sob cada uma das pias dos banheiros, utilizadas pelos funcionários de limpeza. Para as áreas de laboratório e cozinha as torneiras são comuns, além de existirem dois bebedouros nas áreas de circulação.

A quantidade total de aparelhos sanitários instalados no Bloco M3 estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Quantificação dos equipamentos hidrossanitários instalados no Bloco M3

Ambiente	Aparelho Hidrossanitário	Quantidade
Banheiros	Torneira Comum de Lavatório	4
	Torneira de Acionamento Hidromecânico	12
	Bacias Sanitárias	14
	Mictórios	4
Cozinha	Torneira Comum de Lavatório	1
Áreas comuns	Bebedouros	2
Laboratórios	Torneira Comum de Lavatório	4

Fonte: Autor, 2019

5.1.5.2. Caracterização do Bloco L8

O Bloco L8 é constituído de três pavimentos, tendo sua área total de 1.502 m², sendo composto por 28 salas de professores, cinco laboratórios, quatro salas de aula, uma sala de estudos, uma sala de reunião, um auditório, quatro banheiros, uma cozinha e uma secretaria, figura 17. Ressalta-se que os laboratórios neste Bloco, são laboratórios didáticos que não usam água.

Figura 17 – Layout do Bloco L8. Fonte: DOBI, 2018.



Os banheiros do Bloco L8 são equipados com torneiras economizadoras de acionamento hidromecânico, tal como ocorre nos mictórios, e com bacias sanitárias descarga do tipo válvula direta, sem caixa, tendo uma torneira comum em cada banheiro utilizada pelos funcionários de limpeza. Na cozinha é utilizada uma torneira de acionamento comum e nas áreas de circulação encontram-se instalados três bebedouros. A quantidade total de aparelhos sanitários instalados no Bloco L8 está apresentada na tabela 6.

Tabela 6 – Quantificação dos equipamentos hidrossanitários no Bloco L8

Descrição	Aparelho Hidrossanitário	Quantidade
Banheiros	Torneira Comum de Lavatório	4
	Torneira de Acionamento Hidromecânico	12
	Bacias Sanitárias	12
	Mictórios	6
Cozinha	Torneira Comum de Lavatório	1
Áreas comuns	Bebedouros	3

5.1.5.3. Caracterização do Bloco L9

O Bloco L9 é constituído de dois pavimentos e tem sua área total construída de 1.454 m², sendo composto por 20 laboratórios, sete salas de professores, quatro salas de estudos, quatro banheiros e uma cozinha, figura 18. Na planta apresentada só foram indicados os laboratórios de possível interesse, que possuem algum equipamento hidrossanitário ou consumidor de água.

Figura 18 – Layout do Bloco L9. Fonte: DOBI, 2018.



Os banheiros do Bloco L9 são equipados com torneiras economizadoras de acionamento hidromecânico para as pias e os mictórios enquanto as bacias sanitárias utilizam válvulas diretas. Há uma torneira comum em cada banheiro utilizada pelos funcionários de limpeza. Na cozinha a torneira existente é de acionamento comum e nas áreas de circulação existem dois bebedouros. A quantidade total de aparelhos sanitários instalados no Bloco L9 estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Quantificação dos equipamentos hidrossanitários no Bloco L9

Descrição	Aparelho Hidrossanitário	Quantidade
Banheiros	Torneira Comum de Lavatório	2
	Torneira de Acionamento Hidromecânico	13
	Bacias Sanitárias	12
	Mictórios	7
Cozinha	Torneira Comum de Lavatório	1
Áreas comuns	Bebedouros	2
Laboratórios	Torneira comum de laboratório	22

O Bloco L9, apesar de possuir poucos usuários fixos, concentra grande parte das atividades laboratoriais. Em consultas realizadas aos usuários dos laboratórios, foi relatado que o destilador de água possui um consumo significativo, estando presente nos laboratórios de saneamento, química, pavimentação e solos, como o do exemplo apresentado na figura 19.

Figura 19 – Destilador do laboratório de saneamento em uso. Fonte: Autor.



5.2. Avaliação da Demanda de Água

5.2.1. Análise de Equipamentos e Componentes

- **Torneiras Hidromecânicas**

Todas as torneiras instaladas nos Blocos M3, L8 e L9 são do tipo economizadoras, com acionamento hidromecânico, não havendo motivação para sua substituição.

As torneiras deste tipo, quando adquiridas novas, não possuem nenhum tipo de regulagem que permite limitar sua vazão. Segundo a NBR 13.714 (ABNT, 2000) o volume máximo que uma torneira hidromecânica deve liberar por acionamento é de 1200mL e mínimo de 300mL. Na figura 20 é mostrado um anel que foi feito com tubo de PVC pela DOBI durante a instalação destas torneiras do Bloco L9 para diminuir o vão de acionamento, consequentemente reduzir o consumo de água. Durante as inspeções realizadas nas edificações, notou-se que diversas torneiras estão sem estes anéis, uma vez que sua remoção pelos usuários é bastante simples.

Figura 20 – Anel de regulagem das torneiras hidromecânicas. Fonte: Autor.



Foram feitas medições de volume por acionamento em cada um dos pavimentos dos Blocos para verificação dos volumes liberados por cada torneira em cada pavimento, com resultados apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Volume, em mL, por acionamento das torneiras hidromecânicas

Local	Volume (mL)		
	Bloco M3	Bloco L8	Bloco L9
Térreo	500	495	1200
1º Pavimento	360	-	690
2º Pavimento	-	280	-
Média	430	388	945

Nota-se que o Bloco L9 possui volumes significativamente superior aos demais. Apesar de estar dentro do previsto na norma, foram realizados testes no térreo deste Bloco, através da instalação de abraçadeiras de nylon no corpo de acionamento, como mostrado na figura 21, de forma a compatibilizar o volume com os dos outros Blocos. A escolha da abraçadeira de nylon se deu pela maior dificuldade de sua remoção sem ferramentas de corte. O resultado deste teste está apresentado na tabela 9, que mostra uma aproximação satisfatória do volume do térreo do Bloco L9 com as demais torneiras dos Blocos M3 e L8.

Figura 21 – Abraçadeira de nylon instalada na torneira hidromecânica do Bloco L9. Fonte:

Autor.



Tabela 9 – Volume, em mL, por acionamento das torneiras, após modificação no Bloco L9

Local	Volume (mL)			
	Bloco M3	Bloco L8	Bloco L9	
			Antes	Depois
Térreo	500	495	1200	610
1º Pavimento	360	-	690	-
2º Pavimento	-	280	-	-
Média	430	388	945	650

Conforme Oliveira (2017), uma entrevista realizada com os usuários do Bloco M3 indicou a utilização diária média das torneiras dos banheiros como 6,5 vezes por usuário. A redução do volume na torneira do térreo do Bloco L9 significaria, portanto, uma redução diária de 4L diários por usuário.

- **Torneiras Convencionais**

Em consultas realizadas aos usuários dos laboratórios e funcionários da limpeza, não foi obtida uma boa recepção com relação à substituição das atuais torneiras convencionais por torneiras hidromecânicas, uma vez que estas são utilizadas na maior parte das vezes para encher baldes, lavar equipamentos e utensílios de laboratório e de refeição, reduzindo o conforto dos usuários com sua substituição. Portanto, as torneiras utilizadas para este fim permanecem com o modelo tradicional.

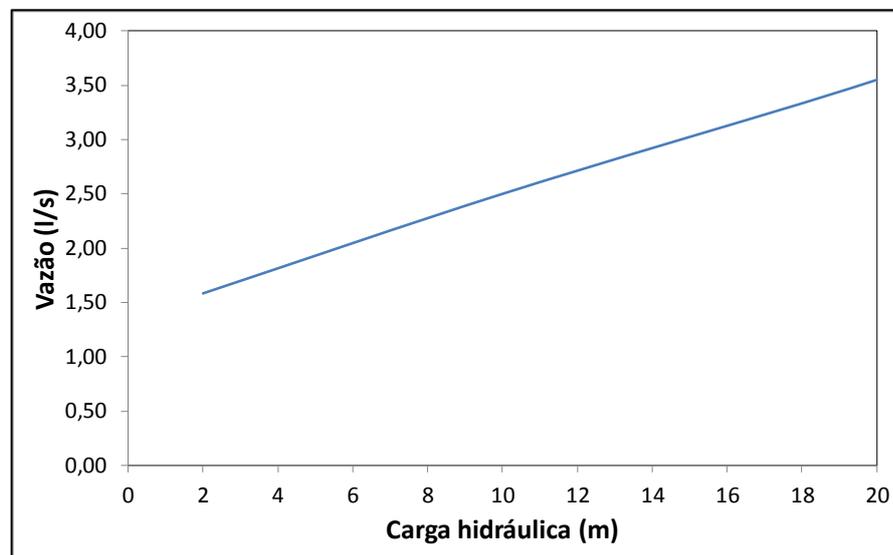
- **Bacias Sanitárias**

Oliveira (2017) realizou uma análise do perfil de uso dos usuários do Bloco M3, onde foi obtido um acionamento diário médio das descargas de bacias sanitárias de 4,3 vezes por usuário. Deboita (2015) fez uma série de análises contemplando a frequência de uso de bacias sanitárias em uma empresa com descargas de válvula direta. Foi computada uma média de 786 acionamentos diários das descargas no banheiro feminino, em uma empresa com 210 funcionárias, ou seja, uma média de 3,7 acionamentos por funcionária por dia. Destes acionamentos, 72% referem-se somente a utilização para descarga de urina, com uma duração estimada de acionamento de 3s, e 28% para eliminação de fezes e urina, com duração estimada de 5s. Nota-se uma similaridade entre os resultados obtidos por ambas as autoras. Para o presente estudo, foi adotada uma média de acionamentos de quatro vezes.

Adicionalmente, Deboita (2015) estimou um tempo de abertura médio de quatro segundos para uma descarga completa de uma bacia sanitária, considerando a lavagem da bacia contendo apenas urina ou fezes e urina. Foram realizados testes nas bacias dos Blocos L8 e L9, e foram obtidos tempos semelhantes ao apresentado pela autora, sendo adotado o tempo médio de acionamento de 4 s.

Para o cálculo do volume de cada ciclo de descarga, foi consultada a ficha técnica da válvula de descarga direta de 1½” da empresa Docol (2019), mostrada na Figura 22, onde a vazão da descarga se relaciona com a carga hidráulica sobre a válvula.

Figura 22 – Vazão da válvula de descarga de 1 ½” para diferentes cargas hidráulicas (adaptado de Docol, 2019)



A pressão média nos Blocos L8 e L9 foram estimadas como sendo de 6 m.c.a. sobre as válvulas, portanto a vazão da válvula foi estimada em 2,0 L/s. Assim, com o tempo de acionamento de 4s, o volume dispendido por descarga é de 8,0 L.

Para as descargas utilizando caixas acopladas com acionamento duplo, de 3 ou 6 L, pode-se estimar o volume médio por descarga considerando a informação de Deboita (2015). Sendo 72% do uso dos banheiros somente para urina e 28% correspondem à utilização para fezes e urina, pode-se ponderar uma descarga média de 3,84 L para a caixa acoplada de duplo acionamento, ou seja, uma economia de 4,16 L por descarga. Uma análise econômica está apresentada no item 5.2.2.

Os consumos estimados com bacias com válvula direta, considerando 4 acionamentos por dia com um tempo médio de 4s, sendo 8L por descarga, tem-se no Bloco L8 de

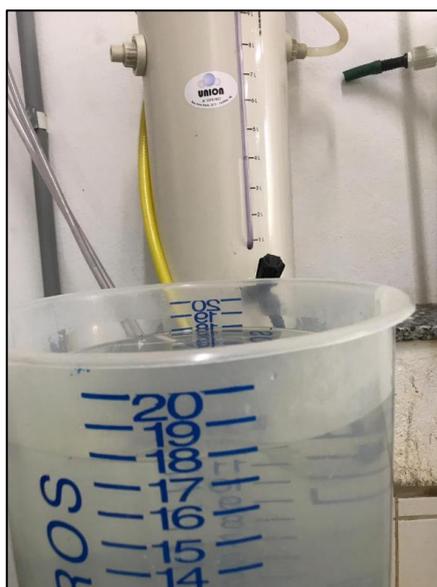
2.432 L/dia e no Bloco L9 1.568 L/dia. No Bloco M3, utilizando caixa acoplada, estima-se 1.376 L/dia, sendo os três Blocos com valores estimados acima do medido.

- **Destiladores**

Foram feitas análises junto aos operadores do equipamento de destilação, mostrado na figura 23, para se determinar o consumo para a produção de 1 L de água destilada, colocando um balde graduado no dreno do destilador. Foram realizadas quatro medições, sendo a primeira logo após o equipamento ter sido ligado, sem as condições de temperatura ideais para sua operação e três em condições ideais. No primeiro caso foram necessários aproximadamente 100 L de água para a produção de 1 L de água destilada. Nas demais foi obtida uma média de 18 L de água para cada 1 L gerado.

Figura 23 – Medição do Volume de água utilizada para gerar 1L de água destilada. Fonte:

Autor.



Foram obtidas estimativas de consumo de água destilada mensalmente no Bloco L9, com resultados apresentados na tabela 10. Estima-se, portanto, que o consumo de água pelos laboratórios para produção de água destilada seja de 2.880 L/mês. Os operadores dos destiladores relatam boa experiência com a utilização do equipamento, sempre esperando este atingir a temperatura ideal para o processo de destilação, evitando o elevado consumo observado em condições não ideais.

Tabela 10 – Estimativo do consumo de água destilada por mês

Laboratório	Consumo de água destilada (L/mês)	Volume de água drenada (L/mês)
Saneamento	20	360
Análise e controle Físico Químico	40	720
Solos	40	720
Pavimentação e Geotecnia	60	1.080
TOTAL	160	2.880

Uma solução para reduzir o consumo de água seria reservar a água descartada para ser utilizada em outra atividade, como limpeza de material utilizado em experimentos, por exemplo. Assim, quase a totalidade de água desperdiçada teria destinação.

5.2.2. Estimativa do Consumo de Água

Para estimativa dos ocupantes das edificações foram considerados usuários fixos e os flutuantes, sendo usuários fixos, compostos por servidores técnicos administrativos, terceirizados e professores que possuem sala na edificação, que permanecem 40h semanais na instituição, e usuários flutuantes, compostos por alunos de Graduação e Pós-Graduação, que permanecem na instituição por horários variáveis, dependente da distribuição de horários dos cursos no semestre. As listas de usuários fixos, estão apresentadas na tabela 11. Os usuários flutuantes foram computados com base na distribuição de disciplinas no primeiro semestre de 2019, Anexo V, ponderando-se, como já citado, pela metodologia apresentada em Nakagawa (2009). Adicionalmente, os resultados foram multiplicados por um fator de 0,75, correspondente à ausência estimada de 25% dos alunos na carga horária das disciplinas.

A totalização dos horários semanais resultou na presença de alunos por 2.083 horas no Bloco L8 e 3.131 horas no Bloco M3. Considerando, cinco dias por semana, tem uma média de 417 horas diárias no Bloco L8 e 626 horas no Bloco M3. Considerando que oito horas diárias de usuários flutuantes equivalem a um usuário fixo tem-se, portanto, 52 usuários fixos equivalentes para o Bloco L8 e 78 para o Bloco M3. Ressalta-se que o Bloco L9 não há salas de aula, sendo o uso apenas em laboratórios, sendo a quantidade de usuários equivalentes de 49.

No IRN têm-se dois programas de Pós-Graduação: o Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica - MPEH - e o Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos -

MEMARH. O MPEH tem uma grade que contempla 40h de aulas semanais, ministradas em uma semana ao mês, o que seria equivalente, para efeitos de cálculos, a 10h semanais. Os alunos do MEMARH têm carga horária distribuída ao longo do semestre, semelhante à graduação. Considerando 21 alunos de pós-graduação no Bloco L8 e 45 no Bloco M3 tem-se, portanto, 210h no primeiro e 450h no segundo, semanalmente. Isso representa 42 e 90 horas diárias, respectivamente, equivalente a cinco usuários no Bloco L8 e 11 no Bloco M3. Ressalta-se que estes resultados foram multiplicados por 0,75 para considerar a possível ausência em 25% da carga horária das disciplinas, com o resultado sendo arredondado para o inteiro acima.

Os totais de usuários fixos, distribuídos entre professores, servidores, funcionários terceirizados de limpeza e auxiliares, somados aos alunos equivalentes totalizam 86 usuários no Bloco M3, 76 usuários no Bloco L8 e 49 no Bloco L9, como mostrado na tabela 11.

Tabela 11 – Quantidade de usuários fixos e flutuantes nos Blocos

Bloco	Professores	Servidores	Alunos*	Alunos pós*	Terceirizados	TOTAL
M3	8	8	59	9	2	86
L8	27	3	39	4	3	76
L9	0	5	38	4	2	49
Total	35	16	136	17	7	211

*cálculos de usuários equivalentes e multiplicação por 0,75

Assim, considerando o consumo de 75 L por usuário diariamente para grandes escolas, Tabela 2 e o total de 211 usuários equivalentes no IRN, têm-se que a demanda estimada de água do IRN é 15,83 m³/dia e, considerando 20 dias úteis por mês o consumo é de 316,50 m³/mês. Os resultados estão apresentados na tabela 12 e verifica-se que o maior consumidor é o Bloco M3.

Tabela 12 – Demanda de água estimada por usuários equivalentes por Blocos

Bloco	Usuários equivalentes	Consumo médio/diário (m³/dia)	Consumo médio/mensal (m³/mês)
M3	86	6,45	129,00
L8	76	5,70	114,00
L9	49	3,68	73,50
Total	211	15,83	316,50

Alternativamente, estima-se o consumo com base na equação (1), constante no Brasil (2003), com resultados apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Demanda de água estimada por usuários equivalentes por Blocos por PNCDA

Bloco	Área (m²)	Usuários equivalentes	Bacias Sanitárias	Consumo médio (m³/dia)	Consumo médio (m³/mês)
M3	1.489	86	14	8,30	166,07
L8	1.502	76	12	7,89	157,86
L9	1.454	49	12	6,88	137,52
Total	4.445	211	38	23,07	461,45

Nota-se que a estimativa pelo PNCDA possui um valor fixo de 50,00 m³/mês, sendo o valor independente de variáveis na equação, o que tende a uma superestimava do consumo para locais com poucos usuários ou áreas pequenas. Além disso, a equação dá significativa importância para bacias sanitárias, mesmo que não existam quantidades de usuários compatíveis para a utilização destas, como ocorre no Bloco L9.

A tabela 14 apresenta o somatório das demandas de água em cada Bloco identificadas e estimadas nos itens anteriores a partir do número de usuários, da quantidade e do consumo de cada equipamento.

Tabela 14 – Demanda média de água dos Blocos do IRN

Aparelho sanitário	Consumo (m³/mês)		
	Bloco M3	Bloco L8	Bloco L9
Bacia Sanitária	26,40	48,64	31,36
Torneira Hidromecânica	4,81	3,83	6,02
Limpeza	5,99	4,38	3,91
Destiladores	-	-	2,88
Total Estimado	37,20	56,85	44,17

5.2.3. Monitoramento do Consumo de Água

Um primeiro monitoramento foi realizado pelo próprio autor em duração total de 100 dias, iniciando-se em 19/11/2018 estendendo-se até 01/03/2019, que abrangeu a temporada de férias escolares, feriados de Natal e Ano Novo, até início das aulas. Uma segunda etapa de medições foi realizada durante o período letivo, por 62 dias, tendo sido iniciada em 15/04/2019 e se estendendo até 16/06/2019. As tabelas com todos os dados coletados estão apresentadas no Apêndice I.

Com base nos dados levantados do consumo diário (Apêndice I), calculou-se que o consumo em dias úteis tem uma média de 1,06m³ no Bloco M3, 0,85m³ no Bloco L8 e 0,64m³ no Bloco L9. Os máximos registrados foram 3,19m³, no dia 23/01/19 no Bloco M3, 3,87m³ no

dia 24/01/2019 no Bloco L8 e 2,21 m³ no dia 31/01/19 no Bloco L9. Ressalta-se que não foram considerados os valores observados em 25 e 26/05/19 no Bloco M3, por se tratarem de um vazamento pronunciado, ocasionado pelo rompimento da tubulação de entrada no Bloco, que pode ser identificado nas figuras 24 e 26.

Na figura 24 é apresentado o consumo mensal para cada um dos Blocos monitorados. O Bloco M3 possui um consumo médio mensal de 21m³, desconsiderando o mês de maio de 2019, devido ao rompimento da tubulação de entrada do Bloco. O Bloco L8 apresenta um consumo mensal médio de 19m³ e o Bloco L9 15m³.

A figura 25 é apresentada a média para os dias da semana durante todo período monitorado. Nota-se que o mês de março não foi monitorado, e os meses de abril e junho foram monitorados por 15 dias cada, tendo sido feito uma estimativa do seu consumo mensal proporcionalmente em relação aos dias monitorados. Na figura 26 é apresentado o consumo semanal e na figura *monitoramento por 5 dias / **monitoramento por 6 dias

Figura 27 o monitoramento exclusivamente aos domingos, de maior importância para identificação de perdas por vazamentos não visíveis. Ressalta-se que nas duas últimas figuras estão indicadas ocorrências, via memorandos, utilizados internamente para solicitações de correções, encaminhados à DOBI e, também, áreas em branco, que indicam o período que não houve monitoramento por parte do autor.

As ocorrências de perdas terão seus conteúdos apresentados no item 5.2.4.

Figura 24 – Consumo médio mensal (*valores estimados). Fonte: Autor.

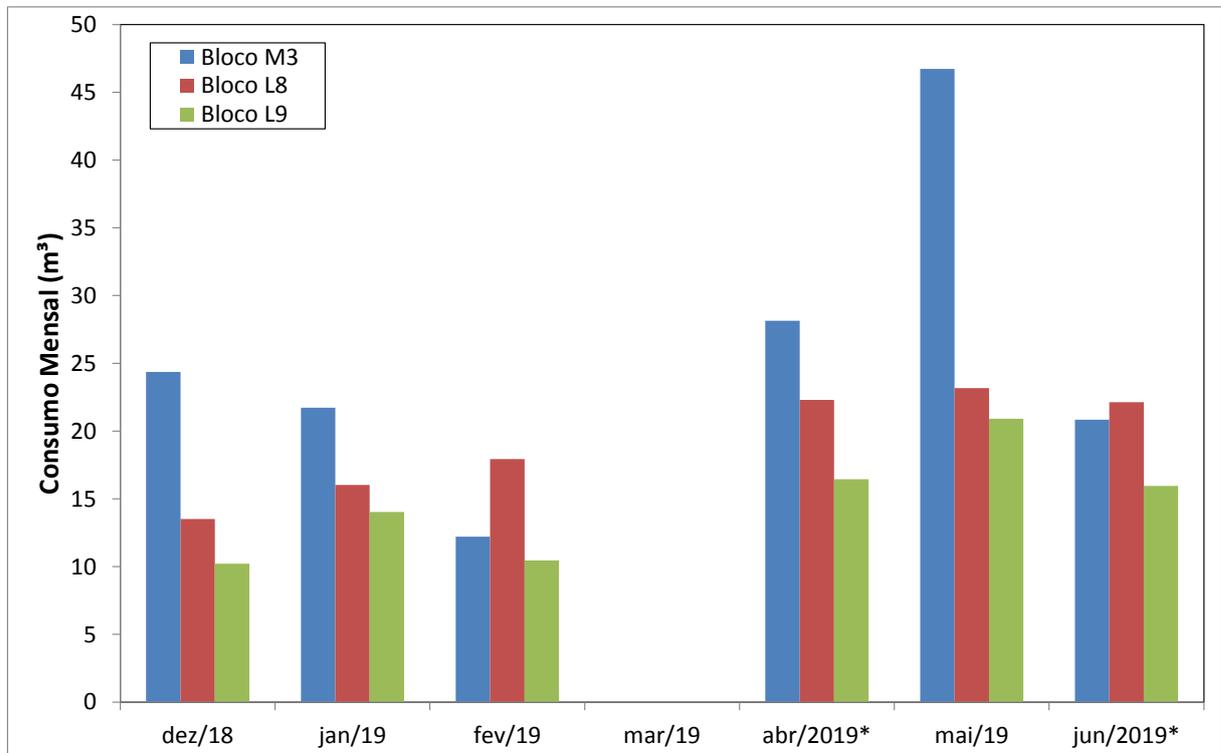


Figura 25 – Consumo médio por dia da semana entre 19/11/2018 e 15/06/2019. Fonte: Autor.

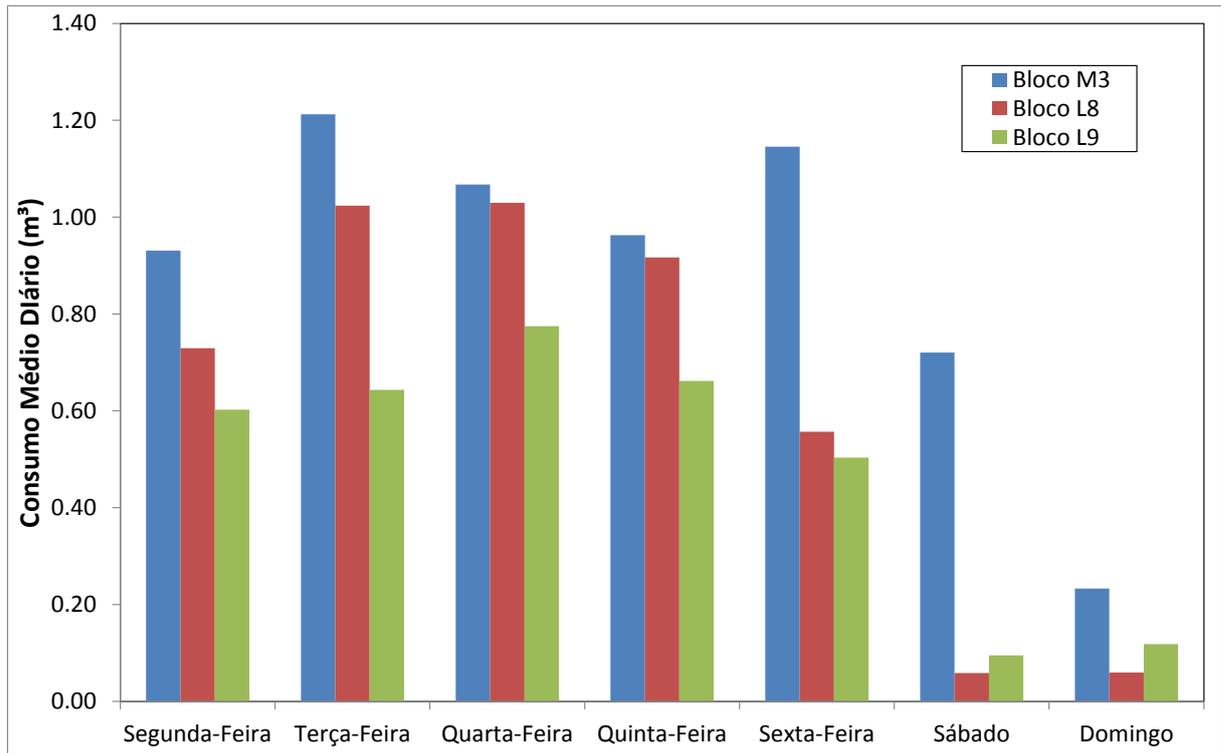
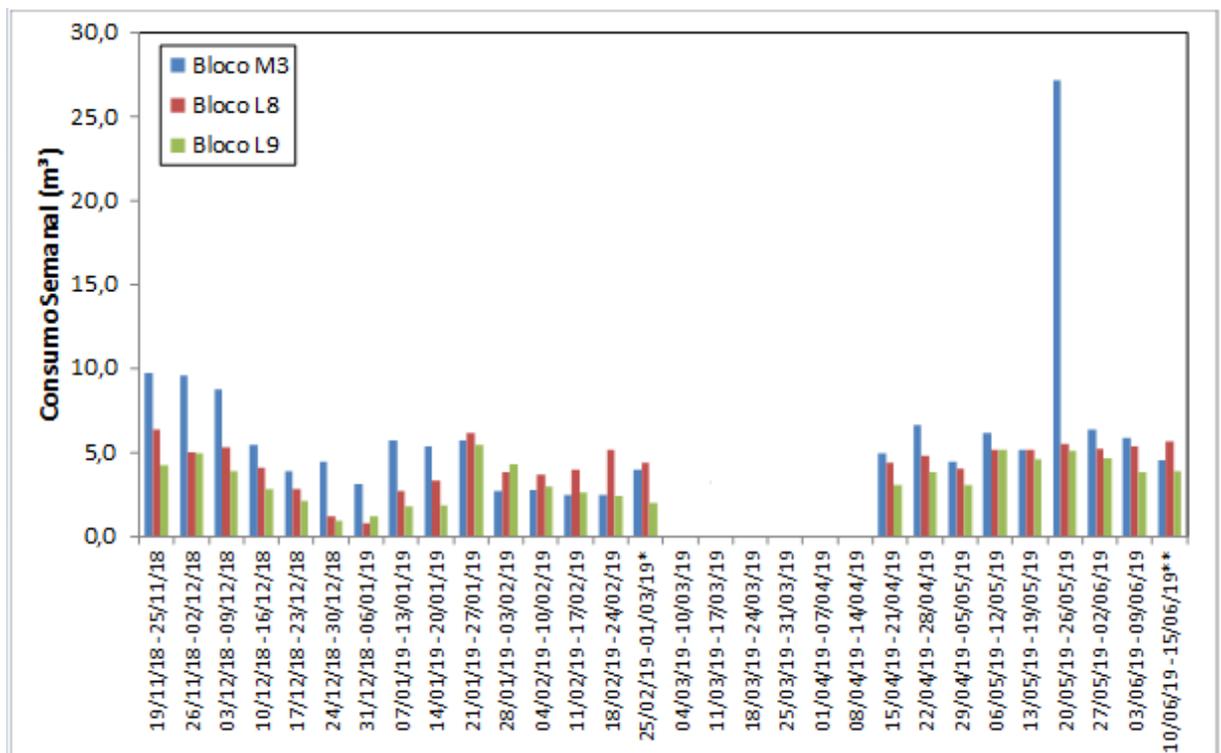
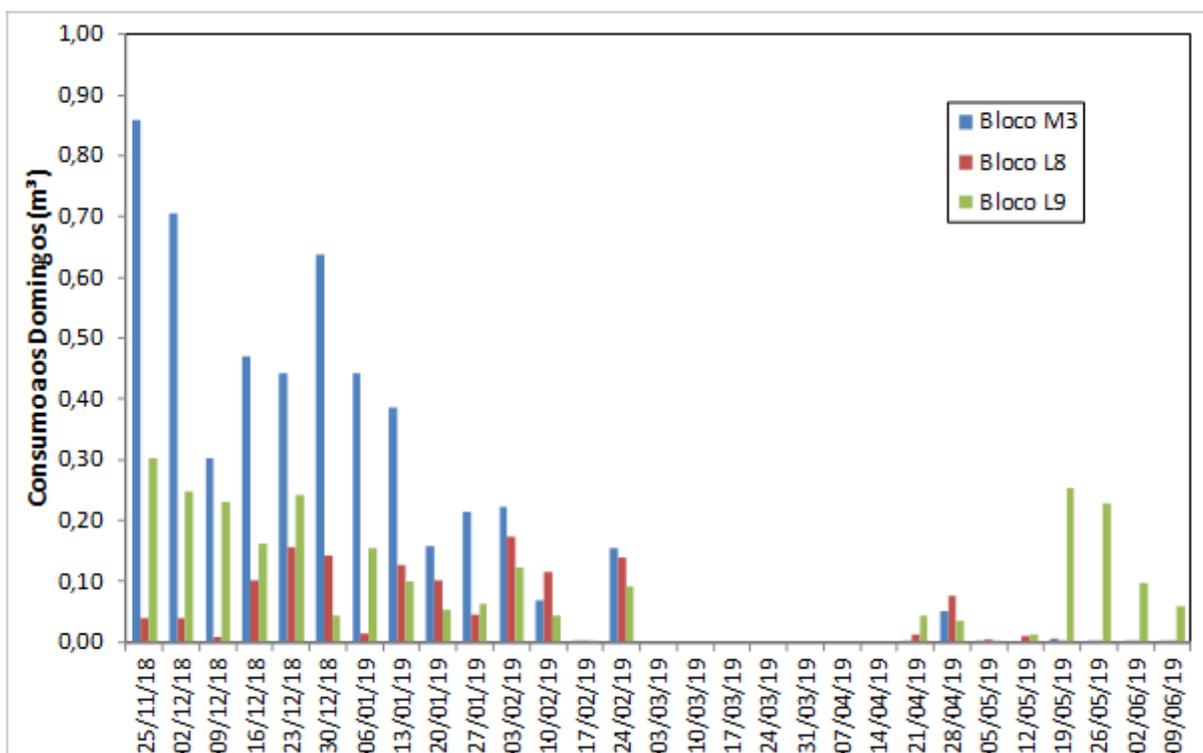


Figura 26 – Consumo médio semanal 19/11/2018 e 15/06/2019. Fonte: Autor.



*monitoramento por 5 dias / **monitoramento por 6 dias

Figura 27 – Consumo aos domingos entre 26/11/2018 e 09/06/2019. Fonte: Autor.



Para os dados semanais, observa-se que o Bloco M3 possuía maior consumo durante o monitoramento de 2018 e início de 2019, tendo apresentado uma redução discreta na segunda quinzena de dezembro, período com atividades reduzidas no campus. Os Blocos L8 e L9 apresentam comportamento semelhante, mas com redução mais significativa em dezembro. Posteriormente os Blocos passaram a ter consumos mais semelhantes entre si, salvo a semana do dia 20/05/19, em que houve um consumo elevado no Bloco M3, devido ao vazamento já citado.

Considerando somente os domingos, observou-se uma anomalia no final de semana do dia 17/02/2019, em que não foram registrados consumos em nenhum dos hidrômetros. Não foram encontrados memorandos que justifiquem esta alteração.

Com relação aos dados coletados para o Bloco M3, observa-se uma gradativa redução do consumo, sendo que a primeira medição registrou 0,86m³, atingindo 0,15m³ em 24/02/19, podendo ser justificada com consequência do reparo de duas ocorrências. Posteriormente ao reparo de ocorrências, o consumo aos domingos no Bloco atingiu 0,0 m³, onde se acredita não haver mais vazamentos.

Para o Bloco L8 foram obtidos juntos a Diretoria de Obras e Infraestrutura - DOBI, duas ocorrências, que justificam a redução do consumo aos domingos, conforme figura

*monitoramento por 5 dias / **monitoramento por 6 dias

Figura 27. Entretanto, mesmos após as correções, o Bloco continuou apresentando pequeno consumo aos domingos e, reduzindo a zero a partir de maio de 2019, mesmo não tendo sido realizado nenhum reparo na edificação.

Por último, o Bloco L9 apresentou um consumo inicial aos domingos de 0,30m³, oscilando posteriormente entre 0,25m³ e 0,05m³. Somente em 02/05/19 foi recebido uma ocorrência pela DOBI sobre um vazamento em uma torneira da cozinha. Sua correção imediatamente reduziu os consumos aos domingos para valores de até 0,01m³. Entretanto, a partir de 19/05/19 foi observado novo aumento do consumo, sem que fosse relatado pelos usuários nenhum tipo de anomalia. Este fato possui uma possível justificativa, com respeito à operação dos equipamentos de laboratório de forma automática aos finais de semana.

Na tabela 15 é apresentado o consumo registrado nos hidrômetros no mês de maio de 2019, sendo este o único mês de medição completa em um período letivo.

Tabela 15 – Consumo nos Blocos no mês de maio de 2019

Data	Bloco M3*	Bloco L8	Bloco L9
Maio/19	24,59 m ³	23,17 m ³	20,91 m ³

*excluídos os dados relativos ao vazamento de 25/05/19

São comparados os valores obtidos considerando o consumo médio dos usuários de 75 l/dia, tabela 12, os valores obtidos através da equação e, tabela 13, e compara-los com os valores medidos durante maio de 2019, tabela 15. Verifica-se que os valores medidos estão abaixo dos valores teóricos, tabela 16, onde a menor diferença percentual é de 251% no Bloco L9, em relação à estimativa por Heller, e a maior diferença de 581% no Bloco L8, em relação à equação PNCDA. Para o método de Heller, a superestimativa média foi de 361% e, para a equação do PNCDA, 572%.

Foi utilizado o mínimo de 25 l/dia previstos em Heller (2010) para efeitos comparativos, com resultados apresentados também na Tabela 16. Apesar dos resultados se mostrarem mais próximos aos mensurados, todos ainda apresentam desvios

significativamente positivos, com um mínimo de 17% para o Bloco L9 e um máximo de 75% para o Bloco M3, com uma média de superestimativa de 54%.

Tabela 16 - Comparação das demandas mensais. Fonte: Autor

Bloco	Consumo medido [m ³ /mês]	Método de Heller (75l/dia)		Método de Heller (25l/dia)		Equação PNCDA		Somatório de Equipamentos	
		Consumo [m ³ /mês]	Diferença para o real	Consumo [m ³ /mês]	Diferença para o real	Consumo [m ³ /mês]	Diferença para o real	Consumo [m ³ /mês]	Diferença para o real
M3	24,59	129,00	425%	43,00	75%	166,07	575%	37,20	51%
L8	23,18	114,00	392%	38,00	65%	157,86	581%	56,85	145%
L9	20,92	73,50	251%	24,50	17%	137,52	557%	44,17	111%
Total	68,69	316,50	361%	105,50	105,50%	461,45	572%	138,22	101%

5.2.4. Perdas Físicas

No campus da UNIFEI em Itajubá não há programas contínuos de controle de perdas de água ou busca de vazamentos. Os reparos das perdas visíveis de água são reportados via memorandos de ocorrências encaminhados a DOBI que, por sua vez, designa uma equipe para inspeção e correção do vazamento. Em geral, memorando relativos à vazamentos de água são atendidos no mesmo dia.

Na tabela 17, é apresentada a lista de ocorrências com seus respectivos números internos a UNIFEI, registrados na DOBI para manutenções hidráulicas, no período de monitoramento dos hidrômetros nos Blocos, entre novembro de 2018 a junho de 2019.

Tabela 17 – Memorandos de problemas hidráulicos enviados ao DOBI durante a elaboração deste trabalho

Requisitante	Recebimento	Manutenção	Ordem Serviço	Bloco		
				M3	L8	L9
DOBI	02/01/2019	02/01/2019	760/2019	Vazamento: Problema na boia da caixa d'água	-	-
IRN	21/01/2019	22/01/2019	129/2019	-	Vazamento: Bebedouro 3º Piso	-
DSG	24/01/2019	25/01/2019	197/2019	-	Vazamento: Descarga banheiro feminino piso térreo	-

Requisitante	Recebimento	Manutenção	Ordem Serviço	M3	Bloco L8	L9
DSG	12/02/2019	12/02/2019	435/2019	Manutenção torneira banheiro 2º piso: Válvula não retorna à posição inicial	-	-
IRN	02/05/2019	02/05/2019	1201/2019	Vazamento: 2 torneiras do banheiro feminino e 1 mictório do banheiro masculino	-	-
IRN	02/05/2019	02/05/2019	1307/2019	-	-	Vazamento: Troca de torneira da cozinha
IRN	27/05/2019	27/05/2019	1552/2019	Falta de água: Rompimento do cano de entrada de água no prédio	-	-

Foram realizadas inspeções nos ambientes que utilizam água e não foi verificado nenhum tipo de vazamento em torneiras e vasos sanitários, e também não foram encontradas, no período deste trabalho, perdas não visíveis em inspeções feitas nos Blocos de estudo, dada a ausência de manchas nas paredes e tetos. Não foram utilizados equipamentos específicos para buscas de perdas não visíveis. Os consumos observados nos hidrômetros aos finais de semana foram mitigados em consequência ao atendimento dos memorandos encaminhados à DOBI.

Os consumos antes e depois dos consertos executados são de valores não significativos, exceto o da correção do ramal de entrada do Bloco M3, que o consumo caiu de 11,9m³/dia para 0,0 m³/dia no domingo seguinte. Este fato provavelmente é decorrente de um vazamento prévio na tubulação antes que ocorresse seu total rompimento.

5.2.5. Adequação de Processos

Profissionais da equipe de limpeza foram entrevistadas, e alertadas sobre o consumo excessivo de água para limpeza dos ambientes dos prédios. Estes profissionais relataram que a limpeza das salas e corredores se dá pela utilização de baldes e a água é coletada das torneiras convencionais existentes sob as pias dos banheiros. Estes informaram que sempre que possível realizam limpeza utilizando panos úmidos.

Oliveira (2017) realizou um levantamento para o Bloco M3, analisando quantas vezes as unidades do Bloco eram limpas por mês e o volume necessário para cada uma.

Assim, foram estimados os volumes necessários para os Blocos M3, L8 e L9, os valores se encontram na tabela 18.

Tabela 18 – Quantificação de limpezas e volume de água dispendido

Local	Quantidade de Limpezas (Un/mês)	Volume por limpeza (L)	Total (L/mês) por Bloco		
			M3	L8	L9
Sala de Professores	2	6,0	96	168	-
Laboratórios	4	12,0	253	240	480
Salas de Aula	20	6,6	528	528	-
Salas Multiuso	4	22,0	528	264	352
Secretaria	4	24,0	96	96	-
Cozinha	20	13,2	264	2.816	264
Banheiro	40	17,6	4.224	264	2.816
Total			5.990	4.376	3.912

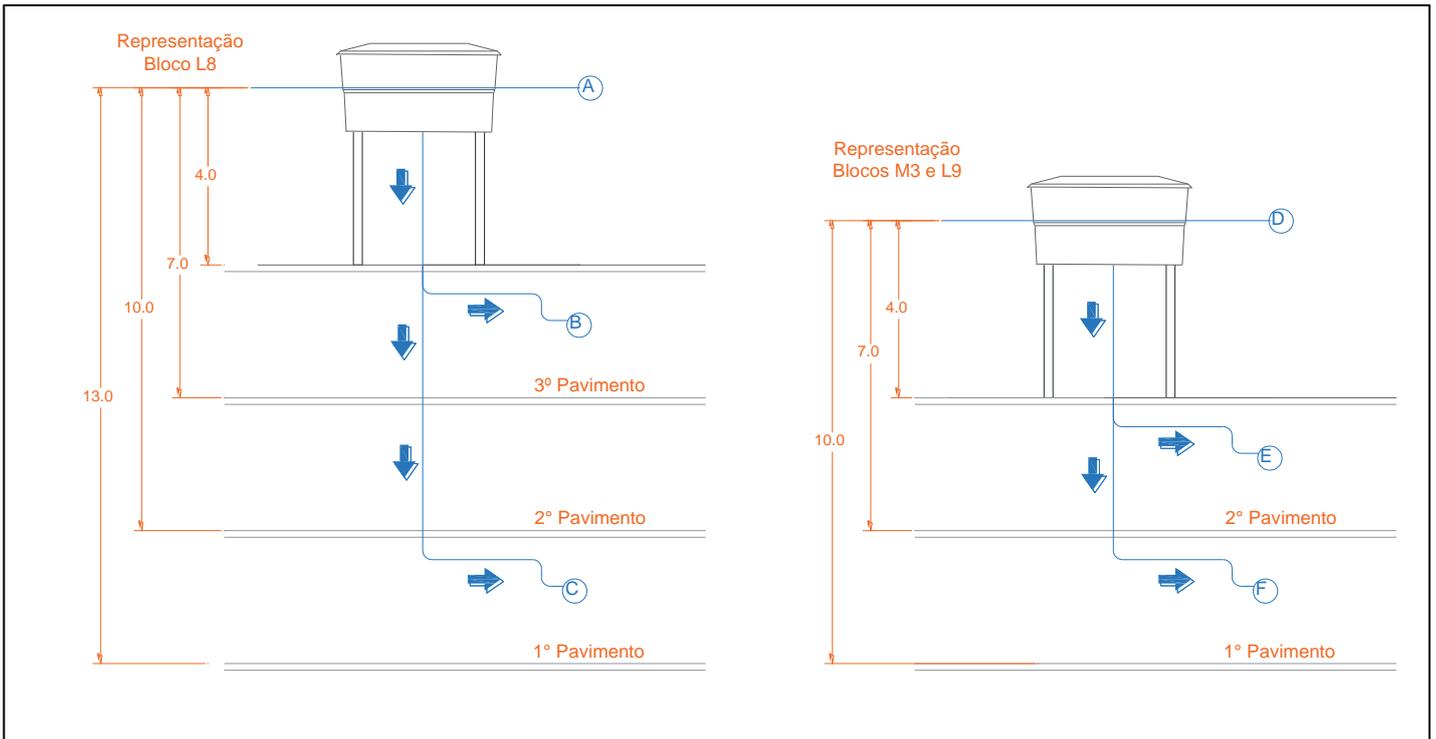
Estes valores representam cerca de $\frac{1}{4}$ do consumo total de cada Bloco. Os profissionais foram orientados a efetuarem a limpeza com forma de economizar água, porém, nenhuma diferença foi observada nos períodos de leitura dos Blocos. Este fato provavelmente demonstra a já existência de consciência por parte dos profissionais quanto aos métodos de economia de água, possivelmente iniciados pelo trabalho de Oliveira (2017).

Em consulta aos responsáveis pelos laboratórios do Bloco L9, estes informaram que a operação dos equipamentos se dá sempre da forma recomendada tecnicamente, sem haver uso inadequado.

5.2.6. Controle de Pressão do Sistema Hidráulico

Com base nos projetos hidráulicos e vistorias nas edificações em estudos verificou-se que a lâmina d'água dos reservatórios dos Blocos M3, L8 e L9 estão a 4 m acima da laje, figura 28.

Figura 28 - Representação das instalações dos reservatórios dos Blocos M3, L8 e L9. Fonte: Autor



A verificação da pressão foi feita conforme croqui da figura 28. O ponto “A” representa o nível da lâmina d’água no Bloco L8, o ponto “B” representa os aparelhos no ultimo pavimento do edifício, que possui pressão entre 4 e 7 m.c.a., enquanto o ponto “C” representa os aparelhos do mesmo edifício no primeiro pavimento, cuja pressão se encontra entre 10 e 13 m.c.a. Do mesmo modo para os Blocos M3 e L9, o ponto “D” representa o nível da lâmina d’água, o ponto “E” representa os aparelhos no ultimo pavimento do edifício, que possui pressão entre 4 e 7 m.c.a., enquanto o ponto “C” representa os aparelhos do mesmo edifício no primeiro pavimento, cuja pressão se encontra entre 7 e 10 m.c.a.

As caixas acopladas utilizadas nas edificações são, em sua maioria, da fabricante Icasa. Em consultas às fichas técnicas da empresa (ICASA, 2019), a faixa operativa recomendada se dá entre 3 e 40 m.c.a., sendo a primeira recomendada para que não haja tempo elevado para o enchimento da caixa e a superior para garantir a vedação pela válvula de entrada da caixa. Conforme análises realizadas, todas as caixas encontram-se dentro das faixas operativas recomendadas.

Com relação às válvulas diretas de descarga, estas são da fabricante Deca, proprietária da marca Hydra, de diâmetro nominal 1 ½”. De acordo com as fichas técnicas do fabricante (DECA, 2019) a faixa nominal de operação é de 2 a 40 m.c.a. Portanto, todas também situam-se dentro da faixa recomendada de operação.

Por último, as torneiras de acionamento automático são em sua maioria da fabricante Docol existindo, também, algumas da fabricante Metais Imperatriz, modelo Impermatic. Não foram possíveis encontrar informações técnicas relacionadas às torneiras desta última marca. A fabricante Docol (2019) recomenda a operação das torneiras entre 2 e 40mca, sugerindo o controle de vazão para colunas de água acima de 8mca. Conforme análises realizadas nas torneiras, apresentadas na tabela 9, as vazões situam-se dentro dos valores previstos em norma, portanto não foram feitas alterações nas pressões de entrada.

Assim, todos os equipamentos hidrossanitários instalados nas dependências dos Blocos de interesse encontram-se dentro das faixas de pressão recomendadas por seus fabricantes. Nas visitas realizadas aos locais com equipamentos hidrossanitários, não foram observados quaisquer vazamentos, exceto com relação ao excesso de água liberado pelas torneiras do Bloco L9, já reportados. Também não foram notados vazamentos nas torneiras Impermatic, da qual não foi possível ser obtida sua ficha técnica.

5.3. Avaliação de Oferta de Água

Atualmente a UNIFEI é atendida exclusivamente com água proveniente da concessionária de saneamento COPASA, assim, será avaliada técnica e economicamente a utilização de fontes alternativas tais como, água de chuva, água cinza, águas subterrâneas, com a finalidade de reduzir na demanda de água potável. Logo, o uso de fontes alternativas de água não potáveis em edificações constitui como parte das soluções de um programa de conservação de água numa edificação.

5.3.1. Águas Pluviais

O Bloco M3 foi projetado com previsão para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva. A edificação conta com uma rede dupla de distribuição de água, sendo uma água potável e uma de água não potável. No Bloco M3 foram instaladas as calhas, condutores verticais, as caixas de passagem e a condutores horizontais convergindo para um único ponto, onde deveria localizar o reservatório de armazenamento. Entretanto este sistema não foi instalado na construção da edificação. Logo se propõe o dimensionamento do reservatório de água de chuva com a finalidade de determinar a redução do consumo de água

na edificação para quando for implementado o sistema de aproveitamento de água de chuva por completo.

Para as demais edificações este estudo não será realizado, visto que são edificações mais antigas e não contam com as instalações prediais de distribuição de água fria não potável e sua execução oneraria o projeto.

Para determinação do volume captado pelo telhado do Bloco M3, foi analisada a ocorrência média de chuvas nas proximidades da UNIFEI. Junto ao banco de dados HydroWeb da ANA foi selecionada a estação pluviométrica São João de Itajubá (código 02245083) por possuir a série de monitoramento de chuva mais extensa dentre as estações da região. Com auxílio do software Hidro versão 1.4, da própria ANA, foi obtida a série de precipitações mensais de 1966 a 2017, dando preferência pelos dados consistidos e, posteriormente, a complementação com dados brutos.

Na tabela 19 é apresentada a série de chuvas médias na citada estação pluviométrica. A série completa com os dados encontra-se no Anexo II.

Tabela 19 – Monitoramento de precipitações na estação São João de Itajubá (em mm/mês)

São João de Itajubá - 02245083												
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média (mm/mês)	244,3	170,1	148,6	67,9	57,7	38,8	30,5	32,5	77,8	121,0	164,5	233,0

Assim, considerando a área de 745m² do telhado do Bloco M3, e um coeficiente de Runoff – c – de 95% (TOMAZ, 2009), pode-se calcular o volume de água mensal a partir do método racional, equação (4). Os resultados mensais para captação de água no telhado do Bloco M3 estão apresentados na tabela 20.

$$V = \frac{c \cdot i \cdot A}{1000} = \frac{0,95 \cdot i \cdot A}{1000} \quad (4)$$

Na qual:

Q – Volume mensal, em m³;

i – Precipitação, em mm/mês;

A – Área do telhado, em m².

Tabela 20 – Volumes mensais passíveis de captação no telhado do Bloco M3

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume (m³)	172,9	120,4	105,2	48,1	40,8	27,5	21,6	23,0	55,1	85,6	116,4	164,9

Conforme citado, em maio de 2019 foi registrado um consumo de água de 24,5 m³ no Bloco. Oliveira (2017) diz que a construção de um reservatório de 15 m³, teria um resultado satisfatório, considerando que a água de chuva normalmente deve ser utilizada para fins menos nobres, como lavagens de salas e irrigação, mesmo nos meses de maior estiagem a captação dos telhados seria suficiente para o atendimento da demanda.

Considerando as estimativas da Tabela 14, a utilização de água por bacias sanitárias, representa 70% do consumo total predial, sendo o único uso possível previsto para a água coletada de chuva sem tratamento. Considerando o volume de 24,5 m³ registrado no Bloco, estima-se, portanto, que 17,2 m³ sejam consequência do uso de bacias sanitárias. Assim, recomenda-se um reservatório de 20 m³ para o Bloco M3.

5.3.2. Águas subterrâneas

Em março de 2019, foram perfurados dois poços artesianos no campus da UNIFEI em Itajubá, Figura 29, como possível fonte alternativa de fornecimento de água. Os poços perfurados ainda não estão em operação, devido à construção da rede de adução, reservatório de armazenamento e do sistema de tratamento da água.

Figura 29 – Localização dos poços subterrâneos de abastecimento de água. Fonte: Autor.



O teste de bombeamento apresentou uma vazão total de 14 m³/h, sendo 12 m³/h no poço 1 e 2 m³/h no poço 2, equivalente a 10.080 m³/mês, significativamente superior ao maior consumo de água registrado na UNIFEI, de 4.237 m³/mês, conforme

Figura 12.

Conforme já citado, um terceiro poço existente, localizado na parte oeste do campus, é utilizado somente para atender a ensaios e testes em Laboratório de Hidráulica.

Para utilização da água subterrânea será necessário construir um reservatório para distribuição de água, visto esta fonte não pode ser ligada diretamente na rede distribuição de água potável existente devido ao risco de contaminação. A água subterrânea será bombeada até uma estação de tratamento e conduzida ao reservatório de distribuição. O reservatório pode ser compartilhado, porém com válvulas de retenção de retorno para ambos fornecimentos de água.

5.3.3. Reuso de Água Cinza

Verificou-se já que o Bloco M3 conta com sistema independente de coleta de água cinza e água negra e rede dupla de tubulação de distribuição de água potável e não potável, o que favorece a implantação do sistema de reuso de água cinza.

De acordo com Hirayama (2016) que analisou quantitativamente e qualitativamente as águas provenientes deste edifício, a instalação do sistema de tratamento para reuso de água cinza é viável, utilizando apenas duas fases de tratamento. O sistema proposto por Hirayama é composto por uma *wetland* (terra úmida construída) de fluxo horizontal e uma *wetland* de fluxo vertical, com estas duas etapas intermediadas por um reservatório, de 1 m³, e financeiramente é viável.

5.3.4. Resumo da Avaliação da Oferta de Água

Verificou-se que a utilização da água da COPASA pode ser substituída pela utilização de água subterrânea e há potencial para utilização água de chuva e água cinza no Bloco M3. A utilização de águas subterrâneas não diminui o consumo de água, apenas têm-se uma nova fonte de oferta, diferentemente do preconizados por programas de conservação de água, que visam a redução da demanda. A utilização de fontes subterrâneas e reuso de outras fontes para quaisquer fins, não desobriga o pagamento de taxa de esgoto a concessionária, sendo necessária uma reunião com os responsáveis para definição dos valores a serem pagos.

5.4. Estudo de Viabilidade Econômica

Na sequência é apresentado o estudo de viabilidade econômica das medidas de conservação levantadas.

5.4.1. Medidas de baixo investimento

A seguir estão apresentadas as medidas consideradas de baixo investimento e o cálculo de tempo de retorno do investimento.

- **Conscientização dos usuários**

No dia 20/05/2019 foi realizada a divulgação de cartazes sobre economia de água, Figura 30 e na Figura 31, que foram colados nos banheiros dos Blocos e enviados no dia 27/04/2019 através do e-mail institucional da UNIFEI a todos os alunos e servidores.

Figura 30 – Pia do banheiro L9 com detalhe para a recomendação sobre acionamento de torneiras. Fonte: Autor.



Figura 31 – Bacia sanitária no Bloco L8 com aviso sobre acionamento da válvula de descarga.
Fonte: Autor.



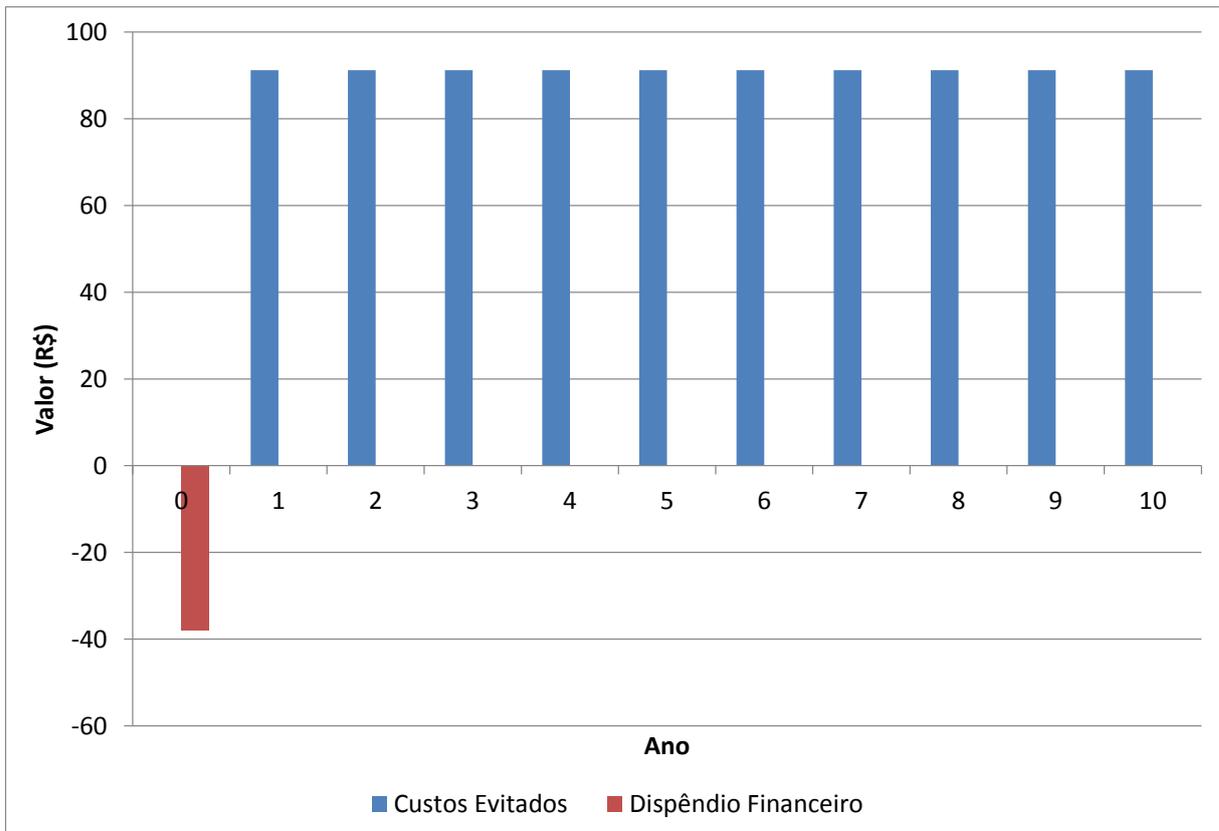
Esta medida apresentada é considerada como de custos reduzidos, pois o público alvo é atingido através dos envios de e-mail e panfletos. Portanto, o tempo de retorno tende a um tempo muito curto, de difícil mensuração. Nas medições realizadas, não foi constatado reduções significativas.

- **Substituição de torneiras**

Como não foram identificadas ocorrências recentes de troca de torneira por vazamentos, foi analisado um cenário hipotético de vazamento de uma torneira economizadora hidromecânica. Conforme SABESP (2019b) um gotejamento provoca a perda média de 20 L/ dia, ou 400 L/mês. Considerando o valor da água e esgoto o custo deste vazamento é de R\$7,60 mensais.

A Figura 32 apresenta um fluxo de caixa apresentando o custo de aquisição da torneira e a série de custos evitados. Trazendo-se a valor presente obtém-se um resultado positivo de R\$477,26.

Figura 32 – Fluxo de caixa de substituição de torneira



Segundo o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (2019), que é a tabela de custos referenciais de construção civil do Estado, o custo para substituição de uma torneira hidromecânica é de R\$38,04. Assim, a correção de um vazamento deste tipo apresenta um tempo de retorno de 5 meses.

- **Redução de vazão das torneiras hidromecânicas**

Conforme citado anteriormente, no item 5.2.1, as torneiras do piso térreo do Bloco L9 apresentaram volume, por acionamento, acima das demais torneiras analisadas nos outros Blocos. Foi instalada uma abraçadeira de nylon, conforme Figura 21, que reduziu o volume por acionamento em 0,59 L. Para o cálculo foi considerado 49 usuários equivalentes do Bloco e 6,5 acionamentos médios por dia e vazão de 945 mL por acionamento. Estes acionamentos representam uma economia de 3.759 L mensais, equivalentes a R\$72,00. Cada abraçadeira de nylon possui um custo de R\$0,10, com custo total de R\$0,70 para as sete torneiras do prédio, resultando num tempo de retorno de 1 dia.

Ressalta-se que as medidas apresentadas neste item devem levar em consideração a satisfação do usuário, assim foi compatibilizado os volumes das torneiras do Bloco L9 com as dos Blocos M3 e L8.

5.4.2. Medidas de médio investimento

- **Substituição de bacias sanitárias com descarga direta para caixa acoplada de duplo acionamento**

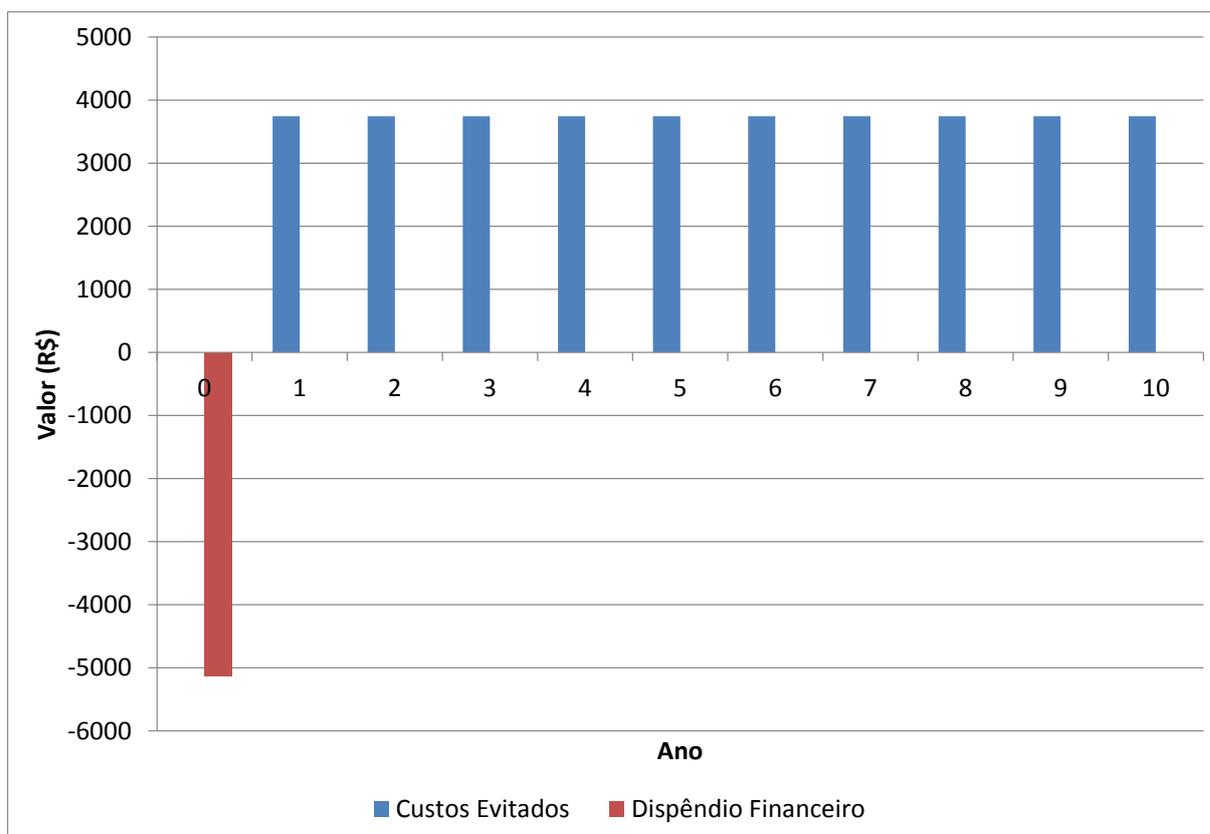
No Bloco L8, com 76 usuários equivalentes, considerando 20 dias úteis por mês, são esperados 6.080 acionamentos mensais da válvula de descarga direta. A substituição das válvulas por caixas reduziria o gasto médio por cada utilização em 4,16 L, conforme apresentado no item 5.2.1. Assim, a economia de água seria de 25.300 L, equivalente a R\$482,72 mensais, com a tarifa de água e esgoto de R\$19,08/m³.

Considerando a existência de 12 bacias sanitárias no Bloco, o custo de substituição unitário seria de R\$427,31 conforme preços referenciais da tabela SINAPI (2019), totalizando R\$5.127,00 para o Bloco. Assim, o tempo de retorno, considerando as economias descontadas da taxa de juros, resulta em 12 meses.

Para o caso do Bloco L9, utilizando as mesmas referências anteriores, foram considerados 49 usuários equivalentes na edificação, 20 dias úteis por mês, 3.920 acionamentos da válvula de descarga direta mensalmente, a substituição das válvulas por caixas acopladas de duplo acionamento traria uma economia de 16.312 L mensais de água, equivalente a R\$312,00 mensais.

A Figura 33 apresenta um fluxo de caixa apresentando o custo de aquisição das bacias sanitárias e a série de custos evitados. Trazendo-se a valor presente obtém-se um resultado positivo de R\$16.027,44.

Figura 33 – Fluxo de caixa de substituição das bacias sanitárias



As substituições das 12 bacias do Bloco trariam um custo de R\$5.127,00 e, considerando a economia mensal descontada pela taxa de juros, resultaria em um período de, aproximadamente, 18 meses, para que o investimento se mostre atrativo.

5.4.3. Medidas de alto investimento

- **Perfuração de poços**

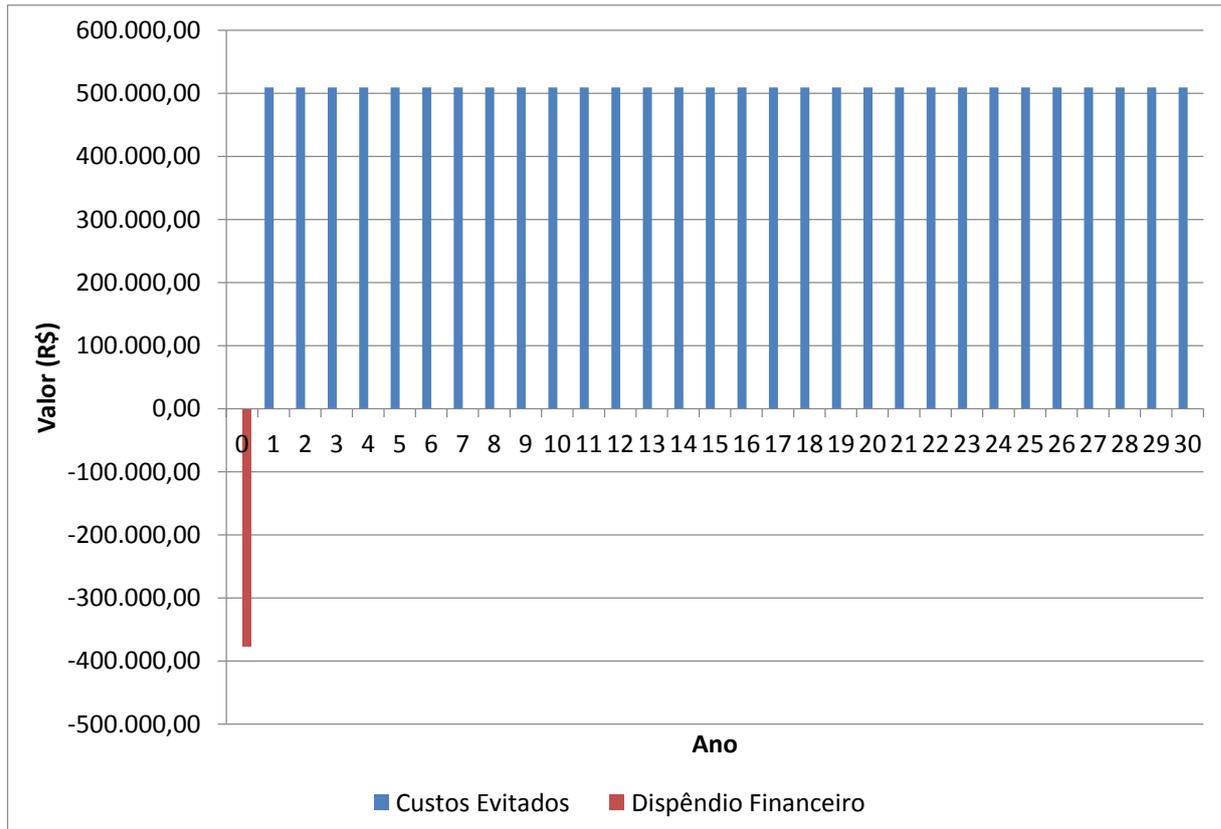
A perfuração dos poços no campus da UNIFEI ocorrida em março de 2019 teve um dispêndio financeiro total de R\$57.000,00, conforme informações constantes na licitação 62/2018 - UNIFEI. Adicionalmente à perfuração, espera-se que se tenha um gasto de R\$320.000,00 para os sistemas de bombeamento, rede de distribuição, tratamento e armazenamento da água, portanto um total de R\$377.000,00 considerando global da obra.

Foram realizados testes de bombeamento dos poços, obtendo-se a uma capacidade média de bombeamento de 14m³/h, ou 10.080m³/mês. A UNIFEI necessita atualmente de 4.237 m³/mês para o atendimento de sua demanda, conforme média dos consumos informados

na figura 12. Assim, o poço é capaz de suprir plenamente a necessidade atual de água da UNIFEI.

A Figura 34 apresenta um fluxo de caixa apresentando o custo de perfuração e maquinário dos poços, e a série de custos evitados. Trazendo-se a valor presente obtém-se um resultado positivo de R\$3.726.794.

Figura 34 – Fluxo de caixa da perfuração dos poços



Conforme informações do item 5.1.2, o custo para aquisição da água tratada da COPASA é de R\$10,02/m³, considerando que a rede de esgoto da COPASA continuará a ser utilizada. Assim, espera-se uma economia de R\$42.455,00 considerando o mês de maior dispêndio registrado. Portanto, pode-se estimar o tempo de retorno desta intervenção como sendo de 10 meses.

- **Captação de água de chuva no Bloco M3**

A estimativa apresentada na Tabela 14 indica que o Bloco M3 apresenta 85% de seu consumo com água não potável, como lavagens de salas e descargas de bacias sanitárias.

Assim, dos 24.587m³ registrados como consumo no mês de maio de 2019, 20.899m³ poderia ser suprido por água da chuva.

Oliveira (2017) apresenta custos de implantação do sistema de captação de águas pluviais no Bloco M3 de R\$ 21.138,00 para a reservação de 20m³ de água, aproximadamente o necessário considerando o mês de maio de 2019 e a proporção estimada.

Nesta situação, a utilização da água da chuva traria uma economia de R\$209,00 mensais, considerando que o esgoto seria encaminhado para a COPASA, portanto uma tarifa somente de água considerado foi de R\$10,02 por m³.

Assim, estima-se um tempo de retorno superior a 300 meses para o retorno do dispêndio realizado com a implantação deste sistema, considerando as economias mensais com descontos da taxa de juros ao longo do tempo.

- **Reutilização de água cinza do Bloco M3**

Para a utilização de água cinza no Bloco M3, utilizamos os valores obtidos por Hirayama (2016), que calculou os custos de bombeamento e manutenção do sistema, e tendo a água com uso como rega de jardim, lavagem de pisos, descargas em vasos sanitários e mictórios. Foi calculado para um armazenamento de apenas 1 m³, uma vez que depende do volume de água gerado diariamente para sua operação. Nestas condições, Hirayama (2016) estimou um *payback* de 18 meses.

5.5. Desenvolvimento do Sistema de Gestão e Monitoramento de Consumo de Água

Para o sucesso de um programa de conservação é necessário à implementação de um sistema de gestão que conte com a participação de técnicos gestores e usuários de água. O desenvolvimento deste trabalho teve como foco o caso de aplicação em uma Universidade. Assim, a Reitoria pode passar a adotar o programa de conservação de água como uma política da entidade, fomentando a continuidade e ressaltando a importância do programa, integrando os resultados com as demais áreas técnicas que possam ter interesse, como setores financeiros e de obras da Universidade.

O sistema de gestão pode ser setorizado, definindo gestores responsáveis por compilar e publicar os resultados, avaliar o cumprimento de metas e definir novas prioridades

das intervenções. Este pode ser distribuído igualmente à distribuição da já existente de Institutos, cabendo a cada diretor a definição de uma equipe para o programa, não havendo necessidade de dedicação exclusiva à atividade. Este modelo permite, ainda, o rateio dos custos entre os Institutos.

Ressalta-se a importância da definição de diretrizes básicas a serem seguidas em toda a Universidade, para uma padronização das análises e aplicação das intervenções.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelos aspectos analisados, a metodologia proposta nesta dissertação de elaboração de um programa de conservação de água em edificações se mostrou viável.

O monitoramento setorizado do consumo de água facilita o controle de perdas, além de possibilitar o rateio da conta de água individualizado. Para a implantação da setorização, sugere-se a instalação de medidores com telemetria, pela facilidade da obtenção de dados de consumo.

O levantamento de consumo de água nas edificações monitoradas resultou em valores significativamente menores dos que os apresentados em outras metodologias comparadas neste trabalho. O trabalho de manutenção e correção de perdas, realizado pela Diretoria de Obras e Infraestrutura do campus se mostrou satisfatório, sendo a principal medida e de baixo custo agregado de implantação. As medidas de baixo e médio investimento se mostraram viáveis, desde a conscientização de usuários, de custo praticamente zero até a troca de bacias sanitárias, tendo como tempo de retorno máximo de 18 meses, no caso do Bloco L9. A captação de água de chuva do Bloco M3 é inviável economicamente, pois são necessários mais de 300 meses para viabilização de seu projeto,

A utilização de águas subterrâneas se mostrou é viável técnica e economicamente, com um tempo de retorno de 10 meses. Ressalta-se que foi considerado somente os custos de implantação. A oferta de água dos poços supera 10.000 m³/mês e sendo o maior consumo registrado nos últimos anos de aproximadamente 4.300 m³/mês. Os poços subterrâneos têm potencial para abastecer toda o campus de Itajubá, não sendo mais necessária a aquisição de água da concessionária, gerando apenas o custo de lançamento de esgoto na rede pública.

Recomenda-se que este estudo seja continuado, com aplicação desta metodologia no restante do campus universitário e a partir disto, criando gestores de controle de demandas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT - NBR 16.783. **Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações**. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – NBR 15.527. **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – NBR 13.714. **Sistema de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio**. 2000.

ALEXANDRE, A. C., KALBUSCH, A., HENNING, E. **Avaliação do impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores no consumo de água**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 22(5). 2017

ALMEIDA, G. M., **Sistemas Hidráulicos Prediais: Um Novo Método de Dimensionamento**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

BALDIN, E. **Estudo de Viabilidade Econômico-Financeira de um Empreendimento Comercial e de Prestação de Serviços Técnicos**. Monografia – Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2014.

BERTONE, E., SAHIN, O., STEWART, R. A., ZOU, P., ALAM, M., BLAIR, E. **State-of-the-art review revealing a roadmap for public building water and energy efficiency retrofit projects**. International Journal of Sustainable Built Environment, 2016.

BIAZUS, A. C. **Reuso de Águas Cinzas Para Fins Não Potáveis em Edificação Residencial Multifamiliar**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Passo Fundo, 2015.

BOTELHO, M. H. C. e JUNIOR, G. A. R. **Instalação Hidráulicas Prediais**. 3ª Edição, 2010.

BRASIL. Lei 2º 13.647, de 09 de abril de 2018. **Estabelece a obrigatoriedade da instalação de equipamentos para evitar o desperdício de água em banheiros destinados ao público**. Brasília, 09 de abril de 2018.

BRASIL. Ministério das cidades. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água - Documento Técnico de Apoio nº F3**. Código de Prática de Projeto e Execução de Sistemas Prediais de Água – Conservação de Água em Edifícios. 2003.

BRASIL. Ministério das cidades. **Programa Nacional Combate ao Desperdício Água - PNCDA**. 2015. Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/programa-nacional-combate-ao-desperdicio-agua-pncda>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

CBCS – Comitê Brasileiro de Construção Sustentável. **Aproveitamento de Fontes Alternativas de água em Edifícios**. São Paulo, 2009.

COELHO, A. C. **Medição Individual de Águas em Apartamentos**. Olinda - PE, 1999.

DEBOITA, M. **Consumo de Água em Bacias Sanitárias com a Utilização de Descarga de Duplo Acionamento: Estudo de Viabilidade Econômica**. Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2015.

DECA. **Base para válvula de descarga 1 ½”**. 2019. Disponível em <https://decablob.blob.core.windows.net/static-4iles/products/4550.504_FICHA_TECNICA.pdf>. Acesso em: 15 mai 2019

DEH - Department of the Environment and Heritage. **Water efficiency guide: Office and public buildings**. Canberra, Austrália, 2006.

DOCOL. **Ficha técnica – Válvula de Descarga 1 ½” BP**. 2019. Disponível em: <<https://www.docol.com.br/uploads/product/4dc730110a11ec8612c1e396d250dacd8ae8a700.pdf>>. Acesso em: 20 mai 2019.

DOCOL. **Torneira para Lavatório de Mesa Pressmatic**. 2019. Disponível em: <<https://www.docol.com.br/uploads/product/3bc9dee2f8de29b882b939d07aadd40e79c2025a.pdf>>. Acesso em: 15 mai 2019

EPA - **United States. Environmental Protection Agency**. 2019. Disponível em: <<https://www.epa.gov/>> Acesso em: 20 out 2019.

FIORI, S. **Avaliação da sustentabilidade do uso da água em edificações através da ASCV**. 2014.

FEITOSA, F. A. C., MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações**. CPRM/REFO, LABHID – Universidade Federal de Pernambuco. Fortaleza, 391 p. 2ª edição, 2000.

GONÇALVES, R. F. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

HELLER, L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Volume I, 2010.

HIRAYAMA, J. H. **Estudo de aproveitamento de águas cinza utilizando wetlands construídas: estudo de caso do bloco novo do IRN**. Trabalho Final de Graduação. Universidade Federal de Itajubá, 2016.

ICASA **Mecanismo de Duplo Acionamento**. 2019. Disponível em: <http://www.icasa.com.br/download/Manual_de_Instalacao_Icasa.pdf>. Acesso em: 15 mai 2019

FERREIRA, V. O., MENDES, P. G. J.. **Potencial de Aproveitamento de água Pluvial em Escolas Estaduais de Uberlândia – MG**. Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

MANCA, R.S., FALCONI, S. M., ZUFFO, A. C., DALFRÉ FILHO, J. G. **Contributions to increase the availability of water supply in regions of water shortage: the case study of**

São Paulo, Brazil. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 191, 1567-1578. 2014.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do Consumo de Água em Prédios Universitários: O caso da UFBA**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, 2009.

NUNES, S. S. **Estudo da Conservação de Água em Edifícios Localizados no Campus da Universidade Estadual de Campinas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2000.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese de doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, E. M. G. **Aproveitamento de Água Pluvial: Avaliação Técnica e Econômica de Implantação no Bloco M do IRN**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Itajubá, 2017.

PEDROSO, L.P. **Subsídios para a Implementação de Sistemas de Manutenção em Campus Universitário, com Ênfase em Conservação de Água**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2002.

RODRIGUES, C.; VILLELA, F. N. J. **Disponibilidade e escassez de água na Grande São Paulo: elementos-chave para compreender a origem da atual crise de abastecimento**. *Geousp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 399-421, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

ROZAS, N.; PRADO, R. T. A. **Implantação De Sistemas De Leitura Automática De Medidores De Insumos Prediais**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, p. 21. 2002.

SABESP. **Norma Técnica nº NTS 181. Dimensionamento do Ramal Predial de água, Cavalete e Hidrômetro – Primeira Ligação. Rev 3. 2012**. São Paulo. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>>. Acesso em: 18 jul 2018.

SABESP. **Manual de gerenciamento para controladores de consumo de água**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/Manual%20do%20controlador.pdf>. Acesso em: 20 nov 2018

SABESP. **Dicas de Economia**. 2019a. Disponível em:

< <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=140>>. Acesso em 03 mar 2019

SABESP. **Perdas por tipo de vazamento e por tipo de aparelho/equipamento**. 2019. Disponível em: <site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/tabela_vazamento.pdf>. Acesso em: 20 jun 2019

SANTANA, L.M.C.; KIPERSTOK, A. **Caracterização preliminar de consumo de água em prédios públicos administrativos**. I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2010

SANTOS, L. C. A. **Gestão da água em edificações públicas: a experiência no prédio da Empresa Baiana de Águas e Saneamento SA-Embasa**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, 2010

SÃO PAULO. Lei 6.134, 2 de junho de 1988. **Preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do estado de São Paulo**. São Paulo, 2 de junho de 1988.

SAVENIJE, H. H., Zaag, P.V.D. **Water as an economic good and demand management paradigms with pitfalls**. Water international, 2002

SILVA, B.A. **Efeito da corrosão de Tubulações de aço galvanizado na pressão de um sistema predial de distribuição de água**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2017.

SILVA, G.S. **Programas Permanentes de Uso Racional da Água em Campi Universitários: O Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004

SINAPI. **Custo de Composições MG**. 2019. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009/mg/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MG_032019_NaoDesonerado_retific.zip>. Acesso em 22 jun 2019

SMARTINTEC. **Como Funciona Sistema de Telemetria de Dados**. SMARTINTEC, 2018. Disponível em: <<http://www.smartintec.com.br/como-funciona-sistema-de-telemetria-de-dados>>. Acesso em: 20 out. 2018.

STUDART, T. M., CAMPOS, N. **Gestão da demanda. Gestão de águas: Princípios e práticas**. ABRH. 2ª ed. Porto Alegre, PR. 2003

TAMAKI, H. O. **A Medição Setorizada como Instrumento de Gestão de Demanda de Água em Sistemas Prediais – Estudo de Caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2009.

UNIFEI. Portaria nº 1,143 de 05 de julho de 2018. **Comissão de Conservação Hídrica**. Diário Oficial da União. Brasil, 05 de julho de 2018.

UNIFEI. **Infraestrutura Física Campus Itajubá**. 2019. Disponível em: <<https://unifei.edu.br/institucional/unifei-em-numeros6/dados-gerais/>>. Acesso em: 15 fev 2019.

YWASHIMA, L. A. Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP), 2005.

ZARDINI, C. S. Aproveitamento de água de chuva – Estudo de viabilidade em diferentes capitais brasileiras. Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Goiás, 2014.

APÊNDICES

**APÊNDICE I – LEITURAS E CONSUMOS DIÁRIOS
REGISTRADOS NOS HIDRÔMETROS DOS BLOCOS
M3, L8 E L9**

Data	Bloco M3		Bloco L8		Bloco L9	
	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)
19/11/2018 seg	96,1327		21,1619		63,1004	
20/11/2018 ter	97,6924	1,5597	22,2169	1,0550	64,3652	1,2648
21/11/2018 qua	99,3644	1,6720	23,6348	1,4179	65,0415	0,6763
22/11/2018 qui	101,0296	1,6652	25,1412	1,5064	65,6811	0,6396
23/11/2018 sex	102,7955	1,7659	26,5921	1,4509	66,3909	0,7098
24/11/2018 sáb	104,2429	1,4474	26,5964	0,0043	66,9280	0,5371
25/11/2018 dom	105,0268	0,7839	27,5028	0,9064	67,0745	0,1465
26/11/2018 seg	105,8866	0,8598	27,5424	0,0396	67,3777	0,3032
27/11/2018 ter	107,3234	1,4368	28,7147	1,1723	67,8266	0,4489
28/11/2018 qua	109,5230	2,1996	29,9383	1,2236	68,5283	0,7017
29/11/2018 qui	111,4166	1,8936	30,9516	1,0133	69,3538	0,8255
30/11/2018 sex	112,8829	1,4663	31,8854	0,9338	70,1343	0,7805
01/12/2018 sáb	114,1097	1,2268	32,5075	0,6221	71,9230	1,7887
02/12/2018 dom	114,7844	0,6747	32,5086	0,0011	72,0961	0,1731
03/12/2018 seg	115,4907	0,7063	32,5476	0,0390	72,3446	0,2485
04/12/2018 ter	116,9246	1,4339	33,7389	1,1913	72,8208	0,4762
05/12/2018 qua	119,3736	2,4490	34,8956	1,1567	73,5005	0,6797
06/12/2018 qui	120,5233	1,1497	35,9845	1,0889	74,7763	1,2758
07/12/2018 sex	122,5864	2,0631	36,9039	0,9194	75,3685	0,5922
08/12/2018 sáb	123,5108	0,9244	37,6609	0,7570	75,9404	0,5719
09/12/2018 dom	123,9796	0,4688	37,8238	0,1629	76,0037	0,0633
10/12/2018 seg	124,2819	0,3023	37,8327	0,0089	76,2335	0,2298
11/12/2018 ter	125,2097	0,9278	38,7319	0,8992	76,7720	0,5385
12/12/2018 qua	126,3607	1,1510	39,6675	0,9356	77,5719	0,7999
13/12/2018 qui	127,2215	0,8608	40,5958	0,9283	77,9497	0,3778
14/12/2018 sex	127,9672	0,7457	41,2524	0,6566	78,5164	0,5667
15/12/2018 sáb	128,9183	0,9511	41,8444	0,5920	78,9199	0,4035
16/12/2018 dom	129,2225	0,3042	41,8450	0,0006	78,9331	0,0132
17/12/2018 seg	129,6919	0,4694	41,9462	0,1012	79,0956	0,1625
18/12/2018 ter	130,3003	0,6084	42,4269	0,4807	79,3871	0,2915
19/12/2018 qua	130,9539	0,6536	42,9639	0,5370	79,8035	0,4164
20/12/2018 qui	131,6672	0,7133	43,5985	0,6346	80,2380	0,4345
21/12/2018 sex	132,3543	0,6871	44,1739	0,5754	80,5235	0,2855
22/12/2018 sáb	132,7224	0,3681	44,6204	0,4465	80,9819	0,4584
23/12/2018 dom	133,1318	0,4094	44,6208	0,0004	80,9979	0,0160
24/12/2018 seg	133,5752	0,4434	44,7769	0,1561	81,2395	0,2416
25/12/2018 ter	133,9754	0,4002	44,8008	0,0239	81,2557	0,0162
26/12/2018 qua	134,4947	0,5193	44,9441	0,1433	81,3300	0,0743
27/12/2018 qui	134,9986	0,5039	45,1359	0,1918	81,5488	0,2188
28/12/2018 sex	135,6724	0,6738	45,5419	0,4060	81,7073	0,1585
29/12/2018 sáb	136,9203	1,2479	45,8325	0,2906	82,0918	0,3845
30/12/2018 dom	137,4092	0,4889	45,8332	0,0007	82,0954	0,0036
31/12/2018 seg	138,0464	0,6372	45,9762	0,1430	82,1386	0,0432
01/01/2019 ter	138,4745	0,4281	46,0196	0,0434	82,1386	0,0000

Data	Bloco M3		Bloco L8		Bloco L9	
	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)
02/01/2019 qua	138,8775	0,4030	46,0333	0,0137	82,2567	0,1181
03/01/2019 qui	139,2130	0,3355	46,2939	0,2606	82,4416	0,1849
04/01/2019 sex	139,8457	0,6327	46,5071	0,2132	82,7144	0,2728
05/01/2019 sáb	140,6255	0,7798	46,7702	0,2631	83,2050	0,4906
06/01/2019 dom	140,7327	0,1072	46,7704	0,0002	83,2190	0,0140
07/01/2019 seg	141,1757	0,4430	46,7849	0,0145	83,3743	0,1553
08/01/2019 ter	141,8935	0,7178	47,1704	0,3855	83,9222	0,5479
09/01/2019 qua	144,1213	2,2278	47,7890	0,6186	84,3156	0,3934
10/01/2019 qui	144,9593	0,8380	48,2213	0,4323	84,6117	0,2961
11/01/2019 sex	145,6842	0,7249	48,7142	0,4929	84,8354	0,2237
12/01/2019 sáb	146,3812	0,6970	49,3546	0,6404	85,0138	0,1784
13/01/2019 dom	146,5175	0,1363	49,3548	0,0002	85,0350	0,0212
14/01/2019 seg	146,9027	0,3852	49,4823	0,1275	85,1356	0,1006
15/01/2019 ter	147,6797	0,7770	49,8356	0,3533	85,5034	0,3678
16/01/2019 qua	149,3493	1,6696	50,7529	0,9173	85,9256	0,4222
17/01/2019 qui	150,1217	0,7724	51,3156	0,5627	86,2286	0,3030
18/01/2019 sex	151,0247	0,9030	51,9815	0,6659	86,6645	0,4359
19/01/2019 sáb	151,8423	0,8176	52,6663	0,6848	86,8835	0,2190
20/01/2019 dom	152,0941	0,2518	52,6788	0,0125	86,8970	0,0135
21/01/2019 seg	152,2531	0,1590	52,7812	0,1024	86,9494	0,0524
22/01/2019 ter	152,9543	0,7012	53,3808	0,5996	87,4265	0,4771
23/01/2019 qua	153,4952	0,5409	53,9297	0,5489	87,6335	0,2070
24/01/2019 qui	156,6845	3,1893	57,7997	3,8700	89,5770	1,9435
25/01/2019 sex	157,6599	0,9754	58,2513	0,4516	91,2332	1,6562
26/01/2019 sáb	157,7730	0,1131	58,8835	0,6322	91,8850	0,6518
27/01/2019 dom	157,7732	0,0002	58,8849	0,0014	92,3019	0,4169
28/01/2019 seg	157,9876	0,2144	58,9293	0,0444	92,3656	0,0637
29/01/2019 ter	158,5152	0,5276	59,7798	0,8505	92,9868	0,6212
30/01/2019 qua	159,1595	0,6443	60,4509	0,6711	93,4693	0,4825
31/01/2019 qui	159,5484	0,3889	61,2079	0,7570	95,6838	2,2145
01/02/2019 sex	160,1970	0,6486	62,0419	0,8340	96,1734	0,4896
02/02/2019 sáb	160,3530	0,1560	62,6074	0,5655	96,5372	0,3638
03/02/2019 dom	160,4533	0,1003	62,6081	0,0007	96,5491	0,0119
04/02/2019 seg	160,6752	0,2219	62,7815	0,1734	96,6722	0,1231
05/02/2019 ter	161,0024	0,3272	63,4841	0,7026	97,3815	0,7093
06/02/2019 qua	161,6687	0,6663	63,9893	0,5052	97,9346	0,5531
07/02/2019 qui	162,1958	0,5271	64,8035	0,8142	98,5287	0,5941
08/02/2019 sex	162,8559	0,6601	65,8220	1,0185	99,1494	0,6207
09/02/2019 sáb	163,3830	0,5271	66,3723	0,5503	99,5611	0,4117
10/02/2019 dom	163,3933	0,0103	66,3732	0,0009	99,5780	0,0169
11/02/2019 seg	163,4623	0,0690	66,4884	0,1152	99,6223	0,0443
12/02/2019 ter	163,8797	0,4174	67,2188	0,7304	100,2513	0,6290
13/02/2019 qua	164,3601	0,4804	68,0221	0,8033	100,6795	0,4282
14/02/2019 qui	164,9003	0,5402	68,9191	0,8970	101,1397	0,4602

Data	Bloco M3		Bloco L8		Bloco L9	
	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)
15/02/2019 sex	165,4073	0,5070	69,8178	0,8987	101,7376	0,5979
16/02/2019 sáb	165,8655	0,4582	70,4441	0,6263	102,1426	0,4050
17/02/2019 dom	165,9655	0,1000	70,4441	0,0000	102,2414	0,0988
18/02/2019 seg	165,9662	0,0007	70,4442	0,0001	102,2423	0,0009
19/02/2019 ter	166,4950	0,5288	71,6166	1,1724	102,8827	0,6404
20/02/2019 qua	166,9822	0,4872	72,6962	1,0796	103,2294	0,3467
21/02/2019 qui	167,4835	0,5013	73,6771	0,9809	103,7456	0,5162
22/02/2019 sex	168,0109	0,5274	74,9840	1,3069	104,3682	0,6226
23/02/2019 sáb	168,3196	0,3087	75,4256	0,4416	104,5296	0,1614
24/02/2019 dom	168,3197	0,0001	75,4392	0,0136	104,5544	0,0248
25/02/2019 seg	168,4736	0,1539	75,5772	0,1380	104,6472	0,0928
26/02/2019 ter	169,1350	0,6614	76,4190	0,8418	105,1228	0,4756
27/02/2019 qua	170,3379	1,2029	77,7889	1,3699	105,6934	0,5706
28/02/2019 qui	171,4362	1,0983	78,9003	1,1114	106,6035	0,9101
01/03/2019 sex	172,4037	0,9675	79,9716	1,0713	106,6221	0,0186
02/03/2019 sáb						
03/03/2019 dom						
04/03/2019 seg						
05/03/2019 ter						
06/03/2019 qua						
07/03/2019 qui						
08/03/2019 sex						
09/03/2019 sáb						
10/03/2019 dom						
11/03/2019 seg						
12/03/2019 ter						
13/03/2019 qua						
14/03/2019 qui						
15/03/2019 sex						
16/03/2019 sáb						
17/03/2019 dom						
18/03/2019 seg						
19/03/2019 ter						
20/03/2019 qua						
21/03/2019 qui						
22/03/2019 sex						
23/03/2019 sáb						
24/03/2019 dom						
25/03/2019 seg						
26/03/2019 ter						
27/03/2019 qua						
28/03/2019 qui						
29/03/2019 sex						
30/03/2019 sáb						

Data	Bloco M3		Bloco L8		Bloco L9	
	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)
31/03/2019 dom						
01/04/2019 seg						
02/04/2019 ter						
03/04/2019 qua						
04/04/2019 qui						
05/04/2019 sex						
06/04/2019 sáb						
07/04/2019 dom						
08/04/2019 seg						
09/04/2019 ter						
10/04/2019 qua						
11/04/2019 qui						
12/04/2019 sex						
13/04/2019 sáb						
14/04/2019 dom						
15/04/2019 seg	203,7334		109,1239		131,2128	
16/04/2019 ter	205,2535	1,5201	109,9210	0,7971	132,0083	0,7955
17/04/2019 qua	206,5540	1,3005	111,3838	1,4628	132,8641	0,8558
18/04/2019 qui	208,3325	1,7785	112,9269	1,5431	134,0165	1,1524
19/04/2019 sex	208,5530	0,2205	113,4851	0,5582	134,1479	0,1314
20/04/2019 sáb	208,6035	0,0505	113,4859	0,0007	134,1792	0,0313
21/04/2019 dom	208,6539	0,0504	113,4866	0,0007	134,2104	0,0313
22/04/2019 seg	208,6545	0,0006	113,4996	0,0130	134,2529	0,0425
23/04/2019 ter	209,6230	0,9685	114,0584	0,5588	134,8607	0,6078
24/04/2019 qua	211,2602	1,6372	115,1280	1,0696	135,5016	0,6409
25/04/2019 qui	212,6009	1,3407	116,4844	1,3564	136,1577	0,6561
26/04/2019 sex	214,0691	1,4682	117,8891	1,4047	137,8116	1,6539
27/04/2019 sáb	215,1608	1,0917	118,1732	0,2841	137,9947	0,1831
28/04/2019 dom	215,2119	0,0511	118,2493	0,0761	138,0312	0,0365
29/04/2019 seg	215,2630	0,0511	118,3254	0,0761	138,0676	0,0365
30/04/2019 ter	216,4594	1,1964	119,0211	0,6957	138,7786	0,7110
01/05/2019 qua	217,8018	1,3424	120,2719	1,2508	139,4328	0,6542
02/05/2019 qui	217,8019	0,0001	120,2747	0,0028	139,5982	0,1654
03/05/2019 sex	219,1995	1,3976	121,5980	1,3233	140,5504	0,9522
04/05/2019 sáb	219,7542	0,5547	122,2455	0,6475	141,0551	0,5047
05/05/2019 dom	219,7543	0,0001	122,3468	0,1013	141,0781	0,0230
06/05/2019 seg	219,7549	0,0006	122,3509	0,0041	141,0815	0,0034
07/05/2019 ter	220,5673	0,8124	122,3598	0,0089	141,7722	0,6907
08/05/2019 qua	222,2388	1,6715	124,4070	2,0472	143,5757	1,8035
09/05/2019 qui	223,6870	1,4482	125,7240	1,3170	144,1172	0,5415
10/05/2019 sex	225,0309	1,3439	126,8377	1,1137	145,1590	1,0418
11/05/2019 sáb	225,8804	0,8495	127,5042	0,6665	145,9541	0,7951
12/05/2019 dom	225,8809	0,0005	127,5063	0,0021	146,2490	0,2949
13/05/2019 seg	225,8809	0,0000	127,5174	0,0111	146,2610	0,0120

Data	Bloco M3		Bloco L8		Bloco L9	
	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)	Leitura (m ³)	Consumo (m ³)
14/05/2019 ter	226,8440	0,9631	128,4092	0,8918	147,1839	0,9229
15/05/2019 qua	228,2327	1,3887	129,6121	1,2029	147,9218	0,7379
16/05/2019 qui	228,9527	0,7200	130,6375	1,0254	148,5753	0,6535
17/05/2019 sex	230,2152	1,2625	131,7270	1,0895	149,3293	0,7540
18/05/2019 sáb	231,0278	0,8126	132,6510	0,9240	150,4289	1,0996
19/05/2019 dom	231,0278	0,0000	132,6559	0,0049	150,6200	0,1911
20/05/2019 seg	231,0343	0,0065	132,6573	0,0014	150,8782	0,2582
21/05/2019 ter	232,1439	1,1096	133,7913	1,1340	151,8708	0,9926
22/05/2019 qua	233,4388	1,2949	134,7483	0,9570	153,3544	1,4836
23/05/2019 qui	234,7865	1,3477	136,1246	1,3763	154,2302	0,8758
24/05/2019 sex	236,0542	1,2677	137,2050	1,0804	155,1895	0,9593
25/05/2019 sáb	246,2811	10,2269	138,1939	0,9889	155,6720	0,4825
26/05/2019 dom	258,1885	11,9074	138,1945	0,0006	155,7544	0,0824
27/05/2019 seg	258,1888	0,0003	138,1946	0,0001	155,9830	0,2286
28/05/2019 ter	260,4374	2,2486	139,0832	0,8886	156,8635	0,8805
29/05/2019 qua	261,6666	1,2292	140,4400	1,3568	157,8255	0,9620
30/05/2019 qui	262,6471	0,9805	141,5280	1,0880	158,8388	1,0133
31/05/2019 sex	263,8452	1,1981	142,6672	1,1392	159,7226	0,8838
01/06/2019 sáb	264,5230	0,6778	143,4482	0,7810	160,3497	0,6271
02/06/2019 dom	264,5230	0,0000	143,4484	0,0002	160,5710	0,2213
03/06/2019 seg	264,5237	0,0007	143,4490	0,0006	160,6693	0,0983
04/06/2019 ter	265,6893	1,1656	144,5190	1,0700	161,6249	0,9556
05/06/2019 qua	266,8084	1,1191	145,6543	1,1353	162,4852	0,8603
06/06/2019 qui	268,6444	1,8360	147,1428	1,4885	163,2383	0,7531
07/06/2019 sex	268,7355	0,0911	148,2453	1,1025	164,1843	0,9460
08/06/2019 sáb	270,3942	1,6587	148,8523	0,6070	164,2238	0,0395
09/06/2019 dom	270,3942	0,0000	148,8524	0,0001	164,3972	0,1734
10/06/2019 seg	270,3949	0,0007	148,8530	0,0006	164,4564	0,0592
11/06/2019 ter	271,3044	0,9095	149,8143	0,9613	164,8524	0,3960
12/06/2019 qua	272,4464	1,1420	151,9569	2,1426	165,4190	0,5666
13/06/2019 qui	273,6369	1,1905	152,4235	0,4666	167,0129	1,5939
14/06/2019 sex	274,5431	0,9062	153,7212	1,2977	167,5377	0,5248
15/06/2019 sáb	274,9404	0,3973	154,5132	0,7920	168,3280	0,7903

ANEXOS

**ANEXO I – CARACTERÍSTICAS PARA SELEÇÃO DE
HIDRÔMETROS (SABESP, 2012)**

CARACTERÍSTICAS DOS HIDRÔMETROS	DESIGNAÇÕES E VALORES LIMITES											
Designação Sabesp: CPH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Letras Código Normalizadas	Y	A	B	C	D	E	F	G	J	K	L	M
Vazão Máxima (m ³ /h) e/ou Designação Usual (m ³ /dia)	1,5	3	5	7	10	20	30	300	1100	1800	4000	6500
Vazão Nominal Qn do Medidor (m ³ /h)	0,75	1,5	2,5	3,5	5	10	15	15	30	50	150	250
Classe Metrológica Recomendada:	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B
Diâmetro Nominal da Conexão do Medidor (mm)	20	20	20	25	25	40	50	50	30	100	150	200
Diâmetro Nominal da Rosca e/ou N° Furos do Flange	G1B	G1B	G1B	G1 1/4B	G1 1/4B	G2B	Flange 4 furos	Flange 4 furos	Flange 4 furos	Flange 8 Furos	Flange 8 furos	Flange 8 furos
Pressão Nominal PN do Medidor	PN10	PN10	PN10	PN10	PN 10	PN10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10
Filtro	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Interno	Externo	Externo	Externo	Externo	Externo
Comprimento Nominal LN do Medidor (mm)	115	115	115	260	260	300	270	270	300	360	300	350
Norma Técnica de Referência	NBR NM212	NBR NM212	NBR NM 212	NBR NM212	NBR NM212	NBR NM212	NBR NM212	ISO 4064 DIN 14005	ISO 4064 DIN 14005	ISO 4064 DIN 14005	NBR 14005	NBR 14005
Limite Superior de Consumo para Dimensionamento (m ³ /mês)	180	360	900	1260	1800	3600	5400	5400	10800	18000	54000	90000
Limite Inferior de Consumo para Dimensionar (m ³ /mês)	2,9	3,6	9	12,6	18	36	54	32,4	86,4	129,6	324	540

**ANEXO II – SÉRIE DE CHUVAS DA ESTAÇÃO SÃO
JOÃO DE ITAJUBÁ – CÓDIGO ANA 02245083**

São João de Itajubá - 02245083												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1966		246,0	300,6	8,3	75,9	0,0	3,6	34,6	65,0	156,7	176,2	314,8
1967	313,2	218,0	170,4	43,4	0,0	53,1	3,6	0,0	51,1	131,6	165,4	185,5
1968	213,5	93,1	58,0	18,1	25,6	0,0	2,4	51,8	43,0	168,8	102,8	272,5
1969	237,3	287,4	76,9	95,7	49,4	25,6	2,3	52,0	28,9	218,0	240,9	110,6
1970	125,4	294,0	42,0	55,0	31,1	37,2	27,3	134,8	185,0	103,4	141,4	174,8
1971	199,4	58,2	40,9	94,0	112,8	109,0	11,0	0,4	93,8	126,8	155,1	258,0
1972	258,5	261,2	110,1	69,0	38,8	2,3	89,0	61,0	45,0	183,0	111,0	199,0
1973	191,0	99,7	96,0	88,8	32,6	6,8	37,8	15,8	49,0	175,8	144,8	351,4
1974	309,0	143,8	117,4	47,5	33,7	91,2	0,0	9,0	23,4	100,5	82,3	316,2
1975	181,0	353,4	113,0	87,1	15,3	1,4	46,6	0,0	31,8	136,8	364,8	232,2
1976	164,5	279,3	162,8	103,2	158,6	50,8	126,4	126,2	201,9	99,0	220,5	234,1
1977	371,8	29,0	160,1	130,0	3,8	57,0	1,6	19,0	110,8	80,0	225,5	191,1
1978	174,9	182,9	73,2	32,9	75,4	49,6	53,4	7,0	38,8	198,8	184,6	324,1
1979	199,9	202,2	108,8	61,6	39,1	0,0	52,8	61,6	114,2	103,6	295,8	204,0
1980	211,8	182,0	106,0	186,0	26,4	75,1	2,0	63,2	74,0	89,0	155,0	346,0
1981		45,2	85,8	14,0	35,0	112,0	14,0	28,0	28,0	189,7	280,7	257,2
1982	212,5	126,0	294,0	42,0	56,0	56,0	56,0	63,0	21,0	147,0	77,0	272,7
1983	235,5	188,0	279,0	182,7	142,0	158,1	67,5	0,4	305,7	173,5	146,2	394,3
1984	372,2	16,6	28,6	126,2	89,3	0,0	0,6	94,4	69,1	14,6	136,3	172,1
1985	402,6	181,0	218,5	115,1	31,3	0,9	12,0	57,3	150,9	82,4	165,9	271,3
1986	203,9	214,6	188,9	52,5	128,7	3,9	39,5	126,3	8,5	79,1	118,2	426,7
1987	257,9	173,5	122,3	217,3	174,1	44,0	19,8	7,8	162,3	105,8	195,2	190,5
1988	272,4	288,7	159,6	75,0	104,5	45,5	0,0	0,0	4,3	196,2	167,8	259,3
1989	289,7	249,3	199,1	24,5	9,9	27,1	51,0	34,7	137,5	76,7	148,5	176,5
1990	156,4	191,0	231,3	40,2	43,6	3,3	33,2	57,9	89,9	159,6	86,5	179,8
1991	266,0	186,2	303,8	96,3	13,5	26,5	9,8	0,0	69,7	127,1	66,9	179,0
1992	304,7	152,1	224,3	118,4	67,6	0,0	73,5	16,6	124,1	191,7	167,8	138,5
1993	210,8	291,9	273,0	95,1	119,4	56,8	16,0	13,1	153,3	153,1	138,9	287,3
1994	345,6	55,9	145,1	68,1	115,0	36,7	34,0	0,0	1,3	58,5	179,4	206,2
1995	79,3	230,7	151,9	27,3	59,1	12,7	47,9	0,0	70,8	281,0	105,2	194,4
1996	301,8	181,0	254,1	44,0	33,3	38,9	0,0	49,0	133,2	151,6	260,9	224,5
1997	257,0	89,1	81,0	30,4	50,0	105,9	4,4	24,5	99,2	89,7	198,2	191,2
1998	89,8	170,3	120,1	64,2	107,5	1,7	1,0	15,3	77,5	185,9	61,0	353,0
1999	433,7	148,3	113,6	40,2	32,2	54,2	11,5	0,0	27,4	30,4	65,1	194,5
2000	125,6	121,0	33,5	17,2	16,5	0,0	84,7	89,3	83,5	85,9	252,2	88,2
2001	159,5	189,9	179,7	3,9	78,1	10,2	13,5	26,7	59,3	220,3	166,2	222,4
2002	221,6	141,7	117,7	34,0	40,3	0,0	24,7		36,1	46,9	137,0	316,8
2003	460,7		132,9	56,2	38,0	3,2	25,3	19,7	24,5	101,3	216,1	179,7
2004	125,5	365,1	120,5	105,1	92,9	63,7	85,8	4,9	13,2	130,2	161,8	168,8
2005	389,6	155,5	184,5	26,0	85,5	18,3	27,6	1,6	150,8	114,8	65,5	230,2
2006	241,4	205,5	181,9	43,8	26,0		19,0	7,7	67,1	146,5	149,8	237,9
2007	409,5	43,6	85,9	51,9	56,9	17,3	95,7	0,0	2,6	102,6	114,8	224,3
2008		366,1	296,2	183,9				92,2	69,5	98,9	197,1	238,4
2009	228,8	270,2	71,7	61,8	67,3	58,4	61,6	80,5	171,6	151,5	186,7	345,4
2010	135,5	93,0	155,1	47,9	18,4		42,9	0,0	122,1	103,3	224,5	207,8
2011	406,1	76,2	217,5	46,5	38,4	31,2	0,0	7,0	0,0	92,2	320,2	219,0
2012	287,4	58,3	69,4	108,5	31,7	89,7	42,8	0,0	36,3	53,4	87,0	301,0
2013	242,8	158,7	188,2	68,6				9,3		111,4	104,4	135,2
2014	21,9	56,9	15,8	65,1	13,0	26,5	29,1	0,0	54,5	23,5	131,0	135,2
2015	19,5	38,5	174,5	11,6	14,7	32,8	22,3	17,6	175,5	54,6		
2016	402,8	120,5	173,8	0,0	35,4	142,2	0,0	31,9	12,8	90,5	179,2	116,8
2017	248,8	104,5	118,6	6,5	100,9	26,4	0,0	43,0	0,6	0,0		
Média	244,3	170,1	148,6	67,9	57,7	38,8	30,5	32,5	77,8	121,0	164,5	233,0

**ANEXO III – GRADE HORÁRIO E ALUNOS
MATRICULADOS POR DISCIPLINA – 1º SEMESTRE
DE 2019**

Disciplina	Alunos	Disciplina	Alunos	Disciplina	Alunos
BLI031	12	ECI006.1	41	EHD028	22
BLI037	20	ECI006.2	41	EHD090	13
BLI038	26	ECI010	47	EHD100	39
BLI045	29	ECI011	36	EHD517	52
BLI047	20	ECI013	48	EHD517	14
CAT008	17	ECI017	39	EHD605	10
CAT014	20	ECI025	43	EHD702	19
CAT021	22	ECI029	51	EHD710.1	21
CAT109.1	3	ECI031	48	EHD710.2	21
CAT109.2	3	ECI032	43	EHD805	26
DIR006	18	ECI114	5	EHD904	29
EAM043	25	ECI122	32	EQI046	32
EAM050	4	EDU662	25	EQI100	30
EAM101	44	EEL310	42	GEO017.1	53
EAM703	29	EHD019	25	GEO017.2	46
EAM703.2	29	EHD021.1	16	HID006	48
EAM901.1	29	EHD021.2	16	HID007	23
EAM902	19	EHD022	17	PRE401	49
EBP030	6	EHD026	12		
ECI004	46	EHD026.2	12		

**ANEXO IV – CONSUMO MENSAL DE ÁGUA NO
CAMPUS DA UNIFEI**

Consumo em m³/mês								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
JAN	2.031	2.887	2.186	3.057	2.607	1.777	1.804	1.866
FEV	1.381	3.233	1.984	3.340	2.937	1.667	1.796	1.876
MER	1.358	2.762	2.072	3.653	2.945	1.967	2.638	2.249
ABR	2.681	3.775	2.827	3.965	3.358	2.130	2.024	3.388
MAI	2.116	4.376	2.689	3.379	2.578	2.230	2.576	3.138
JUN	1.773	4.014	2.811	3.244	2.323	2.295	2.620	3.384
JUL	2.401	2.434	3.205	2.882	2.361	2.616	2.887	3.182
AGO	2.248	2.119	2.335	2.628	2.552	2.528	2.794	3.028
SET	1.577	1.777	2.738	3.269	2.747	2.647	2.569	3.533
OUT	1.626	1.899	2.832	3.908	2.841	2.877	2.251	3.941
NOV	1.811	2.715	2.489	3.583	2.424	2.611	2.276	3.809
DEZ	1.974	1.649	2.653	3.139	2.185	2.373	2.362	4.237

**ANEXO V – DISTRIBUIÇÃO DE ALUNOS POR
HORÁRIOS NOS BLOCOS L8 E M3**

